

## **TUGAS AKHIR**

# **STUDI ANALISIS RESPON STRUKTUR BANGUNAN FASILITAS KRITIS DI YOGYAKARTA AKIBAT BEBAN GEMPA RIWAYAT WAKTU (*A STRUCTURAL RESPONSE STUDY OF CRITICAL FACILITIES IN YOGYAKARTA UNDER TIME HISTORY SEISMIC LOADS*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Najmira Ghaida Nazihantya  
21511139**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL-PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISIS RESPON STRUKTUR BANGUNAN  
FASILITAS KRITIS DI YOGYAKARTA AKIBAT BEBAN  
GEMPA RIWAYAT WAKTU  
(A STRUCTURAL RESPONSE STUDY OF CRITICAL  
FACILITIES IN YOGYAKARTA UNDER TIME HISTORY  
SEISMIC LOADS)

Disusun oleh

**Najmira Ghaida Nazihantya**  
**21511139**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 17 Februari 2026  
Oleh Dewan Penguji


Pembimbing

  
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T.,  
Ph.D.(Eng).IPM.  
NIK : 095110101

Penguji I

  
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.  
NIK : 165111301

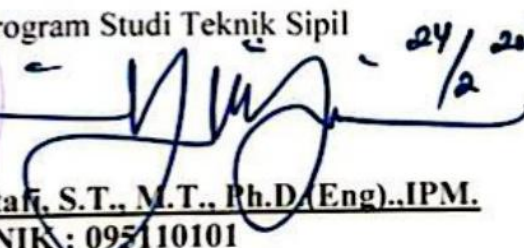
Penguji II

  
Jafar, S.T., MURP., M.T  
NIK : 185111305

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)..IPM.  
NIK : 095110101

*This research is dedicated to both of the researcher's parents and both of the researcher's siblings who have fallen up and down to help the researcher pursue an undergraduate education.*



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Februari 2026

Yang membuat pernyataan,



Najmira Ghaida Nazihantya  
21511139

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Analisis Respon Struktur Bangunan Fasilitas Kritis Di Yogyakarta Akibat Beban Gempa Riwayat Waktu”. Selawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi Wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, bantuan, dan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng).,IPM. Selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, atas pendampingan akademik, arahan teknis, serta masukan selama seluruh tahapan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji I, atas evaluasi dan saran yang diberikan selama proses sidang Tugas Akhir ini.
3. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. selaku Dosen Penguji II, atas evaluasi dan saran yang diberikan selama proses sidang Tugas Akhir ini.
4. Bapak Busmart Zuriantomy, Dr. Ir., M.T. selaku Kepala Unit Pengadaan PT Utama Karya, serta Bapak Khadirin, S.I.P., M.A.R.S., M.H., QHIA selaku Direktur Perencanaan dan Pengembangan Strategi Layanan RSUP Dr. Sardjito yang telah berkenan membantu dan memberikan data dalam penelitian ini,

5. Bapak Ganda Yudha A. dan Ibu Anne Nofitri selaku orang tua, Aghnia dan Riviera selaku saudara kandung, serta Bang Dayat, Zavi, dan Hyung, atas doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti kepada penulis.
6. Faiha, Azizah, dan Desfilia sebagai teman seperjuangan selama empat tahun perkuliahan yang selalu hadir memberikan bantuan, dukungan, dan kritik.
7. Seluruh teman-teman Teknik Sipil UII Angkatan 2021, khususnya Dipo, Athar, Kahfi, George, Karan, Agung, Akmal, Naufal, Ajriya, dan Bayu, serta rekan-rekan lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan, bantuan, dan kontribusi yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Alumni Hati, Humaira, Lauren, Tiara, Keysha, Akbar, Bevan, Rafly, Dhifan, Yogi, Fiqrian, Yusran yang selalu memberikan semangat selama 10 tahun masa Pendidikan hingga saat ini.

Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya. Namun, saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya memohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta,  
Penulis,

Najmira Ghaida Nazihantya  
21511139

## DAFTAR ISI

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL                           | i                                   |
| HALAMAN PENGESAHAN                      | ii                                  |
| DEDIKASI                                | iii                                 |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| KATA PENGANTAR                          | v                                   |
| DAFTAR ISI                              | vii                                 |
| DAFTAR TABEL                            | x                                   |
| DAFTAR GAMBAR                           | xiv                                 |
| DAFTAR LAMPIRAN                         | xvii                                |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN             | xviii                               |
| ABSTRAK                                 | xxi                                 |
| <i>ABSTRACT</i>                         | xxii                                |
| BAB I PENDAHULUAN                       | 1                                   |
| 1.1 Latar Belakang                      | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah                     | 3                                   |
| 1.3 Tujuan Penelitian                   | 4                                   |
| 1.4 Manfaat Penelitian                  | 4                                   |
| 1.5 Batasan Penelitian                  | 5                                   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                 | 7                                   |
| 2.1 Penelitian Terdahulu                | 7                                   |
| 2.2 Penelitian Terdahulu                | 10                                  |
| 2.3 Keaslian Penelitian                 | 14                                  |
| BAB III LANDASAN TEORI                  | 15                                  |
| 3.1 Gempa Bumi                          | 15                                  |
| 3.1.1 Patahan/Sesar                     | 15                                  |
| 3.1.2 <i>Shallow Crustal Earthquake</i> | 16                                  |
| 3.1.3 Karakteristik Gerak Tanah         | 17                                  |
| 3.2 Bangunan Tahan Gempa                | 19                                  |
|   | vii                                 |

|                                      |   |    |
|--------------------------------------|---|----|
| 3.3                                  | Analisis Respons Struktur   | 20 |
| 3.3.1                                | Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa                          | 20 |
| 3.3.2                                | Klasifikasi Situs   | 23 |
| 3.3.3                                | Percepatan Gempa  | 25 |
| 3.3.4                                | Faktor amplifikasi dan Parameter Respons Spektral Gempa<br>Maksimum | 27 |
| 3.3.5                                | Respons Spektrum Desain   | 28 |
| 3.3.6                                | Kategori Desain Seismik   | 30 |
| 3.3.7                                | Sistem Pemikul Gaya Seismik   | 31 |
| 3.3.8                                | Ketidakberaturan struktur   | 33 |
| 3.3.9                                | Redundansi ( $\rho$ )   | 36 |
| 3.3.10                               | Prosedur Analisis   | 38 |
| 3.3.11                               | Analisis Dinamik Riwayat Waktu                                      | 40 |
| 3.3.12                               | Respons Struktur  | 42 |
| <b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>      |   | 46 |
| 4.1                                  | Lokasi Penelitian   | 46 |
| 4.2                                  | Data Struktur   | 47 |
| 4.2.1                                | Denah, Potongan, dan Tampak Bangunan                                | 47 |
| 4.2.2                                | Mutu Material   | 53 |
| 4.2.3                                | Data Gedung   | 53 |
| 4.3                                  | Waktu Penelitian  | 55 |
| 4.4                                  | Tahapan Penelitian  | 55 |
| <b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> |   | 59 |
| 5.1                                  | Data Struktur   | 59 |
| 5.1.1                                | Konfigurasi Gedung  | 59 |
| 5.1.2                                | Elemen Struktur   | 60 |
| 5.1.3                                | Mutu Beton dan Baja   | 63 |
| 5.2                                  | Pembebanan Struktur   | 63 |
| 5.2.1                                | Klasifikasi Ruang   | 63 |
| 5.2.2                                | Beban Mati  | 64 |
| 5.2.2                                | Beban Pelat   | 64 |

|                                    |  |            |
|------------------------------------|--|------------|
| 5.2.2.2                            | Beban Balok  | 69         |
| 5.2.2.3                            | Beban Kolom  | 80         |
| 5.2.2.4                            | Pelat Tangga dan Bordes                              | 83         |
| 5.2.2.5                            | Beban Dinding Geser                                  | 87         |
| 5.5.3                              | Beban Mati Tambahan ( $Q_{SIDL}$ )                   | 88         |
| 5.5.4                              | Beban Hidup  | 92         |
| 5.5.5                              | Beban Gravitasi                                      | 93         |
| 5.5.6                              | Kontrol Massa Bangunan                               | 96         |
| 5.3                                | Percepatan Gempa dan Spektrum Respons                | 100        |
| 5.3.1                              | Percepatan Gempa                                     | 100        |
| 5.4                                | Parameter Gempa dan Periode Struktur                 | 103        |
| 5.4.1                              | Parameter Gempa                                      | 103        |
| 5.4.2                              | Periode Struktur                                     | 104        |
| 5.5                                | Analisis Respons Struktur Statik                     | 105        |
| 5.5.1                              | Gaya Geser Dasar Seismik                             | 105        |
| 5.5.2                              | Pemenuhan Sistem Ganda                               | 106        |
| 5.5.3                              | Simpangan dan Simpangan Antar Tingkat Statik         | 107        |
| 5.5.4                              | Efek P-Delta   | 110        |
| 5.6                                | Ketidakteraturan Struktur                            | 112        |
| 5.6.1                              | Ketidakteraturan Horizontal                          | 112        |
| 5.6.2                              | Ketidakteraturan Vertikal                            | 116        |
| 5.7                                | Analisis Riwayat waktu                               | 119        |
| 5.7.1                              | Rekaman Gerak Tanah                                  | 119        |
| 5.7.2                              | Pencocokan Spektral                                  | 122        |
| 5.8                                | Analisis Respons Struktur Akibat Gempa Riwayat Waktu | 127        |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> |  | <b>149</b> |
| 6.1                                | Kesimpulan   | 149        |
| 6.2                                | Saran  | 150        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>              |  | <b>151</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                    |  | <b>154</b> |

## DAFTAR TABEL

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1  | Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan                             | 12 |
| Tabel 2.2  | Keaslian Penelitian   | 14 |
| Tabel 3.1  | Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa                      | 20 |
| Tabel 3.2  | Faktor Keutamaan Gempa  | 23 |
| Tabel 3.3  | Klasifikasi Situs   | 23 |
| Tabel 3.4  | Koefisien Situs, $F_a$  | 27 |
| Tabel 3.5  | Koefisien Situs, $F_v$  | 27 |
| Tabel 3.6  | Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek  | 31 |
| Tabel 3.7  | Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik | 31 |
| Tabel 3.8  | Faktor R, $Q_0$ , dan $C_d$ untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik                         | 32 |
| Tabel 3.9  | Persyaratan Untuk Masing-masing Tingkat yang Menahan Lebih dari 35% Gaya Geser Dasar  | 38 |
| Tabel 3.10 | Macam Prosedur Analisis   | 39 |
| Tabel 3.11 | Batas Izin Simpangan Antar Tingkat  | 45 |
| Tabel 4.1  | Dimensi Kolom   | 53 |
| Tabel 4.2  | Dimensi Balok   | 54 |
| Tabel 4.3  | Dimensi Pelat   | 54 |
| Tabel 5.1  | Elevasi Struktur Gedung   | 59 |
| Tabel 5.2  | Dimensi Struktur Balok  | 60 |
| Tabel 5.3  | Dimensi Struktur Pelat  | 61 |
| Tabel 5.4  | Dimensi Struktur Kolom  | 62 |
| Tabel 5.5  | Klasifikasi Ruang   | 64 |
| Tabel 5.6  | Rekapitulasi Pelat Tingkat 1  | 65 |
| Tabel 5.7  | Rekapitulasi Pelat Tingkat 2  | 65 |
| Tabel 5.8  | Rekapitulasi Pelat Tingkat 3  | 66 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 5.9  | Rekapitulasi Pelat Tingkat 4                        | 67 |
| Tabel 5.10 | Rekapitulasi Pelat Tingkat 5                        | 67 |
| Tabel 5.11 | Rekapitulasi Pelat Tingkat 6                        | 68 |
| Tabel 5.12 | Rekapitulasi Pelat Tingkat 7 & Roof Deck            | 68 |
| Tabel 5.13 | Rekapitulasi Pelat Atap                             | 69 |
| Tabel 5.14 | Rekapitulasi Balok Tingkat 1                        | 71 |
| Tabel 5.15 | Rekapitulasi Balok Tingkat 2                        | 72 |
| Tabel 5.16 | Rekapitulasi Balok Lantai 3                         | 73 |
| Tabel 5.17 | Rekapitulasi Balok Lantai 4                         | 74 |
| Tabel 5.18 | Rekapitulasi Balok Lantai 5                         | 75 |
| Tabel 5.19 | Rekapitulasi Balok Lantai 6                         | 76 |
| Tabel 5.20 | Rekapitulasi Balok Lantai 7                         | 77 |
| Tabel 5.21 | Rekapitulasi Balok Lantai Roof Deck                 | 78 |
| Tabel 5.22 | Rekapitulasi Balok Atap                             | 79 |
| Tabel 5.23 | Rekapitulasi Kolom Lantai LG                        | 81 |
| Tabel 5.24 | Rekapitulasi Kolom Lantai 1                         | 82 |
| Tabel 5.25 | Rekapitulasi Kolom Lantai 2                         | 82 |
| Tabel 5.26 | Rekapitulasi Kolom Lantai 3                         | 82 |
| Tabel 5.27 | Rekapitulasi Kolom Lantai 4-5                       | 82 |
| Tabel 5.28 | Rekapitulasi Kolom Lantai 6-7                       | 82 |
| Tabel 5.29 | Rekapitulasi Kolom Roof Deck                        | 83 |
| Tabel 5.30 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai LG          | 84 |
| Tabel 5.31 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai 1           | 84 |
| Tabel 5.32 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai 2           | 84 |
| Tabel 5.33 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai 3-7 Tipikal | 84 |
| Tabel 5.34 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Roof Deck          | 85 |
| Tabel 5.35 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 LG                 | 85 |
| Tabel 5.36 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai 1           | 85 |
| Tabel 5.37 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai 2           | 85 |
| Tabel 5.38 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai 3-7 Tipikal | 86 |
| Tabel 5.39 | Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai Roof Deck   | 86 |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 5.40 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai LG          | 87 |
| Tabel 5.41 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai 1           | 87 |
| Tabel 5.42 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai 2           | 87 |
| Tabel 5.43 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai 3-7 Tipikal | 87 |
| Tabel 5.44 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Roof Deck          | 87 |
| Tabel 5.45 Rekapitulasi Beban Dinding Geser LG                 | 88 |
| Tabel 5.46 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 1           | 88 |
| Tabel 5.47 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 2-7 Tipikal | 88 |
| Tabel 5.48 Rekapitulasi Beban Dinding Roof Deck                | 88 |
| Tabel 5.49 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai                    | 91 |
| Tabel 5.50 Beban Mati Tambahan Pelat Atap                      | 91 |
| Tabel 5.51 Beban Mati Tambahan Pelat Tangga                    | 91 |
| Tabel 5.52 Beban Mati Tambahan Pelat Bordes                    | 92 |
| Tabel 5.53 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 1                | 92 |
| Tabel 5.54 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 2-7              | 92 |
| Tabel 5.55 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai RD               | 92 |
| Tabel 5.56 Beban Hidup RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak   | 93 |
| Tabel 5.57 Beban Gravitasi Lantai 1                            | 94 |
| Tabel 5.58 Beban Gravitasi Lantai 2                            | 95 |
| Tabel 5.59 Beban Gravitasi Lantai 3                            | 95 |
| Tabel 5.60 Beban Gravitasi Lantai 4                            | 95 |
| Tabel 5.61 Beban Gravitasi Lantai 5                            | 95 |
| Tabel 5.62 Beban Gravitasi Lantai 6                            | 96 |
| Tabel 5.63 Beban Gravitasi Lantai 7                            | 96 |
| Tabel 5.64 Beban Gravitasi Lantai Roof Deck                    | 96 |
| Tabel 5.65 Beban Gravitasi Lantai Atap                         | 96 |
| Tabel 5.66 Massa Lantai LG                                     | 97 |
| Tabel 5.67 Massa Lantai 1                                      | 97 |
| Tabel 5.68 Massa Lantai 2                                      | 97 |
| Tabel 5.69 Massa Lantai 3                                      | 97 |
| Tabel 5.70 Massa Lantai 4                                      | 98 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Tabel 5.71 | Massa Lantai 5  | 98  |
| Tabel 5.72 | Massa Lantai 6  | 98  |
| Tabel 5.73 | Massa Lantai 7  | 98  |
| Tabel 5.74 | Massa Roof Deck   | 99  |
| Tabel 5.75 | Massa Atap  | 99  |
| Tabel 5.76 | Rekapitulasi Jumlah Massa Bangunan  | 99  |
| Tabel 5.77 | Hasil Pengecekan <i>Dual System</i>   | 99  |
| Tabel 5.78 | Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat Statik  | 108 |
| Tabel 5.79 | Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Beban Statik  | 111 |
| Tabel 5.80 | Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi arah X dan Arah Y   | 113 |
| Tabel 5.81 | Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a dan tipe 1b  | 116 |
| Tabel 5.82 | Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2   | 117 |
| Tabel 5.83 | Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3   | 118 |
| Tabel 5.84 | Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b   | 119 |
| Tabel 5.85 | Parameter Pemilihan Gerak Tanah   | 119 |
| Tabel 5.86 | Pemilihan Rekaman Gerak Tanah   | 120 |
| Tabel 5.87 | Perbandingan Mean Pseudo Acceleration Terhadap Respon<br>Spektrum Target                                | 126 |
| Tabel 5.88 | Rekapitulasi Faktor Skala Respons Gaya Gempa  | 130 |
| Tabel 5.89 | Rekapitulasi Faktor Skala Respons Gaya Gempa  | 131 |
| Tabel 5.90 | Rekapitulasi Gaya Geser Dasar akibat Gempa Riwayat Waktu  | 133 |
| Tabel 5.91 | Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa<br>Riwayat Waktu Imperial Valley 1979        | 136 |
| Tabel 5.92 | Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa<br>Riwayat Waktu 720 Superstition Hills 1987 | 137 |
| Tabel 5.93 | Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa<br>Riwayat Waktu 724 Superstition Hills 1987 | 138 |
| Tabel 5.95 | Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Gempa Riwayat Waktu<br>720 Superstition Hills 1987            | 145 |
| Tabel 5.96 | Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Gempa Riwayat Waktu<br>724 Superstition Hills 1987            | 146 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1  | Ilustrasi Elastic Rebound, Harry F.Reid  | 1  |
| Gambar 3.1  | Jenis Patahan Menurut Anderson (1951)  | 16 |
| Gambar 3.2  | Tahapan Rekaman Gerak Tanah Chuetsu 2007   | 18 |
| Gambar 3.3  | Peta Klasifikasi Situs DIY Berdasarkan SNI 1726:2019   | 25 |
| Gambar 3.4  | Parameter gerak tanah Ss, gempa maksimum wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %) | 26 |
| Gambar 3.5  | Parameter gerak tanah S1, gempa maksimum wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1 detik (redaman kritis 5 %)   | 26 |
| Gambar 3.6  | Spektrum Respon Desain   | 29 |
| Gambar 3.7  | Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia TL   | 30 |
| Gambar 3.8  | Ketentuan Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur  | 33 |
| Gambar 3.9  | Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal  | 34 |
| Gambar 3.10 | Ketentuan Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur  | 35 |
| Gambar 3.11 | Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal  | 36 |
| Gambar 3.12 | Penentuan Simpangan Antar Tingkat  | 44 |
| Gambar 4.1  | Lokasi Objek Penelitian  | 46 |
| Gambar 4.2  | Denah Lower Ground Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 47 |
| Gambar 4.3  | Denah Lantai 1 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 48 |
| Gambar 4.4  | Denah Lantai 2 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 48 |
| Gambar 4.5  | Denah Lantai 3 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 49 |
| Gambar 4.6  | Denah Lantai 4 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 49 |
| Gambar 4.7  | Denah Lantai 5 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 50 |
| Gambar 4.8  | Denah Lantai 6 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 50 |
| Gambar 4.9  | Denah Lantai 7 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito   | 51 |
| Gambar 4.10 | Denah Roof Deck Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito  | 51 |
| Gambar 4.11 | Gambar Potongan 1 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito  | 52 |
| Gambar 4.12 | Gambar Potongan 2 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito  | 52 |
| Gambar 4.13 | Tahapan Penelitian   | 57 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Gambar 5.1  | Pemodelan Gedung Elevation View B  | 60  |
| Gambar 5.2  | Pemodelan Denah Balok Lantai 1   | 61  |
| Gambar 5.3  | Pemodelan Denah Pelat Lantai 1   | 62  |
| Gambar 5.4  | Denah Dinding Geser Tipikal Lantai 1-7   | 62  |
| Gambar 5.5  | Grafik Spektrum Respons  | 102 |
| Gambar 5.6  | Grafik Simpangan Arah X dan Arah Y Statik  | 109 |
| Gambar 5.7  | Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Arah Y Statik                          | 109 |
| Gambar 5.8  | Grafik Koefisien Stabilitas Arah X dan Arah Y Statik                             | 112 |
| Gambar 5.9  | Identifikasi Ketidakberaturan Sudut Dalam  | 114 |
| Gambar 5.10 | Identifikasi Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma                           | 115 |
| Gambar 5.11 | Rekaman Gerak Tanah Gempa 720 Superstition Hill 1987 (X)                         | 120 |
| Gambar 5.12 | Rekaman Gerak Tanah Gempa 720 Superstition Hill 1987 (Y)                         | 120 |
| Gambar 5.13 | Rekaman Gerak Tanah Gempa Imperial Valley 1979 (X)                               | 121 |
| Gambar 5.14 | Rekaman Gerak Tanah Gempa Imperial Valley 1979 (Y)                               | 121 |
| Gambar 5.15 | Rekaman Gerak Tanah Gempa 724 Superstition Hills 1987 (X)                        | 121 |
| Gambar 5.16 | Rekaman Gerak Tanah Gempa 724 Superstition Hills 1987 (Y)                        | 122 |
| Gambar 5.17 | Parameter Format Gerak Tanah Imperial Valley 1979 Arah X                         | 123 |
| Gambar 5.18 | Parameter Format Gerak Tanah Imperial Valley 1979 Arah Y                         | 123 |
| Gambar 5.19 | Parameter Pencocokan Spektral Imperial Valley 1979 Arah X                        | 124 |
| Gambar 5.20 | Parameter Pencocokan Spektral Imperial Valley 1979 Arah Y                        | 124 |
| Gambar 5.21 | Percepatan Semu Rerata Rekaman Riwayat Waktu                                     | 125 |
| Gambar 5.22 | Pencocokan Spektral Respons Spektrum Rata-Rata dengan<br>Respons Spektrum Desain | 125 |
| Gambar 5.23 | Faktor Skala Awal Gempa Imperial Valley 1979 arah X                              | 128 |
| Gambar 5.24 | Faktor Skala Awal Gempa Imperial Valley 1979 arah Y                              | 129 |
| Gambar 5.25 | Faktor Skala Gaya Gempa Imperial Valley 1979 arah X                              | 130 |
| Gambar 5.26 | Faktor Skala Gaya Gempa Imperial Valley 1979 arah Y                              | 131 |
| Gambar 5.27 | Pergeseran Pusat Massa Arah X Negatif  | 132 |
| Gambar 5.28 | Pergeseran Pusat Massa Arah Y Negatif  | 132 |
| Gambar 5.29 | Pergeseran Pusat Massa Arah X Positif  | 132 |
| Gambar 5.30 | Pergeseran Pusat Massa Arah Y Positif  | 133 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Gambar 5.31 | Gaya Geser Dasar akibat Gempa Riwayat Waktu                                 | 134 |
| Gambar 5.32 | Grafik Simpangan akibat Gempa Imperial Valley 1979                          | 139 |
| Gambar 5.33 | Grafik Simpangan akibat Gempa 720 Superstition Hills 1987                   | 139 |
| Gambar 5.34 | Grafik Simpangan akibat Gempa 724 Superstition Hills 1987                   | 139 |
| Gambar 5.35 | Grafik Perbandingan Simpangan akibat Gempa Riwayat Waktu                    | 140 |
| Gambar 5.36 | Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Imperial Valley 1979                   | 140 |
| Gambar 5.37 | Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa 720 Superstition Hills<br>1987         | 141 |
| Gambar 5.38 | Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa 724 Superstition Hills<br>1987         | 141 |
| Gambar 5.39 | Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa<br>Riwayat Waktu   | 142 |
| Gambar 5.40 | Grafik Koefisien Stabilitas Gempa Imperial Valley 1979                      | 147 |
| Gambar 5.41 | Grafik Koefisien Stabilitas Gempa 720 Superstition Hills 1987               | 147 |
| Gambar 5.42 | Grafik Koefisien Stabilitas Gempa 724 Superstition Hills 1987               | 147 |
| Gambar 5.43 | Grafik Perbandingan Koefisien Stabilitas Gaya akibat Gempa<br>Riwayat Waktu | 148 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Gambar *As-Built Drawing* RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak

Lampiran 2 Perencanaan Sistem Struktur RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|          |   |
|----------|---|
| BMKG     | = Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika                                     |
| $C_d$    | = faktor pembesaran simpangan lateral   |
| $C_{dX}$ | = faktor pembesaran simpangan lateral pada arah X                                   |
| $C_{dY}$ | = faktor pembesaran simpangan lateral pada arah Y                                   |
| $C_s$    | = koefisien respons seismik   |
| $C_u$    | = koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung                           |
| $C_v$    | = koefisien vertikal  |
| $C_{Vx}$ | = faktor distribusi vertikal  |
| FEMA     | = <i>Federal Emergency Management Agency</i>  |
| $F_a$    | = koefisien situs untuk periode pendek (0,2 detik)                                  |
| $F_v$    | = koefisien situs untuk periode panjang (1 detik)                                   |
| $F_x$    | = gaya seismik lateral (kN) di level-x  |
| $I_e$    | = faktor keutamaan gempa  |
| $MCE_R$  | = gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget                              |
| $R_X$    | = koefisien modifikasi respons struktur pada arah X                                 |
| $R_Y$    | = koefisien modifikasi respons struktur pada arah Y                                 |
| $S_{DS}$ | = percepatan respons spektral desain pada periode pendek, redaman 5 persen (g)      |
| $S_{D1}$ | = percepatan respons spektral desain pada periode 1 detik, redaman 5 persen (g)     |
| $S_{MS}$ | = percepatan respons spektral $MCE_R$ periode pendek dengan kelas situs (g)         |
| $S_{M1}$ | = percepatan respons spektral $MCE_R$ periode 1 detik sesuai dengan kelas situs (g) |
| SNI      | = Standar Nasional Indonesia  |
| SRMPK    | = Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus  |

|                |  |
|----------------|--|
| $S_s$          | = percepatan respons spektral $MCE_R$ periode pendek, redaman 5 persen (g)                                     |
| $S_1$          | = percepatan respons spektral $MCE_R$ periode 1 detik dengan redaman 5 persen (g)                              |
| $T$            | = periode fundamental bangunan ditentukan 7.8.2 (detik)  |
| $T_a$          | = periode fundamental pendekatan (detik)   |
| $T_L$          | = peta transisi periode panjang (detik)  |
| $T_{lower}$    | = periode getar saat 90 % partisipasi massa aktual terpenuhi masing-masing respons dua arah orthogonal (detik) |
| $T_{upper}$    | = nilai yang lebih besar di antara dua nilai periode getar fundamental orthogonal (detik)                      |
| USGS           | = <i>United States Geological Survey</i>   |
| $V_{s30}$      | = Kecepatan rambat gelombang geser di kedalaman 30 meter (m/s)   |
| $V_{EX}$       | = nilai maksimum mutlak dari ke tiga hasil analisis gaya geser dasar elastik yang dihitung pada arah X (kN)    |
| $V_{EY}$       | = nilai maksimum mutlak dari ke tiga hasil analisis gaya geser dasar elastik yang dihitung pada arah Y (kN)    |
| $V_{IX}$       | = Gaya geser dasar inelastik pada arah X (kN)  |
| $V_{IY}$       | = Gaya geser dasar inelastik pada arah Y (kN)  |
| $V_t$          | = nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik (kN)   |
| $V_X$          | = ELF gaya geser dasar pada arah X (kN)  |
| $V_Y$          | = ELF gaya geser dasar pada arah Y (kN)  |
| $W$            | = berat seismik efektif bangunan (kN)  |
| $\Delta$       | = simpangan antar tingkat desain (mm)  |
| $\Delta_a$     | = simpangan antar tingkat yang dizinkan (mm)   |
| $\delta_e$     | = simpangan elastik akibat gaya gempa desain (mm)  |
| $\delta$       | = simpangan yang diperbesar atau simpangan inelasti (mm)   |
| $\delta_{max}$ | = perpindahan maksimum (mm) di tingkat-x (mm)  |
| $\delta_{avg}$ | = rata-rata perpindahan di titik-titik terjauh struktur di tingkat (mm) □                                      |
| $\theta$       | = koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta  |

- $\rho$  = faktor redundansi struktur
- $\lambda$  = faktor pengaruh waktu
- $\eta_x$  = Faktor skala untuk gaya geser dasar arah X
- $\eta_y$  = Faktor skala untuk gaya geser dasar arah Y

## ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik tinggi akibat posisinya pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, sehingga berpotensi mengalami gempa bumi merusak. Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk kawasan rawan gempa karena kedekatannya dengan zona megathrust selatan Jawa dan keberadaan Sesar Opak. Berdasarkan SNI 1726:2019, rumah sakit dikategorikan sebagai bangunan risiko IV, dituntut untuk tetap berfungsi selama dan setelah gempa. Oleh karena itu, analisis respons struktur terhadap beban gempa perlu dilakukan dengan metode analisis yang mampu merepresentasikan perilaku dinamik struktur secara realistis.

Penelitian ini bertujuan menganalisis respons struktur fasilitas kritis, Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta, terhadap beban gempa menggunakan analisis dinamik linear riwayat waktu. Pemodelan struktur dilakukan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS dengan meninjau data geometri, mutu material, dan pembebanan sesuai SNI 1727:2020. Parameter kegempaan ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis menggunakan tiga rekaman gempa riwayat waktu yang telah dicocokkan secara spektral. Parameter respons struktur yang ditinjau meliputi gaya geser dasar, simpangan, simpangan antar tingkat, dan efek P-Delta.

Hasil analisis menunjukkan bahwa respons struktur terbesar terjadi akibat gempa Imperial Valley. Gaya geser dasar yang dihasilkan sebesar 73158,589 kN arah X dan 64544,513 kN arah Y. Simpangan maksimum arah X sebesar 72,234 mm dan arah Y 59,339 mm, sedangkan simpangan antar tingkat sebesar 34,701 mm. Hasil analisis P-Delta menunjukkan bahwa koefisien stabilitas akibat gempa riwayat waktu bernilai kurang dari 0,1, sehingga pengaruh P-Delta tidak perlu diperhitungkan. Secara keseluruhan, gedung yang diteliti memenuhi batas syarat simpangan antar tingkat dan stabilitas struktur sesuai dengan SNI 1726:2019.

Kata kunci: Fasilitas kritis, analisis riwayat waktu, gaya geser dasar, simpangan antar tingkat, P-Delta.

## **ABSTRACT**

*Indonesia is highly prone to earthquakes due to the interaction of the Pacific Plate, Eurasian Plate, and Indo-Australian Plate. The Special Region of Yogyakarta is classified as a high seismic hazard area because of its proximity to the Sunda Megathrust and the Opak Fault. Under SNI 1726:2019, hospitals fall into Risk Category IV and must remain operational during and after earthquakes. Consequently, accurate evaluation of structural response using dynamic analysis is essential.*

*This research investigates the seismic performance of the Mother and Child Building of RSUP Dr. Sardjito through linear dynamic time-history analysis. A three-dimensional model was developed in ETABS, with structural loads defined according to SNI 1727:2020 and seismic parameters based on SNI 1726:2019. Three spectrally matched ground motion records from the PEER Ground Motion Database were applied. Evaluated responses include base shear, displacement, interstory drift, and P-Delta effects.*

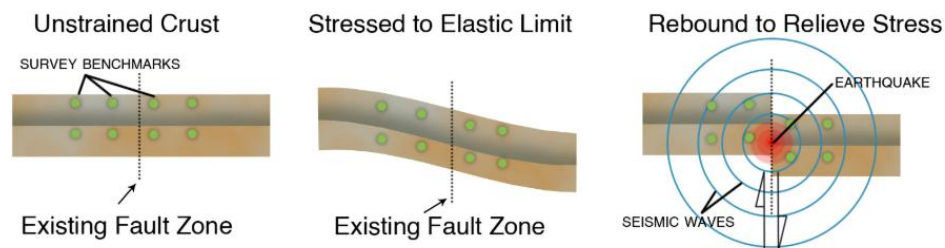
*Results indicate that the largest response was produced by the Imperial Valley earthquake record. Maximum base shear reached 73158,589 kN (X) and 64544,513 kN (Y). Peak displacement was 72,234 mm (X) and 59,339 mm (Y), with maximum interstory drift of 34,701 mm. The stability coefficient was below 0,1, indicating negligible P-Delta effects. Overall, the structure satisfies interstory drift and stability requirements stipulated in SNI 1726:2019.*

*Keywords: Critical facility, Linear Dynamic Time History, base shear, story drift, P-Delta.*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas seismik tertinggi di dunia, yang disebabkan oleh posisinya di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Interaksi antar lempeng ini memicu terbentuknya sesar-sesar aktif serta gunung api yang membentang di kawasan Asia Pasifik, menjadikan Indonesia bagian dari Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*). Fenomena gempa bumi terjadi akibat pelepasan energi secara mendadak di dalam kerak breidumi akibat akumulasi tegangan antar lempeng. Menurut teori yang dikembangkan Reid tahun 1910, proses ini disebut sebagai *elastic rebound*, batuan yang mengalami deformasi melepaskan energi dalam bentuk gelombang seismik yang diilustrasikan pada Gambar 1.1. Gelombang terbagi menjadi gelombang badan (P dan S) dan gelombang permukaan (Love dan Rayleigh), dengan gelombang permukaan dikenal sebagai jenis yang paling merusak terhadap struktur bangunan.



**Gambar 1.1 Ilustrasi *Elastic Rebound*, Harry F.Reid**

(Sumber: <https://lnk.ink/earthquake-oregonstate>, diakses 28 Mei 2025)

Salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gempa bumi adalah Daerah Istimewa Yogyakarta, yang terletak di dekat zona *megathrust* Samudra Hindia dan dilalui oleh Sesar Opak. Kedekatannya dengan sumber gempa aktif menyebabkan wilayah ini memiliki risiko seismik

yang tinggi. Pada tahun 2006, wilayah ini diguncang gempa bumi bermagnitudo 5,9 SR yang menyebabkan 4.772 korban jiwa dan menghancurkan lebih dari 204.000 bangunan, sebagaimana tercatat dalam *Katalog Gempa Bumi 1821–2023* milik BMKG. Dalam kondisi geografis seperti ini, keberadaan fasilitas kritis, khususnya rumah sakit, menjadi sangat penting untuk tetap berfungsi selama dan setelah kejadian gempa guna mendukung penanaman darurat secara cepat dan berkelanjutan.

Menurut SNI 1726:2019, rumah sakit dikategorikan sebagai bangunan dengan risiko IV, yang berarti harus memiliki tingkat ketahanan gempa yang tinggi dan tetap dapat digunakan pascagempa tanpa mengalami kerusakan struktural yang signifikan. Bangunan pada kategori ini harus tetap dapat digunakan tanpa henti sebagai fasilitas penanganan darurat. Untuk memenuhi kriteria ini, struktur bangunan harus dianalisis dengan pendekatan yang mencerminkan kondisi nyata dari beban gempa.

Salah satu metode yang memberikan representasi realistis terhadap respons struktur adalah analisis dinamik *time history*, yaitu metode yang menggunakan data rekaman gempa aktual. Menurut Mudia (2023), analisis dinamik mampu menghasilkan distribusi gaya geser yang lebih presisi antar tingkat bangunan, terutama pada struktur bertingkat tinggi yang memiliki kompleksitas geometri dan massa. Oleh karena itu, metode ini sangat relevan digunakan dalam analisis bangunan fasilitas kritis dengan ketidakberaturan struktur.

Prasetyo dkk., (2020) telah melakukan penelitian berjudul *Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Menggunakan Pushover Analysis dengan Metode ATC-40 dan FEMA 356 (Studi Kasus: Gedung RSGM UGM Prof. Soedomo)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja struktur terhadap gempa menggunakan metode analisis *pushover* berbasis statik nonlinear dengan acuan SNI 1726:2012. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak SAP2000, belum menggunakan acuan terbaru dan data gempa aktual. Rifai dkk., (2022) melakukan penelitian berjudul *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Time History (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)*. Penelitian ini menggunakan lima rekaman gempa untuk mengevaluasi respons struktur rumah sakit terhadap

gempa secara dinamik berdasarkan parameter *base shear*, *displacement*, dan *interstory drift*. Namun, lokasi penelitian berbeda sehingga memiliki karakteristik kegempaan dan tanah berbeda dengan Yogyakarta. Sementara itu, penelitian yang berjudul *Analisis Pengaruh P-Delta Effect terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa* (Istiono dan Ramadhan, 2020) menganalisis pengaruh efek P-Delta terhadap respons struktur. Penelitian ini menggunakan tiga model bangunan fiktif yang diasumsikan teratur dengan jumlah tingkat yang berbeda dengan metode statik nonlinear.

Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, masih sedikit yang secara spesifik mengkaji respons struktur bangunan eksisting rumah sakit di Daerah Istimewa Yogyakarta terhadap gempa dengan pendekatan analisis dinamik *time history linear* dan acuan SNI 1726:2019. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai respons struktur fasilitas kritis terhadap gempa di wilayah dengan risiko seismik tinggi. Penelitian ini menggunakan objek bangunan Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta yang memiliki sembilan tingkat dan ketidakberaturan struktur, serta dianalisis dengan perangkat lunak ETABS menggunakan pendekatan pemodelan 3D berbasis data gempa aktual untuk meninjau respons struktur berupa gaya geser dasar (*base shear*), simpangan (*displacement*), simpangan antar tingkat, dan efek P-delta.

## 1.2 Rumusan Masalah

Seiring dengan tingginya risiko gempa bumi di wilayah Yogyakarta, studi respons struktur bangunan fasilitas kritis terhadap gempa menjadi hal yang sangat penting. Dalam konteks ini, identifikasi permasalahan terkait respons struktur terhadap beban gempa diperlukan untuk mengetahui respons struktur ketika terjadi gempa bangunan memenuhi konsep bangunan tahan gempa menurut SNI. Berikut rumusan masalah pada penelitian ini

1. Bagaimana respons struktur berdasarkan nilai gaya geser dasar akibat hasil analisis dinamik riwayat waktu?

2. Bagaimana respons struktur ditinjau dari nilai simpangan hasil analisis dinamik riwayat waktu?
3. Apakah nilai simpangan antar tingkat hasil analisis dinamik riwayat waktu memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019?
4. Bagaimana pengaruh efek P-Delta terhadap respons struktur berdasarkan hasil analisis dinamik riwayat waktu?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang mendalam mengenai kinerja struktur fasilitas kritis di Yogyakarta dalam menghadapi beban dinamik akibat gempa. Tujuan penelitian dirancang untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya.

1. Mengetahui respons struktur berdasarkan nilai gaya geser dasar struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu.
2. Mengetahui respons struktur berdasarkan nilai simpangan dengan analisis dinamik riwayat waktu.
3. Mengetahui keterpenuhan syarat respons struktur berdasarkan nilai simpangan antar tingkat terhadap kriteria dalam SNI 1726:2019 berdasarkan hasil analisis dinamik riwayat waktu.
4. Mengetahui respons struktur berdasarkan nilai efek P-Delta pada struktur menurut SNI 1726:2019 dengan analisis dinamik riwayat waktu.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan pengembangan kajian terhadap respons struktur bangunan pada wilayah rawan gempa di Pulau Jawa, khususnya di Yogyakarta.
2. Menjadi pembandingan yang relevan terhadap penelitian terdahulu yang menggunakan analisis dinamik, seperti analisis respons spektrum ragam.
3. Mendukung penerapan standar terbaru, yaitu SNI 1726:2019, dalam analisis struktur bangunan terhadap beban gempa.
4. Memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan metode analisis dinamik *time history linear*, yang lebih mendekati kondisi aktual kejadian gempa.

5. Memberikan data pendukung untuk perbaikan standar bangunan tahan gempa, terutama fasilitas kritis seperti rumah sakit.

### 1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tetap fokus dan terarah, beberapa batasan penelitian ditetapkan. Batasan ini dirancang untuk memperjelas lingkup penelitian sekaligus mempermudah proses analisis.

1. Objek penelitian terbatas pada struktur bangunan Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito yang berlokasi di Yogyakarta.
2. Bangunan yang dianalisis terdiri dari 1 lantai *basement*, 7 lantai utama, dan 1 lantai atap (*roofdeck*).
3. Jenis tanah diketahui dari nilai *shear wave velocity* ( $V_{s30}$ ) berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dan Huda (2020)
4. Elemen struktur lift dimodelkan secara struktural, tetapi tidak diperhitungkan sebagai beban tambahan pada model.
5. Analisis struktur dilakukan hanya pada struktur atas beton bertulang, tanpa mempertimbangkan sistem pondasi maupun interaksi tanah-struktur.
6. Jenis analisis yang digunakan adalah analisis dinamik linear riwayat waktu, dengan tiga data gempa historis yang telah disesuaikan secara spektral berdasarkan SNI 1726:2019.
7. Pemodelan struktur dilakukan secara tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak ETABS.
8. Beban yang diperhitungkan dalam pemodelan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
9. Aspek nonstruktural seperti elemen arsitektur, tata ruang, estetika, serta efisiensi biaya tidak dianalisis dalam penelitian ini.
10. Dilakukan pengecekan ketidakberaturan struktur tanpa melakukan pemenuhan konsekuensi menyeluruh.
11. Analisis difokuskan pada respons seismik, berupa gaya geser dasar, simpangan, simpangan antar tingkat, dan efek P-Delta.

12. Tumpuan yang digunakan dalam analisis diasumsikan menggunakan tumpuan jepit.
13. Peraturan yang dijadikan acuan dalam perencanaan dan analisis meliputi:
  - a. SNI 1726:2019 – Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Nongedung
  - b. SNI 1727:2020 – Beban Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
  - c. SNI 2847:2019 – Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
  - d. SNI 8899:2020 – Pemilihan dan Modifikasi Gerak Tanah Permukaan
  - e. Pedoman Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987
  - f. Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia untuk Perencanaan dan Evaluasi Infrastruktur Tahan Gempa Tahun 2022
  - g. ASCE 41-17 *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*
  - h. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Kajian mengenai respons struktur terhadap beban gempa telah banyak dilakukan, khususnya dalam konteks wilayah Indonesia. Namun, penelitian yang secara khusus membahas respons struktur fasilitas kritis di Yogyakarta dengan menggunakan metode analisis riwayat waktu masih sedikit. Oleh karena itu, penelitian-penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai referensi dalam tinjauan pustaka dipilih berdasarkan kesesuaian parameter analisis yang digunakan. Beberapa penelitian berikut ini memiliki relevansi langsung dan memberikan kontribusi erhadap pengembangan pendekatan dalam studi ini.

1. Penelitian Istiono et al., (2024) *Seismic Behavior of Building Structures using Time History Analysis (Case Study: RSPAL Surabaya)*

Evaluasi kinerja struktur gedung RSPAL Surabaya terhadap beban gempa menggunakan analisis riwayat waktu linear dengan tiga rekaman gempa berbeda, yaitu gempa El Centro (1940), Kobe (1995), dan Lombok (2018). Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur mengalami respons paling besar ketika dikenai gempa Kobe, dengan simpangan maksimum mencapai 102 mm pada tingkat atas. Namun struktur gedung RSPAL masih dalam kondisi aman terhadap gempa berdasarkan standar SNI 1726:2019, dengan simpangan antar tingkat masih di bawah batas maksimum 2%.

2. Penelitian Sahureka, Marcheylla dan Metubun (2023): Analisis Kinerja Ketidakberaturan Struktur Gedung Akibat Gempa dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen dan *Time History* (Studi Kasus: Gedung Laboratorium Terpadu Pendukung Blok Masela)

Gedung yang memiliki ketidakberaturan digunakan sebagai objek penelitian untuk membandingkan kinerja struktur terhadap gempa menggunakan dua metode analisis yang berbeda, yaitu statik ekuivalen dan riwayat waktu. Gedung Laboratorium Terpadu Pendukung Blok Masela memiliki

ketidakberaturan horizontal dan vertikal menyebabkan pergeseran antara pusat massa dan pusat kekakuan, sehingga potensi rotasi dan gaya torsi meningkat saat terjadi beban gempa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *time history* lebih mampu mengungkap perilaku struktur yang kompleks akibat ketidakberaturan, dibandingkan dengan metode statik ekuivalen yang hanya menangkap respons global rata-rata. Pada area dengan konsentrasi ketidakberaturan, terjadi simpangan antar tingkat yang signifikan dan gaya geser dasar (*base shear*) yang lebih besar, serta rotasi lokal bangunan.

3. Penelitian Rifai dkk., (2022): Evaluasi Kinerja Struktur Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro dengan Analisis *Time History*

Tujuan penelitian adalah evaluasi kinerja struktur Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro terhadap beban gempa menggunakan metode analisis *time history*. Objek penelitian tersebut merupakan bangunan bertingkat dengan tinggi 34,2 m yang terdiri dari 7 tingkat dan 1 *basement*, serta menggunakan struktur beton bertulang. Penelitian perlu dilakukan karena Indonesia berada di wilayah rawan gempa, sehingga diperlukan desain struktur yang mampu menahan beban dinamik akibat gempa sesuai dengan standar SNI 1726:2019. Analisis riwayat waktu menggunakan lima rekaman gempa sebagai input akselerasi, yaitu El Centro (1940), Chi-Chi (1999), Mentawai (2007), Friuli (1976), dan Superstition Hills (1987). Pemodelan menggunakan perangkat lunak ETABS untuk menghasilkan parameter berupa gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan total (*displacement*), dan simpangan antar tingkat (*interstory drift*). Kemudian, melakukan evaluasi kinerja berdasarkan SNI 1726:2019 dimana batas simpangan tidak boleh melebihi batas simpangan izin.

Hasil penelitian menunjukkan percepatan maksimum gempa sangat memengaruhi respons struktur. Semakin besar percepatan maksimum gempa, semakin besar pula nilai perpindahan dan simpangan yang terjadi pada struktur. Meskipun simpangan antar tingkat meningkat seiring dengan percepatan gempa, nilainya tetap berada dalam batas izin yang ditentukan oleh SNI

1726:2019. Dengan kata lain, struktur Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro dianggap memenuhi kriteria keamanan dan dapat digunakan dengan aman bahkan setelah mengalami gempa rencana.

4. Penelitian Prasetyo dkk., (2020) Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Menggunakan *Pushover Analysis* dengan Metode ATC-40 dan FEMA 356 (Studi Kasus: Gedung RSGM UGM Prof. Soedomo)

Penelitian ini menggunakan *pushover analysis* untuk mengevaluasi kemampuan struktur gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Prof. Soedomo Universitas Gadjah Mada dalam menghadapi beban gempa. Peneliti menggunakan acuan ATC-40 yang mengandalkan pendekatan *Capacity Spectrum Method*, dan FEMA 356 yang mengevaluasi kinerja struktur berdasarkan tingkat kerusakan (*Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)*).

Struktur dimodelkan dalam perangkat lunak analisis struktur dan dianalisis pada dua arah utama (X dan Y) untuk menghasilkan kurva kapasitas (*capacity curve*) dan menentukan titik kinerja (*performance point*) bangunan. Berdasarkan hasil analisis dengan metode ATC-40, diperoleh bahwa titik kinerja struktur berada pada kinerja *Life Safety (LS)* untuk arah-X dan *Collapse Prevention (CP)* untuk arah-Y, yang menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban gempa dengan tingkat kerusakan sedang hingga berat namun masih dalam batas aman. Sedangkan berdasarkan metode FEMA 356, sebagian besar elemen struktur seperti balok dan kolom mengalami kerusakan ringan hingga sedang dengan rotasi sendi plastis masih berada dalam ambang batas yang ditentukan untuk tingkat kinerja *LS* dan *CP*. Nilai simpangan antar tingkat maksimum yang diperoleh sebesar 0,0136 untuk arah-X dan 0,0183 untuk arah-Y, yang masih berada di bawah batas maksimum yang disyaratkan dalam FEMA 356 yaitu 0,02 untuk tingkat *Life Safety*.

Berdasarkan kedua metode, dapat disimpulkan bahwa kinerja struktur gedung RSGM UGM masih memenuhi kriteria kelayakan terhadap beban gempa desain, namun tetap disarankan untuk dilakukan pemantauan dan perkuatan

pada elemen-elemen struktur yang mendekati ambang batas kerusakan, guna memastikan keselamatan bangunan dalam jangka panjang.

5. Penelitian Istiono & Ramadhan, (2020): Analisis Pengaruh *P-Delta Effect* terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: *Non-Highrise Building*)

Fokus penelitian adalah membandingkan kinerja struktur antara kondisi tanpa efek P-Delta dan memperhitungkan efek P-Delta yang dilakukan pada berbagai tingkat. Tujuan penelitian ini karena banyak bangunan rendah dianggap tidak memerlukan pertimbangan efek sekunder, padahal pada kondisi tertentu, seperti gempa kuat atau tinggi bangunan mendekati batas klasifikasi, efek ini bisa berpengaruh signifikan terhadap stabilitas struktur.

Objek penelitian berupa tiga gedung fiktional dengan ketinggian kurang dari 40 meter, mengacu pada klasifikasi gedung rendah menurut SNI 1726:2002. Ketiga gedung berada pada lokasi dengan klasifikasi tanah sedang dan menggunakan sistem struktur SRMPK (Struktur Rangka Momen Pemikul Khusus). Hasil menunjukkan bahwa pada gedung 1–2 tingkat, efek P-Delta terhadap simpangan dan gaya dalam tidak signifikan. Namun, mulai dari 3 tingkat keatas terjadi peningkatan simpangan antar tingkat dan gaya aksial yang cukup berarti saat P-Delta diperhitungkan. Oleh karena itu, penelitian ini menyatakan bahwa pengaruh P-Delta harus mulai dipertimbangkan secara serius mulai pada bangunan 3 tingkat ke atas, meskipun bangunan tersebut masih tergolong *non-highrise*. Struktur yang dirancang tanpa mempertimbangkan efek ini dapat mengalami deformasi yang lebih besar dan potensi keruntuhan yang lebih tinggi saat terjadi gempa kuat.

## 2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan tinjauan pustaka beberapa penelitian terdahulu terdapat perbedaan penelitian yang dilakukan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan**

| Nama Peneliti, Tahun | Prasetyo dkk., 2020  | Rifai dkk., 2022  | Istiono & Ramadhan, 2020   | Sahureka dkk., 2023  | Istiono dkk., 2024  | Penelitian yang dilakukan  |
|----------------------|--|---|--|--|---|--|
| Judul                | Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Menggunakan Pushover Analysis Dengan Metode ATC-40 Dan FEMA 356 (Studi Kasus: Gedung Rsgm Ugm Prof. Soedomo)  | Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Time History (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)   | Analisis Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: Non-Highrise Building)  | Analisis Kinerja Ketidakberaturan Struktur Gedung Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen Dan Time History (Studi Kasus Gedung Laboratorium Terpadu Pendukung Blok Masela) | <i>Seismic Behavior Of Building Structures Using Time History Analysis (Case Study: Rspal Surabaya)</i> | Studi Analisis Respon Struktur Bangunan Fasilitas Kritis Di Yogyakarta Akibat Beban Gempa Riwayat Waktu  |
| Tujuan               | Mengetahui <i>performance point</i> berdasarkan hasil ATC-40, Mengetahui level kinerja berdasarkan hasil ATC-40, dan Mengetahui level kinerja berdasarkan FEMA 356, pada gedung RSGM UGM Prof. Soedomo, sebagai salah satu upaya mengantisipasi kerusakan gedung yang fatal. | Mengevaluasi kinerja struktur berdasarkan SNI 1726:2019. Berfokus kontrol periode, <i>base shear</i> , perbandingan gaya dan momen antara analisis statik dan dinamik, serta simpangan antar tingkat. | Mengevaluasi pengaruh efek P-Delta terhadap struktur gedung dengan berbagai ketinggian ( <i>non-highrise</i> ) di bawah 40 meter. Fokus utamanya adalah menilai apakah efek P-Delta signifikan terhadap momen internal dan stabilitas struktur, meskipun SNI 1726:2019 hanya mewajibkan pertimbangan efek P-Delta untuk gedung tinggi. | Menganalisis kinerja struktur gedung ketidakberaturan dengan membandingkan analisis statik ekuivalen dan analisis <i>time history</i> .  | Menganalisis respons struktur gedung eksisting dengan sistem SRPMK menggunakan metode riwayat waktu.    | Menganalisis respons struktur gaya geser dasar, simpangan, dan simpangan antar tingkat bangunan eksisting terhadap beban gempa menggunakan metode analisis dinamik <i>time history</i> linear serta mengidentifikasi efek P-Delta yang terjadi pada struktur akibat beban dinamik. |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan**

| Nama Peneliti, Tahun  | Prasetyo dkk., 2020   | Rifai dkk., 2022   | Istiono & Ramadhan, 2020   | Sahureka dkk., 2023   | Istiono dkk., 2024  | Penelitian yang dilakukan   |
|-----------------------|---|--|--|---|---|---|
| Metode                | Analisis Statik non-linier menggunakan Beban Dorong ( <i>Pushover Analysis non-linear</i> )   | Analisis Riwayat Waktu (Dinamik Linier)  | Analisis beban dorong ( <i>pushover analysis</i> )   | Statik Linier dan Dinamik Linier (Riwayat Waktu)  | Analisi Riwayat waktu (Dinamik Non-Linier)  | Analisis dinamik linier Riwayat waktu   |
| Rekaman Gempa         | -   | El Centro, Chi-Chi, Mentawai, Friuli, Superstition Hills   | -  | El Centro (1940)  | Chi-chi, Duzce, El Mayor, Friuli, Imperial Valley, Kobe, Kocaeli, Loma Prieta, Northridge, San fernando, Tabas  | Menyesuaikan lokasi penelitian dengan minimal tiga rekaman gempa  |
| Parameter Pemanding   | <i>Interstory drift ratio</i>   | Gaya dasar dan simpangan antar tingkat   | Simpangan antar tingkat, momen internal, nilai rasio P-Delta ( $\theta$ ), gaya geser dasar  | Simpangan Antar Tingkat dan Perpindahan   | Perpindahan Lateral, simpangan, gaya geser dasar  | Gaya geser dasar, Simpangan, Simpangan antar tingkat, P-Delta   |
| Konfigurasi Struktur  | Gedung beraturan  | Gedung beraturan   | Tidak disebutkan   | Ketidakteraturan Horizontal   | Tidak disebutkan  | Tidak Beraturan   |
| Jenis Tanah           | Tanah Sedang (SD)   | Tanah Sedang (SD)  | Tanah Sedang (SD)  | Tidak disebutkan  | Tidak disebutkan  | Tanah Sedang (SD)   |
| Alat Bantu Penelitian | SAP2000 v14   | ETABS  | SAP2000  | SAP2000   | ETABS   | ETABS   |
| Hasil                 | Hasil menunjukkan bahwa gedung memiliki percepatan spektral ( $S_a$ ) sebesar 0,737 g dan simpangan spektral ( $S_d$ ) sebesar 0,200 m, dengan rasio ( <i>drift</i> ) | Hasil menunjukkan simpangan antar tingkat seluruh arah memenuhi SNI $\leq 0,010$ hsx, metode riwayat waktu lebih besar dari statik ekuivalen | Hasil menunjukkan bahwa efek P-Delta menambah simpangan dan gaya daam struktur meskipun nilainya tidak signifikan ( $<10\%$ dari tanpa P-Delta), namun | Perbandingan hasil menunjukkan bahwa metode statik ekuivalen menghasilkan nilai simpangan antar tingkat ( <i>story drift</i> ) yang melebihi batas izin SNI 1726:2019 | Gaya geser dasar ( <i>base shear</i> ) maksimum yang diperoleh dari analisis <i>time history</i> adalah sebesar 9657,66 kN (arah X) pada gempa Loma Prieta, dan | Gaya geser dasar ( <i>base shear</i> ) maksimum hasil analisis riwayat waktu diperoleh sebesar 73158,589 kN pada arah X dan 64544,513 kN pada arah Y, |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan**

| Nama Peneliti, Tahun | Prasetyo dkk., 2020   | Rifai dkk., 2022 | Istiono & Ramadhan, 2020  | Sahureka dkk., 2023  | Istiono dkk., 2024  | Penelitian akan yang dilakukan  |
|----------------------|---|------------------|---|--|---|---|
|                      | <p><i>ratio</i>) 0,01165 pada arah x dan Sa sebesar 0,680 g dan Sd sebesar 0,225 m, dengan drift ratio 0,0127 pada arah y</p> |                  | <p>dampaknya meningkat seiring tinggi struktur. Untuk gedung 1–6 tingkat, rasio <math>\theta</math> akibat P-Delta masih &lt; batas izin SNI, sehingga secara teknis struktur aman tanpa perkuatan tambahan. Namun, struktur dengan tingkat <math>\geq 4</math> mulai menunjukkan pertambahan simpangan yang layak diperhitungkan secara konservatif.</p> | <p>sebesar 1,0%, terutama pada tingkat 2 dengan nilai mencapai 2,186% (arah X) dan 1,979% (arah Y), yang menandakan struktur tidak aman dan berpotensi kehilangan kekakuan serta kestabilan. Sebaliknya, metode <i>time history</i> menghasilkan simpangan yang jauh lebih kecil dan berada dalam batas aman, dengan story drift maksimum 0,556% (X) dan 0,988% (Y).</p> | <p>Gaya geser dasar (base shear) maksimum yang diperoleh dari analisis <i>time history</i> adalah sebesar 9657,66 kN (arah X) pada gempa Loma Prieta, dan 9677,43 kN (arah Y) pada gempa Tabas. Simpangan antar tingkat (inter-story drift) paling kritis terjadi akibat gempa Tabas, di mana nilai perpindahan total tidak memenuhi syarat batas izin, menandakan potensi risiko struktural.</p> | <p>yang keduanya dihasilkan oleh gempa Imperial Valley 1979. Simpangan maksimum struktur terjadi pada tingkat teratas, dengan nilai terbesar juga diperoleh gempa Imperial Valley 1979, masing-masing sebesar 72,234 mm untuk arah X dan 59,339 mm untuk arah Y. Sejalan dengan itu, simpangan antar tingkat maksimum pada kedua arah masih berada di bawah batas izin yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019. Selain itu, nilai koefisien stabilitas (<math>\theta</math>) pada arah X dan Y akibat seluruh beban gempa riwayat waktu menunjukkan bahwa efek P-Delta dapat diabaikan dan struktur memiliki tingkat stabilitas yang memadai.</p> |

### 2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan hasil kajian terhadap sejumlah penelitian terdahulu yang telah dibahas pada subbab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa studi terkait Studi Analisis Respons Struktur Bangunan Fasilitas Kritis Di Yogyakarta Akibat Beban Gempa Riwayat Waktu masih belum banyak dijumpai. Perbedaan utama antara penelitian ini dan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat secara lebih jelas pada Tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.2 Keaslian Penelitian**

| Pembanding           | Keaslian   |
|----------------------|--|
| Data Struktur        | Data yang digunakan sebagai objek penelitian adalah RSUP Sardjito gedung Ibu dan Anak yang berada di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta  |
| Tujuan               | Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis respon struktur seismik pada gedung fasilitas kritis, rumah sakit, Daerah Istimewa Yogyakarta akibat beban gempa riwayat waktu       |
| Rekaman gempa        | Rekaman yang digunakan menyesuaikan pada lokasi penelitian yang mengacu pada Peta Deagregasi Bahaya Gempa Tahun 2022   |
| Parameter Pembanding | Parameter respons struktur berupa gaya geser dasar, simpangan, simpangan antar tingkat, dan pengaruh P-Delta.  |
| Penelitian Terdahulu | Masih sedikit yang secara spesifik mengkaji respons struktur bangunan fasilitas kritis eksisting di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan pendekatan analisis dinamik riwayat waktu. |

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Gempa Bumi**

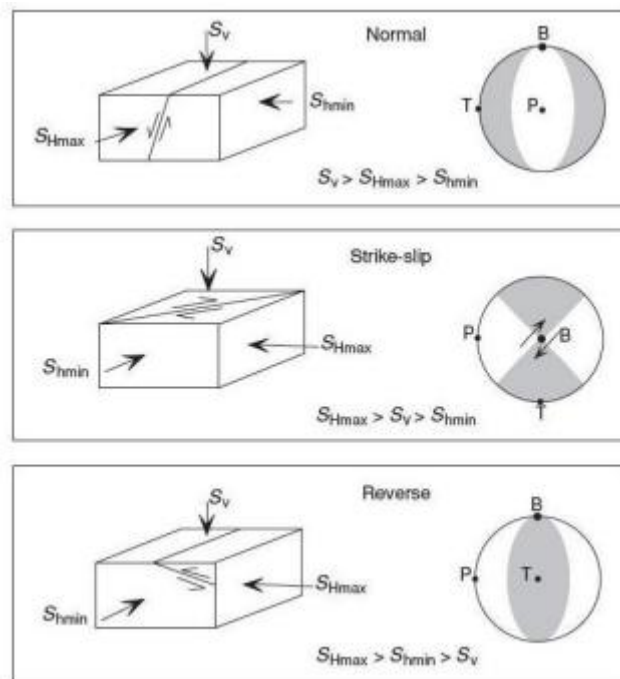
Peristiwa getaran yang terjadi pada permukaan bumi akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dibawah litosfer disebut dengan peristiwa gempa bumi. Hal ini berkaitan dengan teori lempeng tektonik yang menyatakan bahwa terdapat beberapa lempeng kaku yang berinteraksi saling menjauh (*divergent*), beradu (*convergent*), dan menggeser (*strike slip*) (Pawirodikromo, 2012)

Reid (1910) dalam Pawirodikromo (2012) mengemukakan *Elastic Rebound Theory*, yaitu mekanisme gempa bumi berhubungan dengan *accumulated strain energi, release energy, dan elastic rebound*. Energi yang dilepaskan merambat seperti gelombang melalui lempeng/batuan di dalam bumi sebelum akhirnya mencapai permukaan.

##### **3.1.1 Patahan/Sesar**

Sesar atau patahan (*fault*) merupakan bidang rekahan yang disertai pergeseran relatif satu blok terhadap blok batuan lainnya. Klasifikasi patahan menurut Anderson (1951) dalam Zoback (2007) ada tiga jenis, yaitu patahan normal (*normal fault*), patahan naik (*reverse fault*), dan patahan geser (*strike fault*). Patahan tersebut dibedakan berdasarkan tegangan utama (*principle stress*), yaitu tegangan ( $S_1, S_2$ , dan  $S_3$ ) yang bekerja dari berbagai arah (vertikal dan horizontal) tegak lurus terhadap bidang sehingga nilai tegangan geser nol.

Patahan normal terjadi ketika  $S_v$  maksimum sehingga kerak bumi mengalami gaya tarik dan blok batuan bergerak turun relatif terhadap blok di atasnya. Sebaliknya, patahan naik  $S_v$  minimum menimbulkan gaya tekan mendorong satu blok batuan ke atas melewati blok. Sementara itu, patahan geser terbentuk akibat gaya geser horizontal yang menyebabkan dua blok batuan bergerak ke kanan (*right lateral fault*) dan ke kiri (*left lateral fault*). Ketiga patahan diilustrasikan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Jenis Patahan Menurut Anderson (1951)**

(Sumber: Anderson (1951) dalam Zoback, 2007)

Menurut Abidin dkk (2009) dalam Pawirodikromo (2012), gempa Yogyakarta 2006 memiliki mekanisme patahan *right lateral fault*. Berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia (PusGen, 2017), ukuran dan orientasi patahan sangat bervariasi, mulai dari patahan kecil di kerak bumi dangkal (*shallow crustal*) hingga patahan besar seperti *megathrust* di zona subduksi.

### 3.1.2 Shallow Crustal Earthquake

Berdasarkan Spence dkk., (1989) dari *United States Geological Survey* (USGS), gempa bumi dikatakan sebagai gempa dangkal apabila memiliki kedalaman sumber antara 0 hingga 70 kilometer dari permukaan bumi. Gempa dangkal seringkali dikaitkan dengan aktivitas sesar aktif di kerak bumi bagian atas dan dikenal sebagai penyebab utama kerusakan permukaan karena letaknya yang relatif dekat dengan wilayah pemukiman. Menurut Kramer (1996) dalam Al Shaleh dan Putra (2025), karakteristik utama gempa dangkal adalah amplitudo gelombang seismik yang besar di sekitar pusat gempa, yang dapat menimbulkan percepatan tanah tinggi dan berdampak langsung pada kestabilan struktur bangunan di

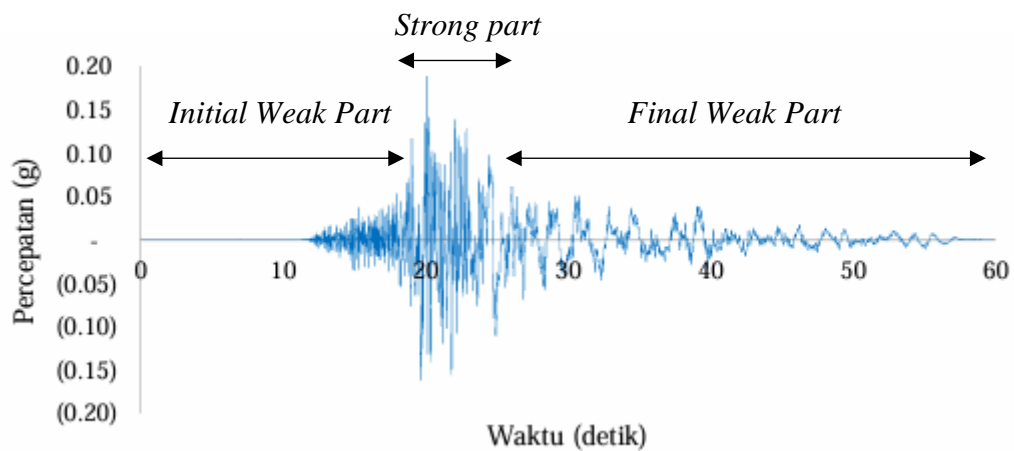
permukaan. Meskipun demikian, gempa dangkal umumnya memiliki durasi lebih singkat serta periode gelombang yang lebih pendek dibandingkan gempa bumi di zona subduksi yang terjadi pada kedalaman lebih besar (Pawirodikromo, 2012). Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta 27 Mei 2006 dengan magnitudo 5,9 mengakibatkan 4.772 korban jiwa dan 204.831 kerusakan bangunan merupakan salah satu contoh gempa bumi dangkal karena pusat gempa berada pada kedalaman 33 km (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2024)

### 3.1.3 Karakteristik Gerak Tanah

Gerak tanah atau *ground motions* (percepatan, kecepatan, simpangan tanah) menjadi salah satu yang memengaruhi kerusakan suatu bangunan. Menurut Weener (1976) dalam Pawirodikromo (2012), percepatan tanah menjadi representasi terbaik dari gerak tanah karena menggambarkan variasi beban dinamik terhadap waktu. Karakteristik gerak tanah riwayat percepatan tanah dipengaruhi beberapa parameter, antara lain mekanisme kejadian gempa, perambatan gelombang seismik dari sumber menuju batuan dasar, kondisi tanah, lokasi geografis, dan kondisi site respons tanah terekam, baik kondisi *near field* atau *far field* (Pawirodikromo, 2012).

Rekaman gerak tanah *near field* merupakan rekaman yang tercatat pada jarak relatif dekat dengan sumber gempa atau bidang patahan. Beberapa peneliti memberikan batasan jarak untuk rekaman gerak tanah *near field*, salah satunya Wang dkk (2006) dalam Pawirodikromo (2012) yang menyatakan gempa *near fault* dapat mencakup rekaman dengan jarak kurang dari 90 km dari sumber gempa. Rekaman gempa kondisi ini umumnya memiliki karakteristik tertentu akibat pengaruh langsung mekanisme patahan dan arah rambat gelombang.

Secara umum, rekaman riwayat percepatan tanah terdapat tiga tahapan, yaitu tahap awal (*initial part*), tahap kuat (*strong part*), dan tahap akhir (*final weak part*). Tahapan *strong part* dipengaruhi oleh mekanisme terjadinya gempa, magnitudo, dan jarak episenter. Kondisi kecepatan rambat ( $V_r$ ) yang relatif dekat dengan kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) menyebabkan energi gempa terkonsentrasi dalam waktu singkat, sehingga durasi efektif cenderung singkat dan umumnya hanya terdiri atas 1-2 kali *strong part* (Pawirodikromo, 2012) yang dapat dilihat pada Gambar (3.2).



**Gambar 3.2 Tahapan Rekaman Gerak Tanah Chuetsu 2007**

(Sumber: Hakim, 2024)

Secara umum semakin lama durasi gempa bumi, maka kerusakan lebih besar. Namun, durasi gempa tidak hanya meninjau keseluruhan rekaman, melainkan meninjau durasi efektif yang merepresentasikan lama gempa pada energi yang berpengaruh pada respons struktur. Beberapa peneliti menyatakan durasi efektif memiliki peran terhadap respons struktur karena pada gempa dengan magnitudo besar, energi yang terkonsentrasi relatif singkat sehingga respons struktur signifikan. Kondisi ini menyebabkan bangunan dengan periode getar fundamental besar lebih sensitif dengan rekaman gerak tanah *near field*. Kedekatan antar periode gempa dengan periode getar struktur memicu respons struktur meningkat secara tiba-tiba. Hal ini sejalan dengan Werner (1976) dalam Pawirodikromo (2012) yang menyatakan kelemahan percepatan tanah maksimum hanya berpengaruh besar pada sistem struktur dengan frekuensi tinggi.

Spektrum respons digunakan sebagai parameter alternatif dalam menentukan respons struktur terhadap gempa karena beberapa parameter gerak tanah sebelumnya kurang akurat apabila digunakan sebagai *single parameter*. Secara umum terdapat hubungan antara percepatan tanah dengan respons spektrum, di mana semakin besar percepatan tanah, maka nilai maksimum *spectral acceleration* juga cenderung meningkat (Pawirodikromo, 2012). Menghasilkan gaya geser dasar yang lebih besar, sehingga kerusakan semakin besar.

Dalam analisis respons struktur terhadap gempa, karakteristik gerak tanah tidak selalu dapat dievaluasi berdasarkan satu parameter tertentu. Setiap rekaman gerak tanah memiliki karakteristik yang berbeda, termasuk distribusi energi terhadap waktu dan arah gerak tanah yang dapat menghasilkan respons struktur yang bervariasi meskipun nilai parameter utama serupa.

### **3.2 Bangunan Tahan Gempa**

Dalam perencanaan struktur bangunan, ketahanan struktur terhadap gempa menjadi salah satu aspek yang harus diperhatikan selain fungsi, estetika, kestabilan, dan efisiensi biaya. Beban gempa bersifat dinamis dan tidak terduga, sehingga dapat menimbulkan respons struktur yang kompleks tergantung pada konfigurasi bangunan, jenis tanah, dan material penyusun. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan pengaruh beban lateral akibat gempa agar struktur mampu bertahan saat terjadi guncangan.

Secara umum, prinsip bangunan tahan gempa atau *earthquake resistant building* adalah ketika bangunan boleh mengalami kerusakan, tetapi tidak boleh runtuh. Menurut Athallah, Desimaliana dan Nuranita (2023) bangunan tahan gempa adalah:

1. Komponen struktural dan nonstruktural tidak boleh mengalami kerusakan apabila terjadi gempa ringan.
2. Komponen nonstruktural diperbolehkan rusak, akan tetapi komponen struktural (kolom dan balok) tidak boleh rusak ketika terjadi gempa sedang.
3. Komponen nonstruktural maupun komponen strukturalnya diperbolehkan mengalami kerusakan, namun masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar jika terjadi gempa besar.

Secara umum terdapat berbagai faktor yang memengaruhi struktur ketika gempa bumi terjadi, antara lain kekuatan elemen dalam menahan beban yang bekerja pada struktur, daktilitas, dan kekakuan yang menjadi faktor pengaruh besar kecilnya simpangan. Faktor-faktor tersebut dapat diperoleh dari standar perencanaan yang berlaku, salah satunya SNI 1726:2019.

### 3.3 Analisis Respons Struktur

Analisis respons struktur merupakan pendekatan untuk mengetahui bagaimana suatu bangunan atau elemen struktur bereaksi terhadap beban-beban eksternal yang bekerja padanya. Analisis respons struktur akibat gempa dapat dilakukan dua cara, antara lain analisis statik dan analisis dinamik. Analisis Statik adalah metode untuk mengetahui respons struktur dengan menyederhanakan beban dinamik menjadi beban statik ekuivalen, sehingga menghasilkan efek yang setara dengan pengaruh gempa dinamik. Sementara itu, analisis dinamik memperhitungkan faktor kekakuan dan redaman yang tidak diperhitungkan pada metode statik (Supit *dkk.*, 2013). Menurut Widodo (2001), analisis dinamik memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap perilaku struktur akibat gempa.

Pelaksanaan analisis, baik seara statik maupun dinamik, telah diatur dalam SNI 1726:2019. Pemilihan prosedur analisis bergantung pada parameter yang perlu ditentukan sesuai karakteristik bangunan dan kondisi di wilayah tersebut.

#### 3.3.1 Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Pengelompokan struktur bangunan dilakukan untuk menentukan besarnya beban gempa yang harus ditinjau, berdasarkan tingkat risiko akibat kegagalan fungsi struktur. Kategori risiko bangunan dapat dilihat Tabel 3.1 dan penentuan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) sebagaimana dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

**Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa**

| Jenis Pemanfaatan  | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> </ul> Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | I               |

**Lanjutan Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung  
untuk Beban Gempa**

| Jenis Pemanfaatan  | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| <p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>   | II              |
| <p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> | III             |

**Lanjutan Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung  
untuk Beban Gempa**

| Jenis Pemanfaatan   | Kategori Risiko |
|---|-----------------|
| <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas.</p>  |                 |
| <p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah ibadah</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki/air pemadam kebakaran atau struktur rumah data atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi</p> | IV              |

Sumber: Tabel 3 SNI 1726:2019

**Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa**

| Kategori Risiko | Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$ |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II       | 1,0                           |
| III             | 1,25                          |
| IV              | 1,50                          |

Sumber: Tabel 4 SNI 1726:2019

Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) berfungsi sebagai pengali beban gempa rencana. Semakin tinggi nilai  $I_e$ , maka semakin besar beban gempa yang harus ditahan oleh struktur. Bertujuan untuk memastikan performa bangunan tetap dalam batas aman, mengurangi potensi kerusakan (*damage or loss*), dan meminimalkan kebutuhan perbaikan pascagempa.

### 3.3.2 Klasifikasi Situs

Penentuan kelas situs merupakan langkah awal dalam merumuskan kriteria desain seismik suatu bangunan, terutama untuk menghitung faktor amplifikasi dari batuan dasar ke permukaan tanah. Klasifikasi ini didasarkan pada kondisi tanah hingga kedalaman 30 meter teratas, sesuai Tabel 5 dalam SNI 1726:2019.

**Tabel 3.3 Klasifikasi Situs**

| Kelas situs                                     | $\bar{V}_s$ m/detik   | $\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$ | $\bar{S}_u$ (kPa) |
|---|---|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras)                               | > 1500  | N/A                           | N/A               |
| SB (batuan)                                     | 750 sampai 1500   | N/A                           | N/A               |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750  | > 50                          | $\geq 100$        |
| SD (tanah sedang)                               | 175 sampai 350  | 15 sampai 50                  | 50 sampai 100     |
| SE (tanah lunak)                                | < 175   | < 15                          | < 50              |
|   | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :<br>1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ ,<br>2. Kadar air, $w \geq 40\%$ ,<br>3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa |                               |                   |

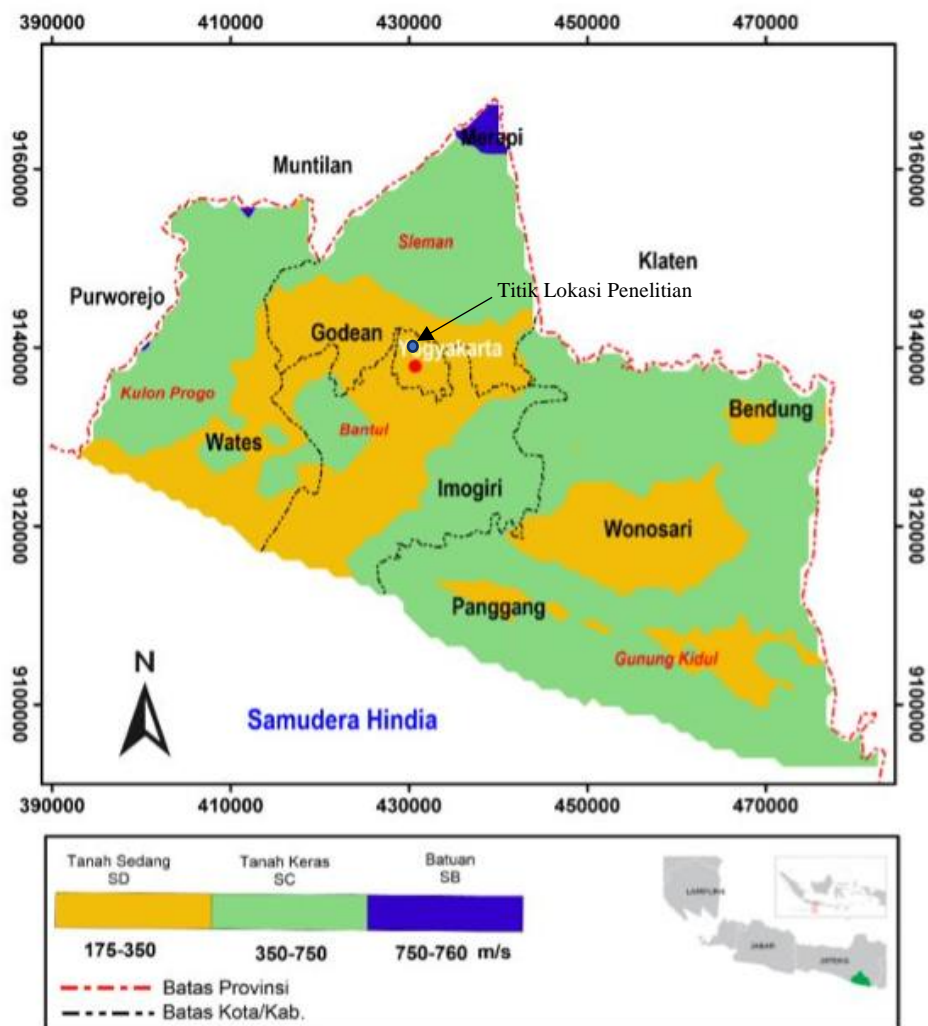
**Lanjutan Tabel 3.3 Klasifikasi Situs**

| Kelas situs  | $\bar{V}_s$ m/detik   | $\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$ | $\bar{S}_u$ (kPa) |
|--|---|-------------------------------|-------------------|
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> dengan indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{S}_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul> |                               |                   |

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber: Tabel 5 SNI 1926:2019

Berdasarkan Tabel 3.3 terdapat beberapa nilai yang dapat mendeskripsikan litologi permukaan, salah satunya nilai  $V_s30$ .  $V_s30$  merupakan besarnya nilai dari kecepatan gelombang geser atau *shear wave* hingga pada kedalaman 30 meter dimana data  $V_s30$  dapat diakses melalui USGS yang nantinya dapat divisualisasikan menjadi peta. Berdasarkan Wibowo & Huda (2020) nilai  $V_s30$  di Yogyakarta cukup bervariasi dengan nilai 180-350 m/s pada cekungan Yogyakarta dan 350-750 m/s pada daerah transisi dan perbukitan yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.

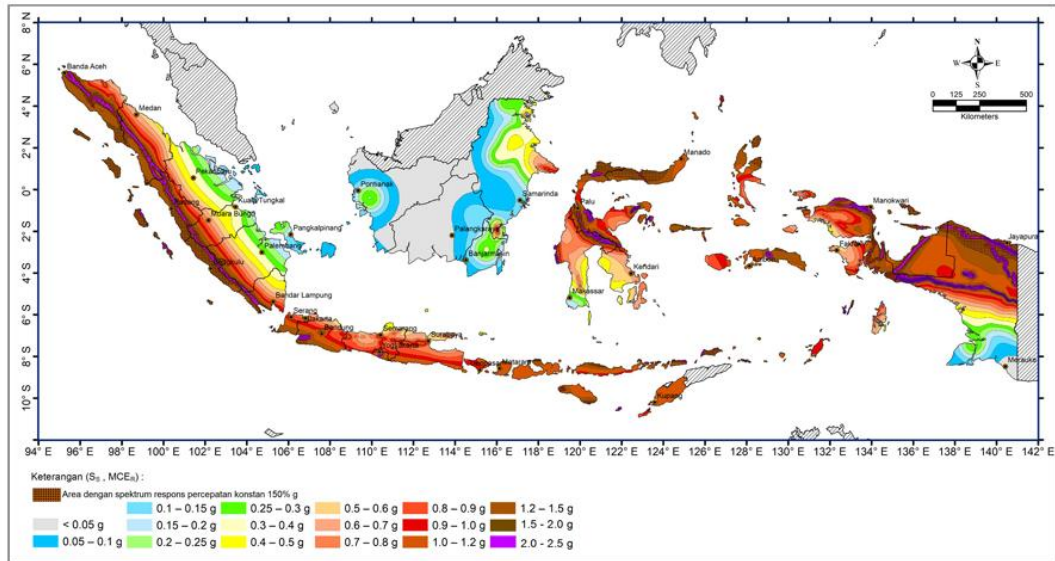


**Gambar 3.3 Peta Klasifikasi Situs DIY Berdasarkan SNI 1726:2019**

(Sumber: Wibowo dan Huda, 2020)

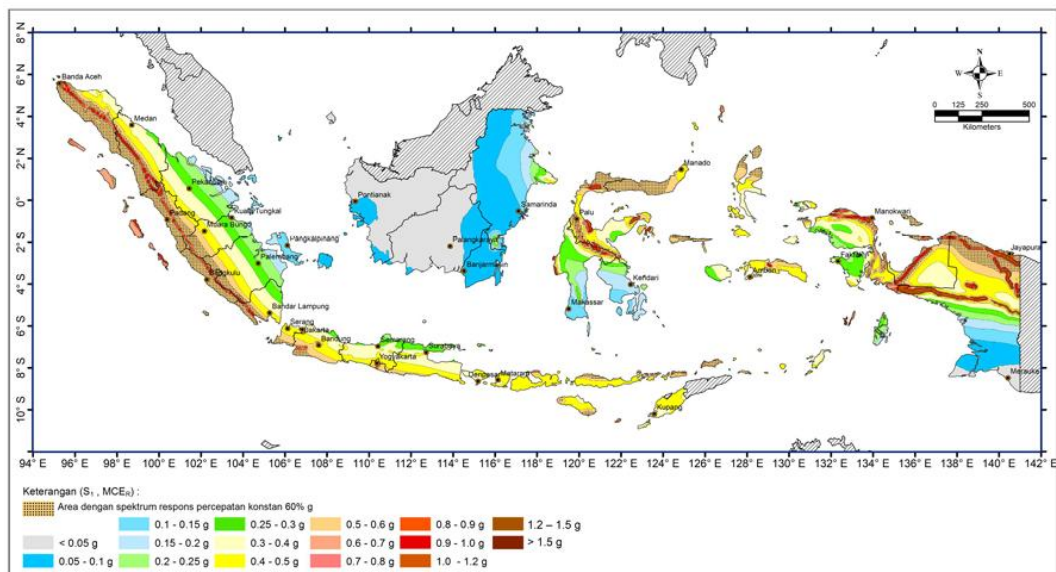
### 3.3.3 Percepatan Gempa

Parameter  $S_s$  dan  $S_1$  mewakili percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik dan 1 detik, dan nilainya diambil dari peta spektrum percepatan gempa berdasarkan MCER (dengan peluang terlampaui 2% dalam 50 tahun). Untuk mendapatkan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  sesuai wilayah dapat dilihat Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



**Gambar 3.4 Parameter gerak tanah  $S_s$ , gempa maksimum wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)**

(Sumber: Gambar 15 SNI 1726:2019)



**Gambar 3.5 Parameter gerak tanah  $S_1$ , gempa maksimum wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1 detik (redaman kritis 5 %)**

(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

### 3.3.4 Faktor Amplifikasi dan Parameter Respons Spektral Gempa Maksimum

Untuk menghitung respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, digunakan faktor amplifikasi seismik pada dua periode, yaitu 0,2 detik ( $F_a$ ) dan 1 detik ( $F_v$ ). Faktor ini menyesuaikan percepatan spektral batuan dasar dengan kondisi tanah pada lokasi bangunan yang dapat dilihat pada Tabel 3.4 Dan Tabel 3.5.

**Tabel 3.4 Koefisien Situs,  $F_a$**

| Kelas<br>Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T=0.2$ detik, $S_s$ |             |              |             |              |                |
|----------------|--|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
|                | $S_s \leq 0.25$  | $S_s = 0.5$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.0$ | $S_s = 1.25$ | $S_s \geq 1.5$ |
| SA             | 0.8  | 0.8         | 0.8          | 0.8         | 0.8          | 0.8            |
| SB             | 0.9  | 0.9         | 0.9          | 0.9         | 0.9          | 0.9            |
| SC             | 1.3  | 1.3         | 1.2          | 1.2         | 1.2          | 1.2            |
| SD             | 1.6  | 1.4         | 1.2          | 1.1         | 1.0          | 1.0            |
| SE             | 2.4  | 1.7         | 1.3          | 1.1         | 0.9          | 0.8            |
| SF             | SS(a)  |             |              |             |              |                |

CATATAN:

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Sumber: Tabel 6 SNI 1726:2019

**Tabel 3.5 Koefisien Situs,  $F_v$**

| Kelas<br>Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1detik, $S_1$ |             |              |             |              |                |
|----------------|---|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
|                | $S_1 \leq 0.25$   | $S_1 = 0.5$ | $S_1 = 0.75$ | $S_1 = 1.0$ | $S_1 = 1.25$ | $S_1 \geq 1.5$ |
| SA             | 0.8   | 0.8         | 0.8          | 0.8         | 0.8          | 0.8            |
| SB             | 0.8   | 0.8         | 0.8          | 0.8         | 0.8          | 0.8            |
| SC             | 1.5   | 1.5         | 1.5          | 1.5         | 1.5          | 1.4            |

**Lanjutan Tabel 3.5 Koefisien Situs, Fv**

| Kelas<br>Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$ |             |              |             |              |                |
|----------------|--|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
|                | $S_1 \leq 0.25$  | $S_1 = 0.5$ | $S_1 = 0.75$ | $S_1 = 1.0$ | $S_1 = 1.25$ | $S_1 \geq 1.5$ |
| SD             | 2.4  | 2.2         | 2.0          | 1.9         | 1.8          | 1.7            |
| SE             | 4.2  | 3.3         | 2.8          | 2.4         | 2.2          | 2.0            |
| SF             | SS <sup>(a)</sup>  |             |              |             |              |                |

CATATAN:

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Sumber: Tabel 7 SNI 1726:2019

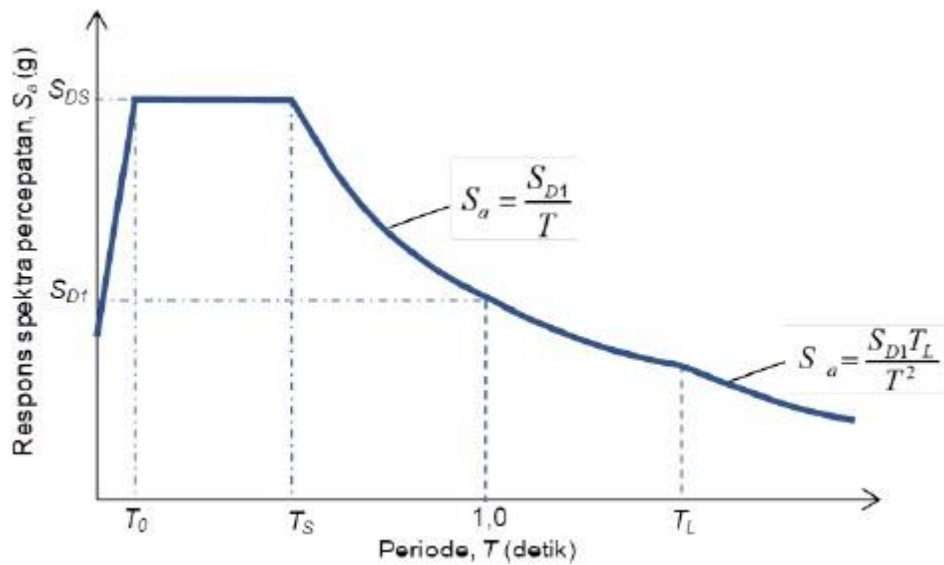
Parameter hasil penyesuaian, yaitu SMS (periode pendek) dan SM1 (periode 1 detik), dihitung dengan mengalikan nilai percepatan batuan dasar ( $S_s$  dan  $S_1$ ) dengan masing-masing faktor amplifikasi yang dapat dilihat pada persamaan (3.1) dan (3.2)

$$S_{ms} = F_a \times S_s \quad (3.1)$$

$$S_{m1} = F_v \times S_1 \quad (3.2)$$

### 3.3.5 Respons Spektrum Desain

Respon spektrum merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara periode getar alami struktur ( $T$ ) dengan respons maksimum yang mungkin timbul, seperti simpangan, kecepatan, atau percepatan, pada tingkat redaman tertentu dan kondisi gempa yang telah ditentukan (Pawirodikromo, 2017). Grafik respon spektrum (Gambar 3.4) dapat diperoleh dengan memasukkan informasi lokasi dan kondisi situs yang ditinjau melalui laman <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> atau dengan perhitungan manual berdasarkan SNI 1726:2019.



**Gambar 3.6 Spektrum Respon Desain**

(Sumber: Gambar 3 SNI 1726:2019)

Dalam memperoleh grafik spektrum desain, dilakukan perhitungan parameter percepatan spektral desain dimana berdasarkan ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019 periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode ( $S_{D1}$ ) dihitung dengan persamaan (3.3) dan (3.4)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{ms} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{m1} \quad (3.4)$$

Untuk nilai periode  $T < T_0$ , spektrum respon percepatan desain  $S_a$ , menggunakan persamaan (3.5)

$$S_a = S_{DS} \times \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.5)$$

Untuk  $T_0 \leq T \leq T_S$ , spektrum respons desain  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ; Untuk  $T_S < T \leq T_L$ , respons spektral percepatan desain  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan (3.6);

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.6)$$

Untuk  $T > T_L$ , respon spektral percepatan desain  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan (3.7)

$$S_a = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} \quad (3.7)$$

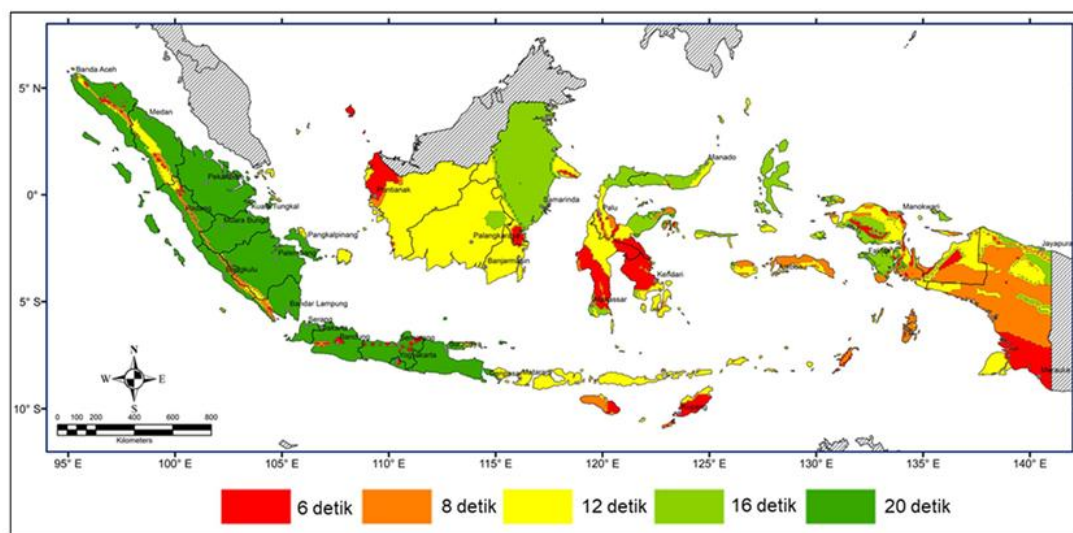
Keterangan :

$T$  = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$T_L$  = peta transisi periode panjang, dapat dilihat pada Gambar 3.7



**Gambar 3.7 Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia  $T_L$**

### 3.3.6 Kategori Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismik suatu struktur didasarkan pada kategori risiko bangunan dan nilai parameter percepatan spektral. Struktur lainnya ditetapkan berdasarkan nilai SDS dan SD1 sesuai ketentuan Pasal 6.3. Pemilihan kategori harus mengacu pada nilai yang paling berat dari Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 berikut

**Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek**

| Nilai <i>SDS</i>        | Kategori Risiko   |    |
|-------------------------|-------------------|----|
|                         | I dan II atau III | IV |
| $SDS < 0.167$           | A                 | A  |
| $0.167 \leq SDS < 0.33$ | B                 | C  |
| $0.33 \leq SDS < 0.50$  | C                 | D  |
| $0.50 \leq SDS$         | D                 | D  |

Sumber: Tabel 8 SNI 1726:2019

**Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik**

| Nilai <i>SDI</i>         | Kategori Risiko   |    |
|--------------------------|-------------------|----|
|                          | I dan II atau III | IV |
| $SDI < 0.067$            | A                 | A  |
| $0.067 \leq SDI < 0.133$ | B                 | C  |
| $0.133 \leq SDI < 0.20$  | C                 | D  |
| $0.20 \leq SDI$          | D                 | D  |

Sumber: Tabel 9 SNI 1726:2019

### 3.3.7 Sistem Pemikul Gaya Seismik

FEMA P-2082-2 (2020) menjelaskan bahwa beban gravitasi pada sistem struktur bangunan umumnya ditopang oleh rangka yang bertumpu pada kolom dan ketahanan terhadap gaya lateral didukung oleh dinding geser. Maka dari itu, SNI 1726:2019 menetapkan bahwa suatu struktur bangunan gedung wajib dilengkapi sistem pemikul gaya lateral dan vertikal yang memadai untuk memastikan kekuatan, kekakuan, serta kapasitas disipasi energi yang cukup dalam merespons gerakan tanah akibat gempa.

Dapat dilihat pada Tabel 12 SNI 1726:2019 terdapat beberapa jenis sistem pemikul gaya seismik, namun untuk kategori desain seismik tinggi diperlukan sistem rangka momen khusus (SRMPK) yang dirancang khusus untuk mampu

berperilaku daktail dan dapat menyerap energi gempa secara efektif tanpa mengalami kerusakan struktural.

Untuk sistem ganda (*dual system*), kolom dan balok berfungsi penopang utama beban gravitasi, sehingga dinding geser dapat berperan sebagai penopang utama gaya lateral dan rangka momen sebagai penopang lateral sekunder. Dalam penggunaan sistem ganda terdapat persyaratan dimana momen rangka harus bisa menahan 25% gaya lateral untuk meningkatkan daktilitas dan redundansi struktur.

Setiap sistem struktur diklasifikasikan berdasarkan jenis elemen vertikal yang digunakan untuk memikul gaya lateral, dengan mempertimbangkan kategori desain seismik serta tinggi maksimum bangunan ( $h_n$ ) yang diizinkan, sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.8

**Tabel 3.8 Faktor R, Q<sub>0</sub>, dan C<sub>d</sub> untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik**

| No | Sistem Penahan Gaya Seismik   | R | $\Omega_0$ | C <sub>d</sub> | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) |    |    |    |    |
|----|---|---|------------|----------------|--|----|----|----|----|
|    |   |   |            |                | Kategori desain seismik  |    |    |    |    |
|    |   |   |            |                | B  | C  | D  | E  | F  |
| C. | Sistem rangka pemikul momen   |   |            |                |  |    |    |    |    |
| 1. | Rangka beton bertulang pemikul momen khusus   | 8 | 3          | 5 ½            | TB   | TB | TB | TB | TB |
| 2. | Rangka beton bertulang pemikul momen menengah   | 5 | 3          | 4 ½            | TB   | TB | TI | TI | TI |
| D. | Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan |   |            |                |  |    |    |    |    |
| 1. | Dinding geser beton bertulang khusus <sup>g,h</sup>   | 7 | 2 ½        | 5 ½            | TB   | TB | TB | TB | TB |
| 2. | Dinding geser beton bertulang biasa <sup>g</sup>  | 6 | 2 ½        | 5              | TB   | TB | TI | TI | TI |

Keterangan:

TB = Tidak Dibatasi

TI = Tidak Diizinkan

Sumber: Tabel 12 SNI 1726:2019

Berdasarkan FEMA P-2082-1 (2020), nilai  $R$ ,  $\Omega_0$ ,  $C_d$ , merupakan koefisien desain seismik dimana koefisien modifikasi respons  $R$  memiliki peran untuk meredam energi dalam struktur ketika mengalami respons inelastik.

### 3.3.8 Ketidakberaturan struktur

Berdasarkan SNI 1726:2019, struktur perlu diklasifikasikan dalam kategori beraturan atau tidak beraturan. Terdapat dua tipe ketidakberaturan sebagai berikut

#### 1. Ketidakberaturan Horizontal

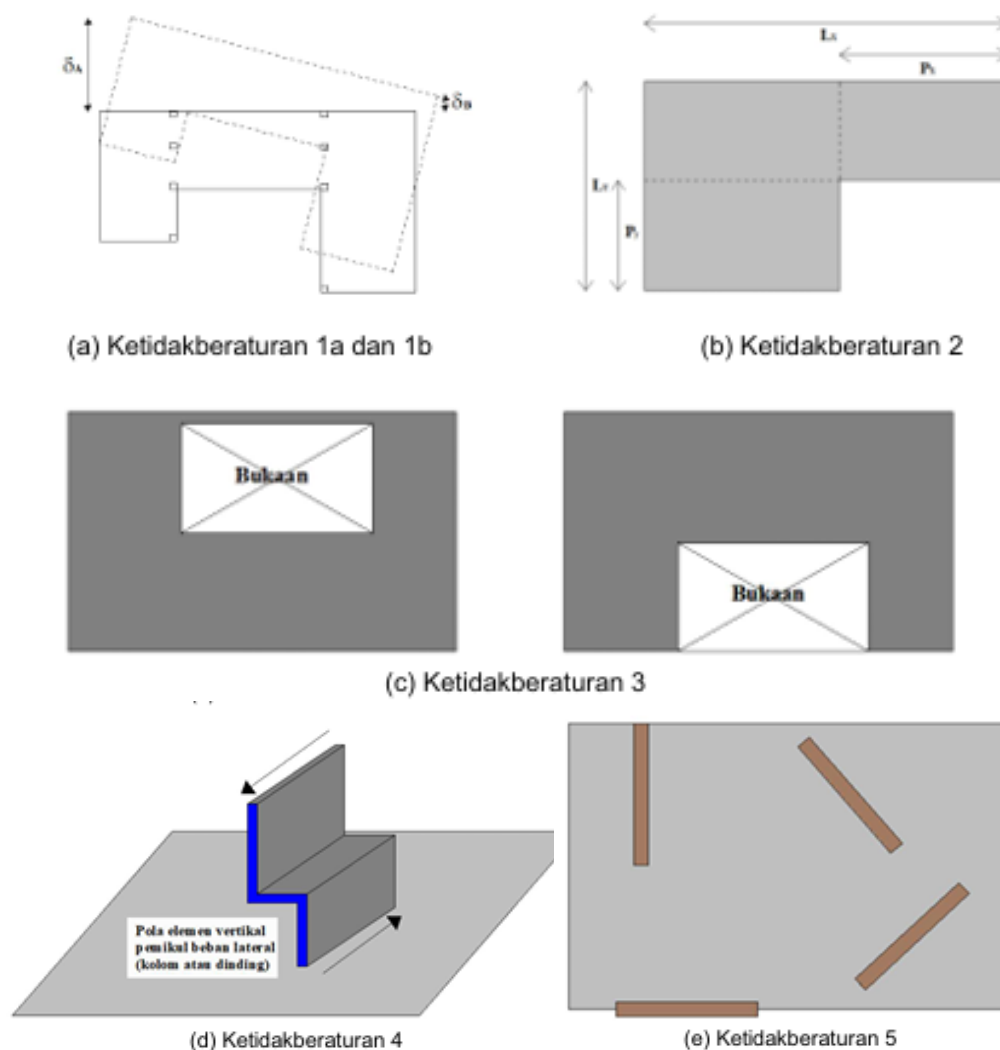
Struktur yang termasuk dalam Tabel 13 SNI 1726:2019 perlu dinyatakan memiliki ketidakberaturan dalam arah horizontal. Terutama bangunan dengan kategori desain seismik D, E, atau F, ketidakberaturan baik secara horizontal maupun vertikal perlu diperhatikan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam standar terkait dapat dilihat pada Gambar 3.8

|     | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan   | Pasal referensi   | Penerapan kategori desain seismik  |
|-----|--|---|--|
| 1a. | <b>Ketidakteraturan torsi</b> didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$ , di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.                             | 7.3.3.4<br>7.7.3<br>7.8.4.3<br>7.12.1<br>Tabel 16<br>11.3.4                       | D, E, dan F<br>B, C, D, E, dan F<br>C, D, E, dan F<br>C, D, E, dan F<br>D, E, dan F<br>B, C, D, E, dan F |
| 1b. | <b>Ketidakteraturan torsi berlebihan</b> didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$ , di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku. | 7.3.3.1<br>7.3.3.4<br>7.3.4.2<br>7.7.3<br>7.8.4.3<br>7.12.1<br>Tabel 16<br>11.3.4 | E dan F<br>D<br>B, C, dan D<br>C dan D<br>C dan D<br>D<br>B, C, dan D                                    |
| 2.  | <b>Ketidakteraturan sudut dalam</b> didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.  | 7.3.3.4<br>Tabel 16   | D, E, dan F<br>D, E, dan F   |
| 3.  | <b>Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.   | 7.3.3.4<br>Tabel 16   | D, E, dan F<br>D, E, dan F   |
| 4.  | <b>Ketidakteraturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang</b> didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.  | 7.3.3.3<br>7.3.3.4<br>7.7.3<br>Tabel 16<br>11.3.4                                 | B, C, D, E, dan F<br>D, E, dan F<br>B, C, D, E, dan F<br>D, E, dan F<br>B, C, D, E, dan F                |
| 5.  | <b>Ketidakteraturan sistem nonparalel</b> didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.  | 7.5.3<br>7.7.3<br>Tabel 16<br>11.3.4  | C, D, E, dan F<br>B, C, D, E, dan F<br>D, E, dan F<br>B, C, D, E, dan F                                  |

**Gambar 3.8 Ketentuan Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur**

(Sumber: Tabel 13 SNI 1726:2019)

Ilustrasi masing-masing tipe ketidakberaturan dapat dilihat pada Gambar 3.9. Struktur dengan ketidakberaturan horizontal Tipe 1b atau vertikal Tipe 1b, 5a, dan 5b dilarang untuk kategori E dan F, untuk kategori D, ketidakberaturan vertikal Tipe 5b tidak diizinkan. Jika struktur memiliki ketidakberaturan horizontal (Tipe 1a, 1b, 2, 3, atau 4) maka gaya desain harus ditingkatkan sebesar 25% pada elemen, seperti sambungan antara diafragma dan elemen vertikal, serta pada elemen kolektor dan sambungannya.



**Gambar 3.9 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal**

(Sumber: Gambar 5 SNI 1726:2019)

## 2. Ketidakberaturan vertikal

Struktur yang tercantum dalam Tabel 14 pada SNI 1726:2019 dikategorikan memiliki ketidakberaturan vertikal dan harus memenuhi ketentuan sesuai pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel tersebut, terutama jika bangunan termasuk dalam kategori desain seismik tertentu yang dapat dilihat pada Gambar 3.10

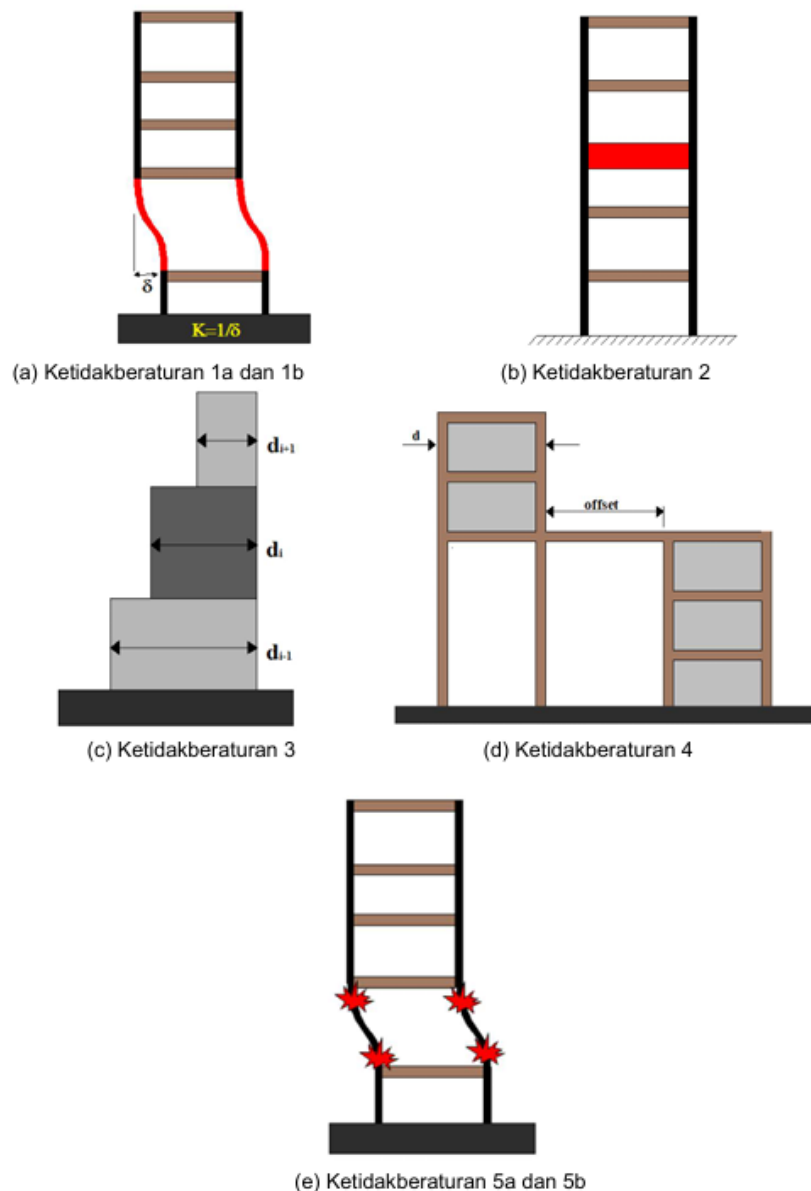
|     | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan   | Pasal referensi                | Penerapan kategori desain seismik               |
|-----|--|--------------------------------|---|
| 1a. | <b>Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.   | Tabel 16                       | D, E, dan F                                     |
| 1b. | <b>Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.  | 7.3.3.1<br>Tabel 16            | E dan F<br>D, E, dan F                          |
| 2.  | <b>Ketidakberaturan Berat (Massa)</b> didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.  | Tabel 16                       | D, E, dan F                                     |
| 3.  | <b>Ketidakberaturan Geometri Vertikal</b> didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.  | Tabel 16                       | D, E, dan F                                     |
| 4.  | <b>Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral</b> didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.   | 7.3.3.3<br>7.3.3.4<br>Tabel 16 | B, C, D, E, dan F<br>D, E, dan F<br>D, E, dan F |
| 5a. | <b>Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.            | 7.3.3.1<br>Tabel 16            | E dan F<br>D, E, dan F                          |
| 5b. | <b>Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau. | 7.3.3.1<br>7.3.3.2<br>Tabel 16 | D, E, dan F<br>B dan C<br>D, E, dan F           |

**Gambar 3.10 Ketentuan Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur**

(Sumber: Tabel 14 SNI 1726:2019)

Ilustrasi masing-masing tipe ketidakberaturan dapat dilihat pada Gambar 3.11 struktur bangunan dengan ketidakberaturan vertikal tertentu tidak diizinkan untuk digunakan pada kategori desain seismik D, E, atau F. Secara khusus, ketidakberaturan vertikal Tipe 1b, 5a, dan 5b dilarang untuk kategori E dan

F, sedangkan Tipe 5b juga tidak diperbolehkan untuk kategori D. Selain itu, jika struktur memiliki ketidakberaturan vertikal Tipe 4 seperti yang tercantum dalam Tabel 14, maka gaya desain pada elemen-elemen sistem pemikul gaya seismik, seperti sambungan kolektor dan elemen vertikal, harus ditingkatkan sebesar 25% sesuai ketentuan pasal 7.10.1.1 dalam SNI 1726:2019.



**Gambar 3.11 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal**

(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

### 3.3.9 Redundansi ( $\rho$ )

Faktor redundansi digunakan untuk struktur dengan kategori desain seismik D hingga F sebagai parameter seberapa baik distribusi elemen penahan gaya lateral

dalam struktur. Nilai  $\rho$  ditetapkan sebesar 1,0 dan 1,3 dalam SNI 1726:2019 dengan ketentuan sebagai berikut

1. Nilai  $\rho$  adalah 1,0
  - a. Desain struktur untuk kategori desain seismik B atau C;
  - b. Perhitungan simpangan antar tingkat dan pengaruh P-Delta;
  - c. Desain komponen nonstruktural;
  - d. Desain struktur nongedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung;
  - e. Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih;
  - f. Desain elemen struktur atau sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih;
  - g. Beban diafragma yang ditentukan menggunakan persamaan 51 pada SNI 1726:2019, termasuk batasan yang disyaratkan oleh persamaan 52 dan persamaan 53 pada aturan yang sama;
  - h. Desain struktur dengan sistem peredam;
  - i. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya.
2. Untuk struktur dalam Kategori Desain Seismik E dan F, tidak diperbolehkan terdapat ketidakberaturan torsi berlebihan. Sementara itu, pada Kategori D dengan ketidakberaturan torsi tipe 1b serta struktur dalam Kategori D hingga F tanpa ketidakberaturan torsi berlebihan, nilai faktor redundansi ( $\rho$ ) ditetapkan sebesar 1,3. Namun, pada kondisi tertentu penggunaan nilai  $\rho$  sebesar 1,0 tetap diperbolehkan.
  - a. Setiap tingkat yang memikul lebih dari 35% gaya geser dasar dalam arah tertentu harus memenuhi ketentuan dalam Tabel 15.
  - b. Untuk struktur dengan denah beraturan pada seluruh tingkat, sistem penahan gaya seismik harus terdiri dari minimal dua bentang elemen perimeter pemikul gaya lateral di setiap sisi struktur dan tiap arah ortogonal, pada setiap tingkat yang memikul lebih dari 35% gaya geser dasar (Tabel 3.9). Untuk sistem dinding geser, jumlah bentang dihitung

berdasarkan panjang total dinding dibagi tinggi tingkat, atau dua kali panjang dinding dibagi tinggi tingkat ( $h_{sx}$ ) untuk konstruksi rangka ringan.

**Tabel 3.9 Persyaratan untuk Setiap Tingkat yang Menahan Lebih dari 35% Gaya Geser Dasar**

| Elemen pemikul gaya lateral  | Persyaratan  |
|--|--|
| Rangka dengan bresing  | Penghilangan suatu bresing individu, atau sambungan yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).  |
| Rangka pemikul momen   | Kehilangan tahanan momen di sambungan balok-kolom di kedua ujung suatu balok tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33% dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b)  |
| Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 | Penghilangan suatu dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 di sebarang tingkat, atau sambungan kolektor yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33% dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan horizontal Tipe 1b) |
| Kolom kantilever   | Kehilangan tahanan momen di sambungan dasar pada sebarang kolom kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33% dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).  |
| Lainnya  | Tidak ada persyaratan  |

(Sumber: Tabel 15 SNI 1726:2019)

### 3.3.10 Prosedur Analisis

Setelah mendapatkan kategori desain seismik dan melakukan klasifikasi karakteristik struktur, pemilihan metode analisis struktur dapat dilakukan. Terdapat tiga jenis analisis yang diizinkan, yaitu analisis gaya lateral ekuivalen, analisis

respons spektrum ragam, dan analisis respons riwayat waktu seismik. Syarat dalam pemilihan metode analisis dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut ini

**Tabel 3.10 Macam Prosedur Analisis**

| Kategori Desain Seismik | Karakteristik Struktur  | Analisis Gaya Lateral Ekuivalen | Analisis Spektrum Respons Ragam | Analisis Respons Riwayat Waktu Seismik |
|-------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| B, C                    | Semua struktur  | I                               | I                               | I                                      |
| D, E, F                 | Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat di atas dasar   | I                               | I                               | I                                      |
|                         | Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m  | I                               | I                               | I                                      |
|                         | Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b | I                               | I                               | I                                      |
|                         | Semua struktur lainnya  | TI                              | I                               | I                                      |

CATATAN : I : Diizinkan, TI : Tidak Diizinkan

(Sumber: Tabel 16 SNI 1726:2019)

Analisis statik ekuivalen merupakan metode penyederhanaan beban gempa dengan menganggapnya sebagai gaya horizontal yang timbul akibat reaksi inersia massa bangunan terhadap getaran tanah di dasar struktur (Rifandi & Walujodjati, 2020). Pada analisis spektrum respons ragam, respons struktur dihitung berdasarkan respons maksimum dari masing-masing mode getar terhadap gempa, yang

diperoleh dari kurva spektrum respons berupa hubungan antara periode ( $T$ ) dan percepatan atau koefisien gempa ( $C$ ) (Widodo, 2001). Sedangkan analisis respons riwayat waktu, model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu (Purnomo, Purwanto dan Supriyadi, 2014)

### 3.3.11 Analisis Dinamik Riwayat Waktu

Analisis dinamik riwayat waktu (*Time History Analysis*) merupakan salah satu prosedur analisis respons struktur terhadap gempa. Widodo (2001) menyatakan, model dasar struktur digetarkan oleh pilihan rekaman gempa yang telah terjadi. Beban gempa diasumsikan pada dasar bangunan karena umumnya struktur dianggap dijepit (Pawirodikromo, 2017). Menurut (Rifandi & Walujodjati, 2020), pendekatan ini sangat efektif digunakan untuk bangunan yang memiliki ketidakberaturan dalam bentuk atau distribusi massa karena dapat merepresentasikan perilaku struktur secara realistis.

Sesuai dengan SNI 1726:2019, analisis riwayat waktu linear dilakukan menggunakan model matematis linear struktur yang dianalisis terhadap sejumlah rekaman percepatan tanah (minimal tiga), yang telah disesuaikan secara spektral dengan respons spektra desain di lokasi tersebut. Berikut persyaratan pada analisis riwayat waktu linear

#### 1. Persyaratan Umum dalam Pemodelan Struktur

- a. Pemodelan distribusi kekakuan massa sepanjang sistem pemikul gaya seismik dan diafragma harus sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.7.3 dimana struktur dengan ketidakberaturan horizontal tipe 1a, 1b, 4, atau harus dimodelkan secara tiga dimensi.
- b. Efek P-Delta Model harus diikutsertakan sesuai dengan pasal 7.8.7 jika koefisien stabilitas ( $\theta$ ) yang didapatkan dari persamaan (3.12) sama dengan atau kurang dari 0,10.
- c. Torsi tak terduga perlu diperhitungkan jika struktur memenuhi ketentuan pasal 7.8.4.2 SNI 1726:2019.
- d. Jika fleksibilitas fondasi dimasukkan dalam analisis, pemodelan fondasi harus sesuai pasal 7.13.3.

- e. Jumlah ragam yang harus diikutsertakan dalam analisis sesuai dengan pasal 7.9.1.1, sejumlah ragam getar alami dihitung untuk memastikan bahwa partisipasi massa struktur yang terkombinasi mencapai 100%. Namun, diperbolehkan jika jumlah ragam yang dimasukkan setidaknya mencakup 90% dari total massa struktur di masing-masing arah horizontal utama. Ragam dengan periode di bawah 0,05 detik juga dapat diambil untuk menyederhanakan analisis ragam satu badan kaku.
- f. Redaman viskos linear tidak boleh melebihi 5 % redaman kritis untuk sembarang ragam dengan periode getar yang lebih besar atau sama dengan  $T_{lower}$ .

## 2. Pemilihan Gerak tanah

Percepatan tanah yang digunakan untuk analisis riwayat waktu linear tidak kurang dari tiga pasang komponen ortogonal yang telah dicocokkan (*spectral matched*) dengan spektrum respons target dengan rentang periode  $0,8 T_{lower}$  hingga  $1,2 T_{upper}$ . Dalam rentang ini, rata-rata percepatan semu (dengan redaman 5%) dari rekaman yang telah dicocokkan tidak boleh menyimpang lebih dari  $\pm 10\%$  terhadap spektrum target.

- 3. Aplikasi riwayat percepatan tanah dilakukan secara dua arah yang saling tegak lurus, ditandai dengan x dan y, harus dipilih dan digunakan untuk seluruh analisis riwayat respons.

## 4. Modifikasi respons untuk desain

- a. Gaya geser dasar elastik dan inelastik perlu ditentukan berdasarkan rumus 3.8 dan 3.9 dimana dalam melakukan perhitungan gaya geser dasar elastik maksimum tidak boleh memperhitungkan pengaruh torsi tak terduga.

$$V_{IX} = \frac{V_{EX} I_e}{R_x} \quad (3.8)$$

$$V_{Iy} = \frac{V_{EY} I_e}{R_y} \quad (3.9)$$

$I_e$  adalah faktor keutamaan gempa, dan  $R_x$  dan  $R_y$  adalah koefisien modifikasi respons untuk arah x dan arah y.

- b. Penentuan faktor skala untuk gaya geser dasar ditentukan dengan rumus 3.10 dan 3.11

$$\eta_X = \frac{v_X}{v_{IX}} \geq 1,0 \quad (3.10)$$

$$\eta_Y = \frac{v_Y}{v_{IY}} \geq 1,0 \quad (3.11)$$

- c. Penentuan respons gaya yang dikombinasikan dalam arah X ditentukan sebagai  $I_e \eta_X / R_X$  dikalikan respons elastik arah X yang memperhitungkan pengaruh torsi tak terduga (jika diperlukan), kemudian ditambahkan dengan  $I_e \eta_Y / R_Y$  kali respons elastik arah Y tanpa mempertimbangkan torsi. Begitupun sebaliknya untuk arah Y.
- d. Penentuan respons perpindahan yang dikombinasikan dalam arah X ditentukan sebagai  $\eta_X C d_X / R_X$  dikalikan respons elastik arah X yang memperhitungkan pengaruh torsi tak terduga (jika diperlukan), kemudian ditambahkan dengan  $\eta_Y C d_Y / R_Y$  kali respons elastik arah Y tanpa mempertimbangkan torsi. Begitupun sebaliknya untuk arah Y
- e. Penentuan selubung (*envelope*) nilai-nilai respons gaya dihitung dua arah ortogonal serta seluruh rekaman gempa yang dianalisis. Jika dalam perhitungan turut mempertimbangkan interaksi antar gaya, maka selubung dapat ditentukan berdasarkan rasio antara kebutuhan (*demand*) dan kapasitas struktur, sebagai pengganti nilai gaya terpisah secara individual.
- f. Penentuan selubung nilai respons perpindahan, yaitu simpangan antar tingkat harus dihitung untuk setiap rekaman gempa dan untuk setiap arah respons, menggunakan kombinasi respons perpindahan sesuai ketentuan dalam (e). Untuk memastikan simpangan tidak melebihi batas yang ditetapkan pada pasal 7.12 SNI 1726:2019 atau dapat dilihat pada Tabel 3.11.

### 3.3.12 Respons Struktur

Respons struktur merupakan reaksi sistem struktur terhadap beban yang bekerja padanya, termasuk beban lateral seperti beban gempa. Beban ini menimbulkan berbagai respons yang dianalisis untuk mengetahui perilaku struktur

terhadap gaya sesimik, antara lain gaya geser dasar (*base shear*), efek P-Delta, dan simpangan antar tingkat.

1. Gaya geser dasar (*base shear*) merupakan respons seismik struktur yang menggambarkan besar gaya lateral maksimum yang bekerja pada dasar bangunan akibat percepatan tanah selama kejadian gempa bumi. Maka dari itu, untuk mendapatkan besaran nilai gaya geser dasar dapat dihitung menggunakan persamaan 3.12.

$$V = C_s \times W \quad (3.12)$$

Dengan  $C_s$  merupakan koefisien respons seismik yang didapatkan berdasarkan pembagian percepatan respons spektral.

$$C_s = \frac{SDS}{\frac{R}{i_e}} \quad (3.13)$$

$$C_{s_{max}} = \frac{SDS}{T \times (\frac{R}{i_e})} \quad (3.14)$$

$$C_{s_{min}} = \frac{0,5 S_1}{(\frac{R}{i_e})} \quad (3.15)$$

Nilai gaya yang dikombinasi telah diatur dalam SNI 1726:2019 atau pada 3.3.11 Nomor 4 bagian c.

2. Perpindahan lateral atau *displacement*, yaitu perubahan posisi absolut suatu tingkat akibat getaran seismik. Nilai perpindahan yang dikombinasi telah diatur dalam SNI 1726:2019 atau pada 3.3.11 Nomor 4 bagian d.
3. Simpangan antar tingkat ( $\Delta$ ) merupakan selisih simpangan pusat massa tingkat atas dengan tingkat bawah. Apabila pusat massa tidak segaris secara vertikal, simpangan diizinkan untuk dihitung dari proyeksi vertikal pusat massa tingkat di atasnya. Simpangan pusat massa tingkat tinjauan ditunjukkan pada persamaan 3.16, kemudian simpangan antar tingkat dengan (3.17).

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{ex}}{I_e} \quad (3.16)$$

$$\Delta_x = \delta_x - \delta_{x-1} \quad (3.17)$$

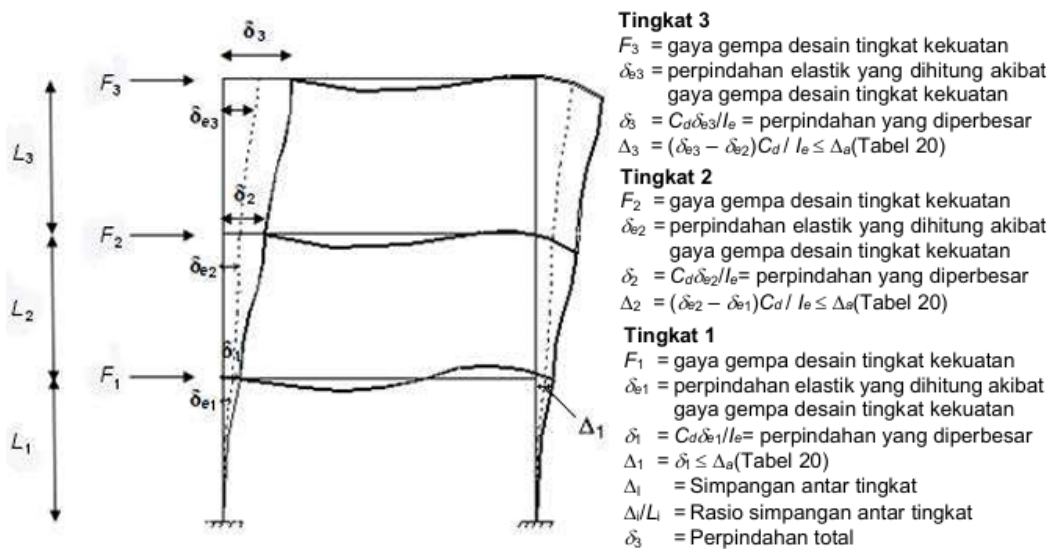
Keterangan :

$C_d$  : faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 12 SNI 1726:2019

$\delta_{ex}$  : simpangan syarat di tingkat-x yang, ditentukan dengan analisis elastik

$I_e$  : faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan Tabel 3

Pada struktur KDS C–F dengan ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b, simpangan antar tingkat ditentukan dari selisih maksimum simpangan titik segaris pada tepi struktur. Penentuan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12 Penentuan Simpangan Antar Tingkat**

(Sumber: Gambar 10 SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019, simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin  $\Delta_{izin}$ . Sedangkan pada pasal 7.12.1.1 SNI 1726:2019, untuk sistem pemikul gaya seismik kategori desain seismik D hingga F terdiri hanya rangka momen, simpangan antar tingkat ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi  $\Delta_a/\rho$  pada setiap tingkat. Tabel 3.11 menunjukkan batas izin simpangan antar tingkat berdasarkan tipe struktur dan kategori risiko bangunan.

**Tabel 3.11 Batas Izin Simpangan Antar Tingkat**

| Struktur  | Kategori Risiko                   |                      |                      |
|---|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
|   | I atau II                         | III                  | IV                   |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit sistem dinding eksterior. | 0,025h <sub>sx</sub> <sup>c</sup> | 0,020h <sub>sx</sub> | 0,015h <sub>sx</sub> |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>  | 0,010h <sub>sx</sub>              | 0,010h <sub>sx</sub> | 0,010h <sub>sx</sub> |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya  | 0,007h <sub>sx</sub>              | 0,007h <sub>sx</sub> | 0,007h <sub>sx</sub> |
| Semua struktur lainnya  | 0,020h <sub>sx</sub>              | 0,015h <sub>sx</sub> | 0,010h <sub>sx</sub> |

**CATATAN**

<sup>a</sup>h<sub>sx</sub> adalah tinggi tingkat di bawah tingkat – x; <sup>b</sup>Sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen kategori desain seismik, D, E, dan F, simpangan antar tingkat izin harus sesuai dengan persyaratan pada pasal 7.12.1.1

(Sumber: Tabel 20 SNI 1726:2019)

4. Efek P-Delta merupakan kondisi dimana ketika struktur mengalami perpindahan lateral akibat gempa, beban gravitasi vertikal (Px) pada struktur turut bergeser. Sehingga, beban (Px) tidak lagi bekerja tegak lurus terhadap dasar struktur, melainkan membentuk eksentrisitas. Efek P-Delta tidak perlu diperhitungkan bila nilai koefisien stabilitas yang diperoleh persamaan  $3.18 \leq 0,1$ .

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.18)$$

Keterangan:

P<sub>x</sub> : beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); bila menghitung , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ : simpangan antar tingkat desain terjadi secara serentak dengan V<sub>x</sub> (mm)

I<sub>e</sub> : faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2

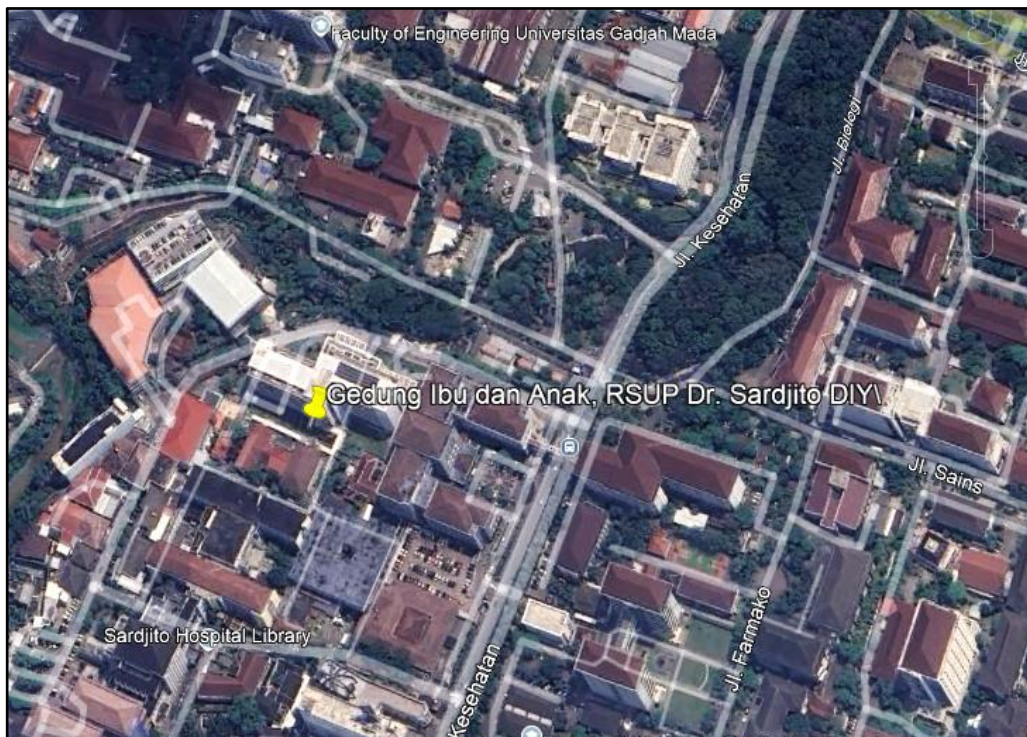
h<sub>sx</sub> : tinggi tingkat di bawah tingkat , (mm);

C<sub>d</sub> : faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 12.

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian akan mengambil objek berupa salah satu fasilitas kritis di Yogyakarta, yaitu Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sardjito yang terletak di Jalan Kesehatan Sendowo, Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Letak objek penelitian berdasarkan penelusuran dari citra satelit disajikan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Lokasi Objek Penelitian**

(Sumber: Google Earth Pro, 2025)

## 4.2 Data Struktur

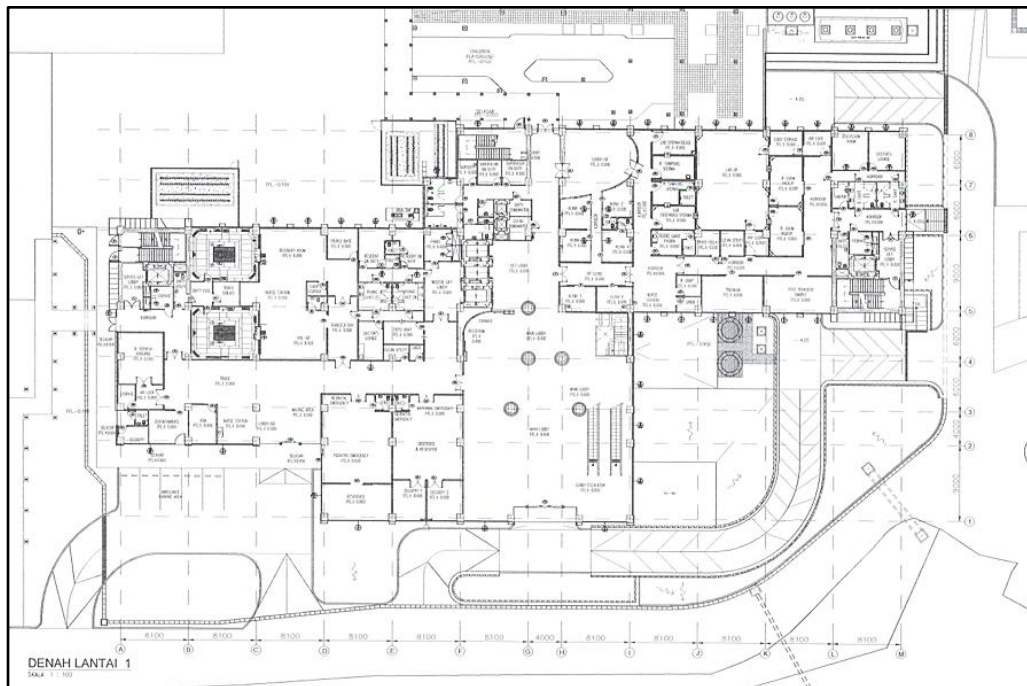
### 4.2.1 Denah, Potongan, dan Tampak Bangunan

Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito memiliki luas bangunan 2695 m<sup>2</sup> dan tinggi 3728 m (sembilan tingkat termasuk *basement*). Denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.2 hingga Gambar 4.10.



**Gambar 4.2 Denah *Lower Ground* Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



**Gambar 4.3 Denah Lantai 1 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



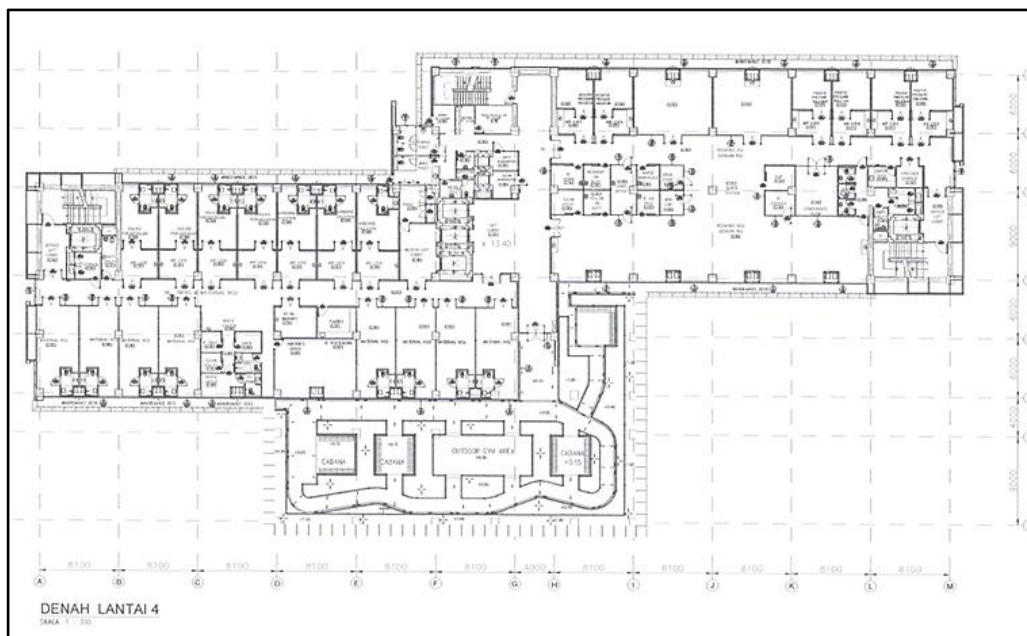
**Gambar 4.4 Denah Lantai 2 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



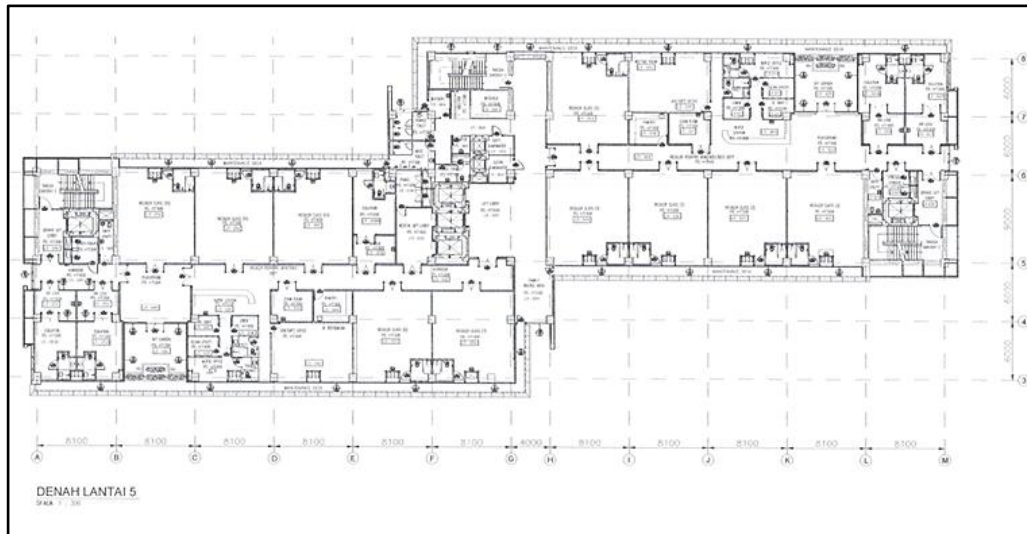
**Gambar 4.5 Denah Lantai 3 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



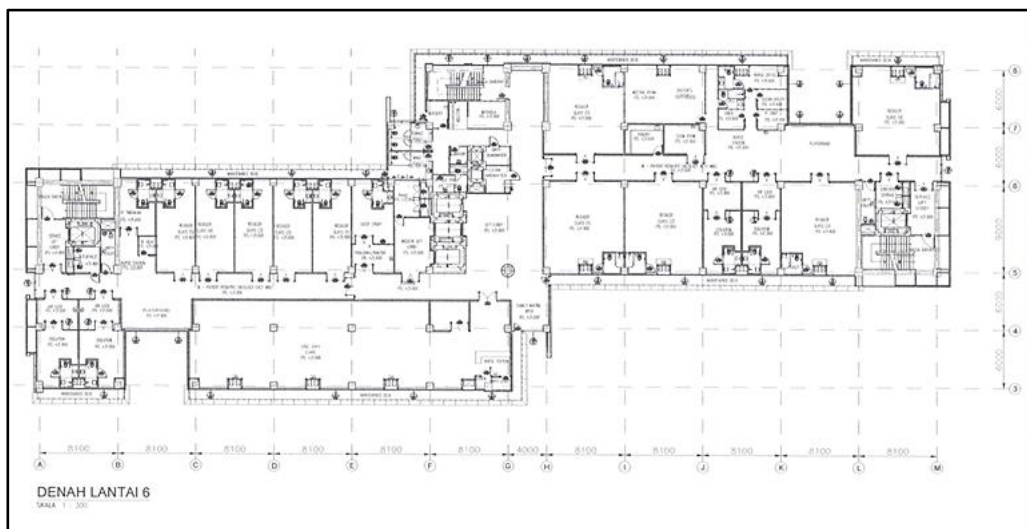
**Gambar 4.6 Denah Lantai 4 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



**Gambar 4.7 Denah Lantai 5 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



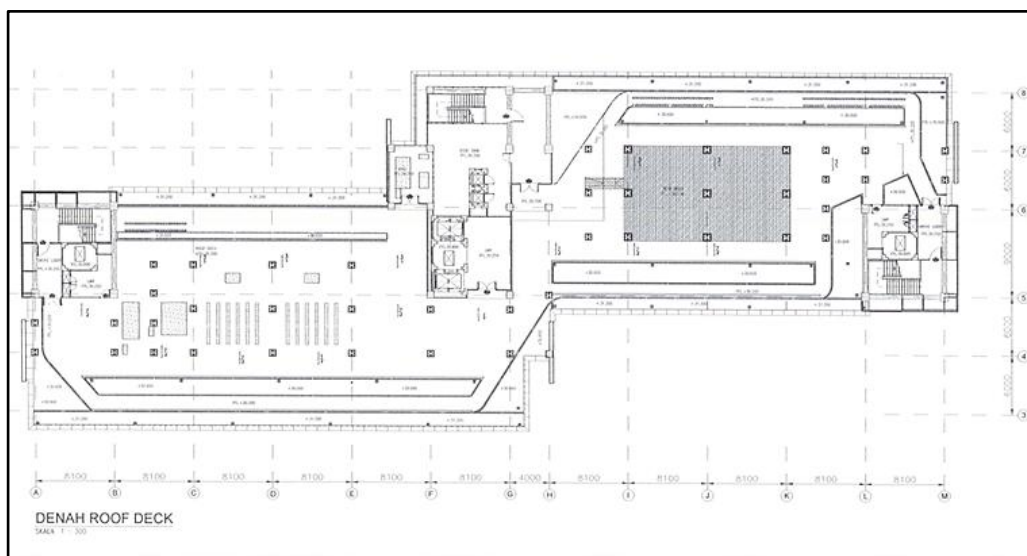
**Gambar 4.8 Denah Lantai 6 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



**Gambar 4.9 Denah Lantai 7 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

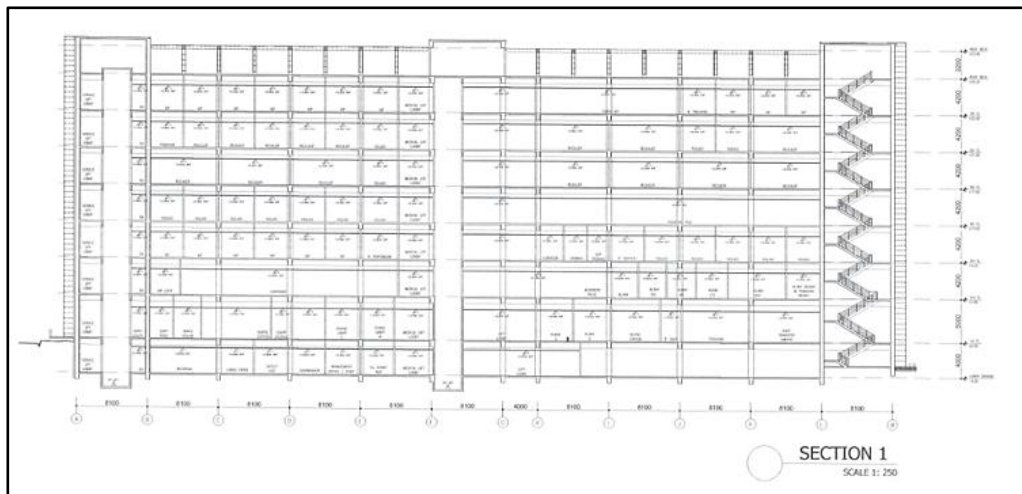
(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



**Gambar 4.10 Denah *Roof Deck* Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

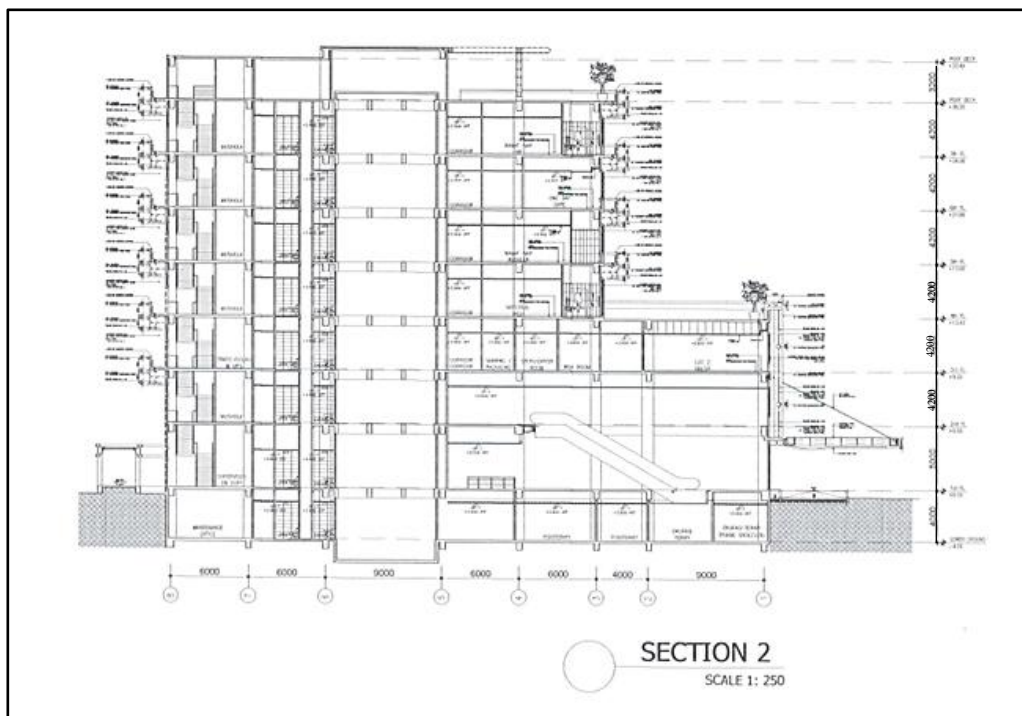
(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)

Gambar potongan 1 dan gambar potongan 2 dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 sebagai berikut.



**Gambar 4.11 Gambar Potongan 1 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)



**Gambar 4.12 Gambar Potongan 2 Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito**

(Sumber: *As-built drawing* PT. Hutama Karya, 2025)

#### 4.2.2 Mutu Material

Mutu material yang digunakan pada Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito untuk mutu beton  $f'c$  35 Mpa dengan mutu baja ulir (BJTS)  $f_y$  420 Mpa dan baja polos (BJTP)  $f_y$  280 Mpa.

#### 4.2.3 Data Gedung

Berikut data yang akan digunakan untuk penelitian Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito yang berlokasi di Daerah Istimewa Yogyakarta.

##### 1. Fungsi Gedung

Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito merupakan bangunan fasilitas kritis yang difungsikan sebagai pusat pelayanan kesehatan khusus bagi ibu dan anak. Sebagai bagian dari rumah sakit rujukan tertinggi di wilayah DIY dan sekitarnya, gedung ini memiliki peran vital dalam menjamin keselamatan dan keberlangsungan pelayanan karena fungsinya, Gedung Ibu dan Anak dikategorikan memiliki kategori risiko IV sesuai SNI 1726:2019.

##### 2. Sistem Struktur

Sistem struktur yang diterapkan pada bangunan ini diasumsikan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik.

##### 3. Kelas Situs

Berdasarkan Tabel 3.3 Vs30 berada pada rentang 175-350 m/s, kelas situs pada bangunan yang ditinjau ditetapkan sebagai SD (tanah sedang).

##### 4. Dimensi Struktur

###### a. Dimensi Kolom

Dimensi kolom yang digunakan pada gedung dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1 Dimensi Kolom**

| Kode Kolom | Dimensi (mm) |
|------------|--------------|
| K1A        | 800 × 900    |
| K1         | 800 × 900    |
| K2A        | 800 × 800    |

**Lanjutan Tabel 4.1 Dimensi Kolom**

| Kode Kolom | Dimensi (mm)    |
|------------|-----------------|
| K2         | 800 × 800       |
| K3         | 750 × 800       |
| K4         | 700 × 700       |
| KL         | 300 × 600       |
| KL1        | 300 × 600 × 900 |
| KT         | 300 × 300       |

## b. Dimensi Balok

Dimensi balok yang digunakan pada gedung dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut

**Tabel 4.2 Dimensi Balok**

| Kode Balok | Dimensi (mm) |
|------------|--------------|
| B1A        | 600 × 1100   |
| B1         | 500 × 900    |
| B1'        | 400 × 700    |
| B2         | 400 × 800    |
| B3         | 300 × 600    |
| B4         | 400 × 700    |
| B5         | 500 × 800    |
| BA1        | 300 × 600    |
| BA2        | 300 × 500    |
| Bec        | 300 × 500    |
| BS         | 250 × 300    |

## c. Dimensi Pelat

Dimensi pelat yang digunakan pada gedung dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3 Dimensi Pelat**

| Dimensi Pelat |            |
|---------------|------------|
| Kode Pelat    | Tebal (mm) |
| Sa            | 130        |
| Sv            | 150        |

### 4.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian akan dimulai pada bulan Oktober 2024, *time schedule* dapat dilihat pada Lampiran 1.

### 4.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

#### 1. Pengumpulan data struktur

Tahap awal penelitian adalah mengumpulkan data struktur sebagai dasar analisis. Data diperoleh dari PT Hutama Karya selaku pelaksana pembangunan Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito. Informasi yang digunakan meliputi *as built drawing* (dimensi balok, kolom, pelat, dan dinding geser) serta mutu bahan seperti beton dan baja tulangan.

#### 2. Perhitungan Pembebanan Struktur

Tahapan ini menghitung beban yang bekerja pada struktur, meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Perhitungan dilakukan berdasarkan ketentuan dalam SNI 1727:2020. Data gempa aktual diperoleh dari database PEER dan NHR3 dengan parameter gempa mengacu pada peta deagregasi PusGen 2022.

#### 3. Pemodelan struktur

Pemodelan struktur tiga dimensi dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS. Proses ini meliputi input elemen struktur utama seperti balok, kolom, pelat, dan dinding geser sesuai *as built drawing*.

#### 4. Penentuan Parameter Gempa

Pada tahap ini dilakukan penetapan parameter gempa yang digunakan dalam analisis. Parameter ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019, meliputi percepatan spektral, kategori risiko, faktor keutamaan, kelas situs tanah, dan faktor reduksi gempa. Penetapan parameter ini menjadi dasar dalam penyusunan respons spektra desain.

5. Pembuatan Respon Spektra Desain

Berdasarkan parameter gempa yang telah ditentukan, dibuat kurva respons spektra desain. Kurva ini menggambarkan hubungan antara percepatan spektral dan periode getar struktur.

6. Analisis Gaya Geser Seismik

Tahap ini menghitung gaya geser dasar statik menggunakan metode *Equivalent Lateral Force* (ELF). Perhitungan dilakukan secara manual dan melalui ETABS untuk memastikan kesesuaian hasil. Nilai gaya geser dasar dari metode ELF digunakan sebagai dasar penskalaan dalam analisis dinamik riwayat waktu.

7. Pengecekan Ketidakberaturan Struktur

Pengecekan dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya ketidakberaturan struktur berdasarkan kriteria dalam SNI 1726:2019. untuk menentukan konsekuensi desain dan metode analisis yang digunakan. Jika struktur dinyatakan tidak beraturan, maka analisis harus disesuaikan dengan ketentuan lanjutan.

8. Pencocokan Spektral Rekaman Gempa menggunakan ETABS

Tahapan ini mencocokkan spektrum rekaman gempa aktual dengan respons spektra desain yang telah diperoleh. Proses *spectral matching* dilakukan agar karakteristik frekuensi rekaman gempa sesuai dengan kondisi seismik wilayah tinjauan.

9. Analisis Respon Struktur dengan rekaman

Analisis riwayat waktu dilakukan menggunakan rekaman gempa yang telah disesuaikan. Tujuannya untuk mengetahui respons struktur dinamik struktur terhadap beban gempa aktual.

10. Rekapitulasi Hasil Analisis Respon Struktur

Hasil analisis yang diperoleh dari tahap sebelumnya direkap untuk memudahkan proses pembahasan. Rekapitulasi mencakup data numerik dan grafik hasil analisis simpangan, simpangan antar tingkat, gaya geser, dan P-Delta.

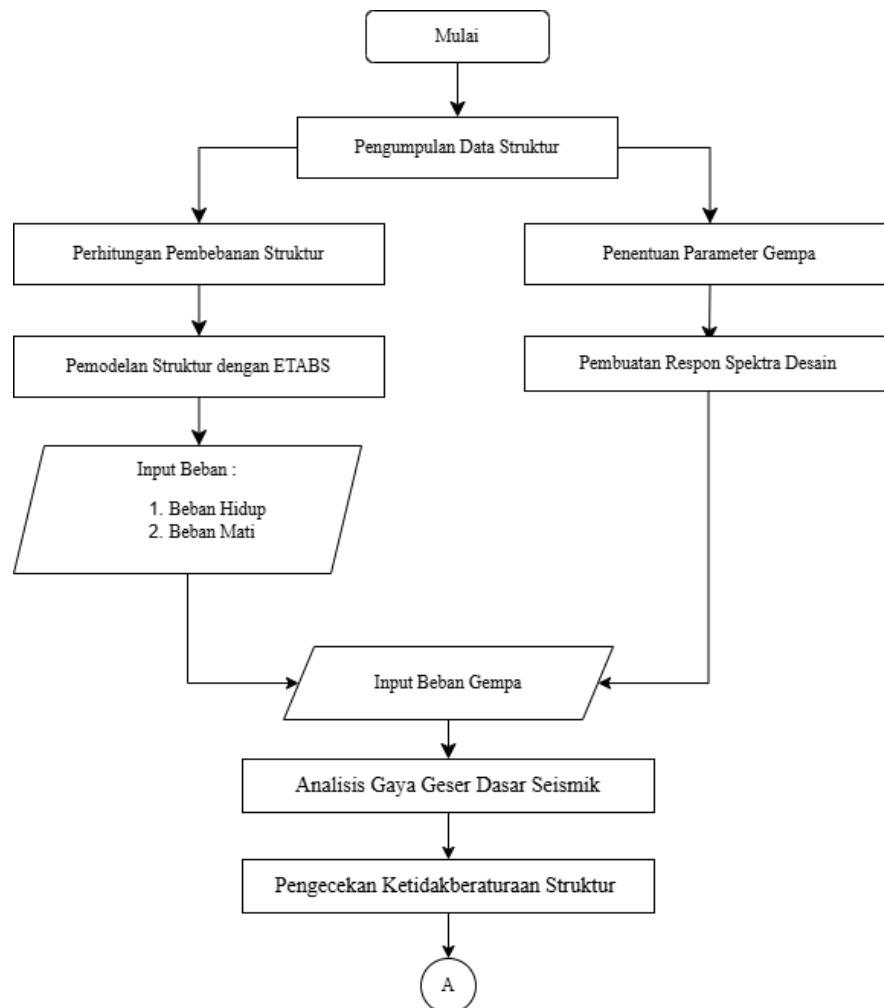
## 11. Pembahasan

Pembahasan dilakukan dengan menginterpretasikan hasil analisis yang telah diperoleh.

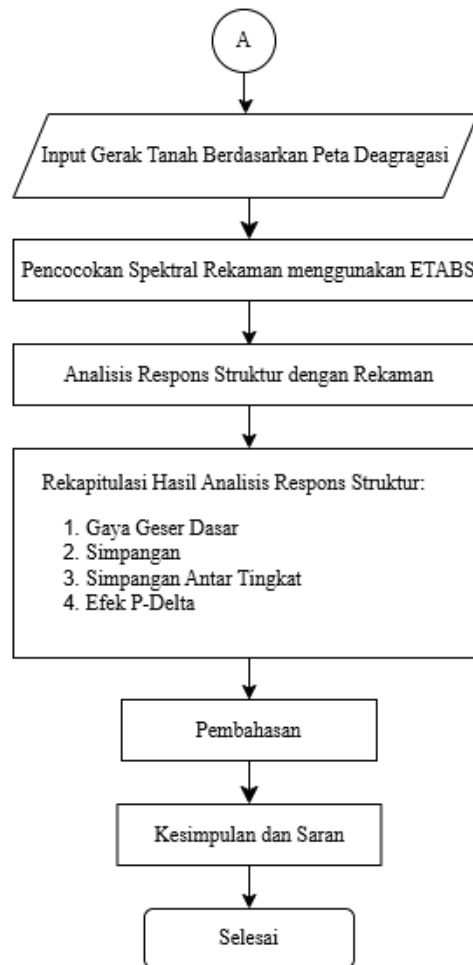
## 12. Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

Dari penjelasan di atas dapat dibuat bagan alir untuk memudahkan pembacaan tahapan penelitian, dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



**Gambar 4.13 Tahapan Penelitian**



**Gambar 4.13 Lanjutan Tahapan Penelitian**

## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Data Struktur

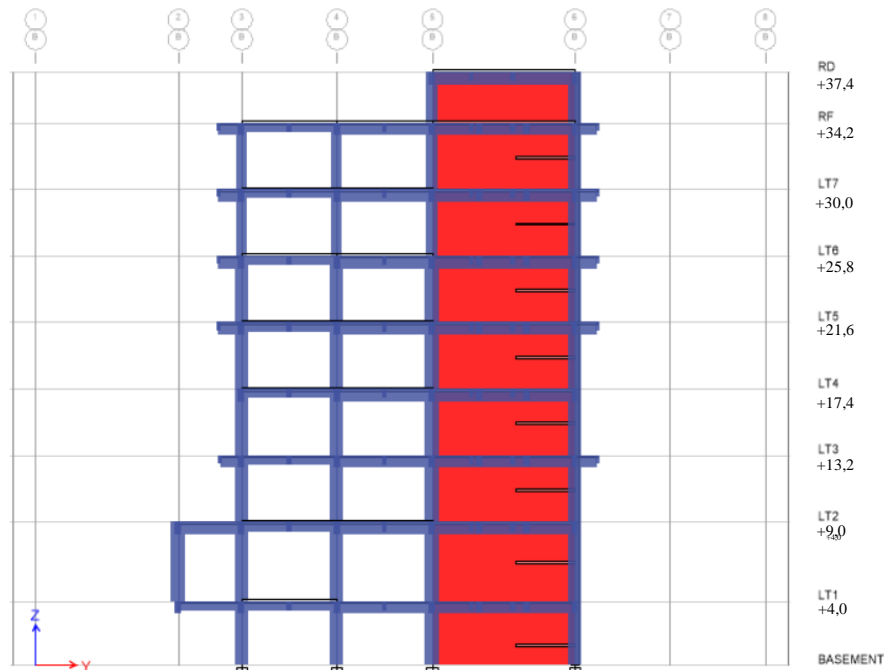
Objek penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah Gedung RSUP Dr. Sardjito, yang berfungsi sebagai pusat pelayanan kesehatan khusus bagi ibu dan anak. Gedung ini berlokasi di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan koordinat geografis lintang  $-7,7678$  dan bujur  $110,3738$ . Berdasarkan fungsinya, bangunan ini diklasifikasikan sebagai fasilitas kesehatan dengan tingkat risiko IV sesuai ketentuan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

#### 5.1.1 Konfigurasi Gedung

Gedung yang dianalisis dalam penelitian ini memiliki luas total  $2695 \text{ m}^2$  dan tinggi keseluruhan  $37,4 \text{ m}$  termasuk bagian atap, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.11, Gambar 4.12, dan Tabel 5.1. Berdasarkan Gambar 4.2 hingga Gambar 4.10, konfigurasi bangunan menunjukkan bahwa struktur termasuk dalam kategori gedung tidak beraturan secara horizontal akibat adanya sudut dalam pada denah bangunan.

**Tabel 5.1 Elevasi Struktur Gedung**

| Tingkat | Lantai              | Elevasi (m) | Tinggi Tingkat (m) |
|---------|---------------------|-------------|--------------------|
| 9       | Atap                | 37,4        | 3,2                |
| 8       | <i>Roof Deck</i>    | 34,2        | 4,2                |
| 7       | Lantai 7            | 30          | 4,2                |
| 6       | Lantai 6            | 25,8        | 4,2                |
| 5       | Lantai 5            | 21,6        | 4,2                |
| 4       | Lantai 4            | 17,4        | 4,2                |
| 3       | Lantai 3            | 13,2        | 4,2                |
| 2       | Lantai 2            | 9           | 5                  |
| 1       | Lantai 1            | 4           | 4                  |
| 0       | <i>Lower Ground</i> | 0           | 0                  |



**Gambar 5.1** Pemodelan Gedung *Elevation View B*

### 5.1.2 Elemen Struktur

Penelitian ini meninjau elemen struktur utama, yaitu pelat, balok, kolom, dan dinding geser.

#### 1. Balok

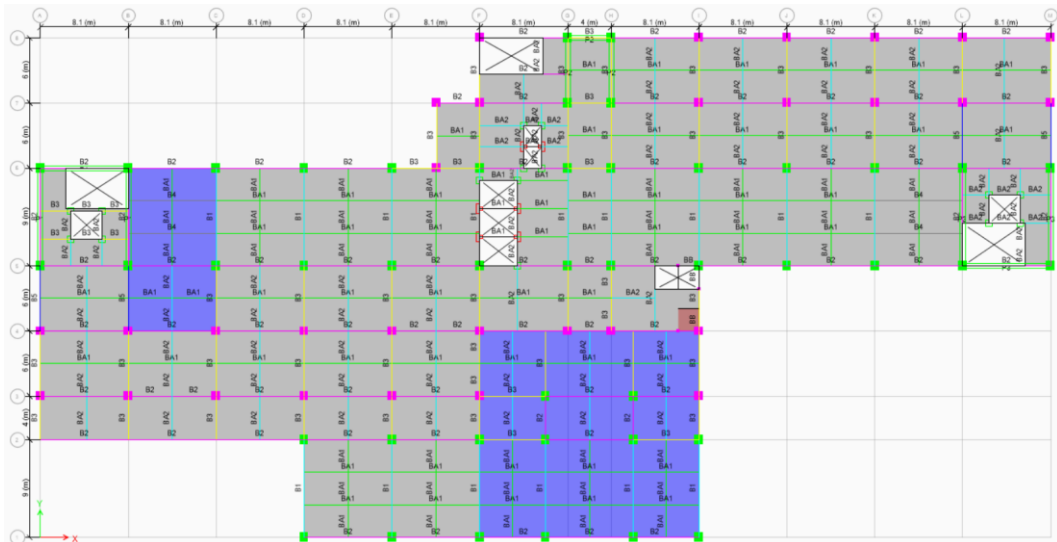
RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak menggunakan tiga tipe balok dengan variasi dimensi yang disajikan pada Tabel 5.2. Denah balok lantai 1 pemodelan dapat dilihat Gambar 5.2 dan secara lengkap disajikan pada *as built* Lampiran 2.

**Tabel 5.2** Dimensi Struktur Balok

| Kode Balok  | Dimensi (mm) |
|-------------|--------------|
| Balok Induk |              |
| B1A         | 600 × 1100   |
| B1          | 500 × 900    |
| B1'         | 400 × 700    |
| B2          | 400 × 800    |
| B2a         | 400 × 900    |
| B3          | 300 × 600    |

Lanjutan Tabel 5.2 Dimensi Struktur Balok

| Kode Balok   | Dimensi (mm) |
|--------------|--------------|
| B4           | 400 × 700    |
| B5           | 500 × 800    |
| Balok Anak   |              |
| BA1          | 300 × 600    |
| BA2          | 300 × 500    |
| Balok Bordes |              |
| BB           | 250 × 400    |



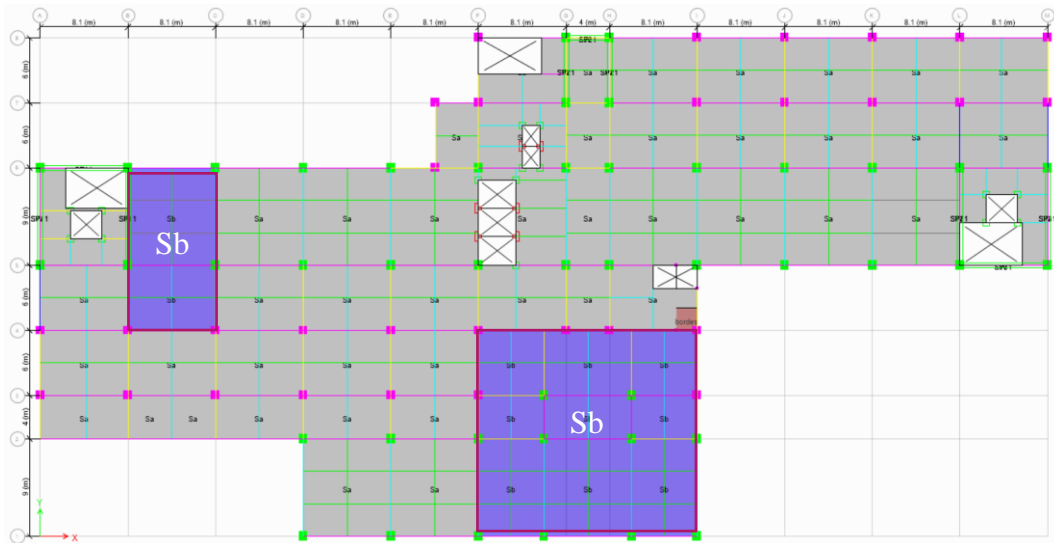
Gambar 5.2 Pemodelan Denah Balok Lantai 1

## 2. Pelat

Terdapat dua tipe pelat beton yang dibedakan berdasarkan ketebalannya yang disajikan pada Tabel 5.3. Pelat dengan ketebalan 130 mm diberi kode Sa digunakan pada lantai 1 hingga atap (*roof deck*). Pelat Sb dengan ketebalan 150 mm digunakan pada beberapa area tertentu, salah satunya terdapat di lantai 1 yang dapat dilihat pada Gambar 5.3

Tabel 5.3 Dimensi Struktur Pelat

| Dimensi Pelat |            |
|---------------|------------|
| Kode Pelat    | Tebal (mm) |
| Sa            | 130        |
| Sb            | 150        |



**Gambar 5.3 Pemodelan Denah Pelat Lantai 1**

### 3. Kolom

Tipe kolom dibedakan berdasarkan dimensinya yang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Kolom KL dan KL1 merupakan jenis kolom L yang digunakan pada *lift*, sedangkan kolom KT adalah jenis kolom T berfungsi sebagai struktur vertikal tangga. Denah kolom dapat dilihat pada Lampiran 2.

**Tabel 5.4 Dimensi Struktur Kolom**

| Kode Kolom | Dimensi (mm)    |
|------------|-----------------|
| K1A        | 800 × 900       |
| K1         | 800 × 900       |
| K2A        | 800 × 800       |
| K2         | 800 × 800       |
| K3         | 750 × 800       |
| K4         | 700 × 700       |
| KL         | 300 × 600       |
| KL1        | 300 × 600 × 900 |
| KT         | 300 × 300       |

### 4. Dinding Geser

Terdapat tiga titik penempatan dinding geser yang dapat dilihat Gambar 5.4 dengan ketebalan 450 mm tipikal menerus hingga *roof deck*.



**Gambar 5.4 Denah Dinding Geser Tipikal Lantai 1-7**

### 5.1.3 Mutu Beton dan Baja

Mutu beton yang digunakan struktur Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito memiliki kuat tekan rencana ( $f'_c$ ) sebesar 35 MPa. Material baja tulangan terdiri dari dua jenis, yaitu baja tulangan ulir (BJTS) tegangan leleh ( $f'_y$ ) sebesar 420 MPa dan baja tulangan polos (BJTP) sebesar 280 MPa. Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) diambil 200.000 MPa, sesuai dengan nilai tipikal baja tulangan dalam perencanaan beton bertulang.

## 5.2 Pembebanan Struktur

Penentuan beban ini berdasarkan SNI 1727:2020 mencakup beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa.

### 5.2.1 Klasifikasi Ruang

Gedung RSUP Dr. Sardjito Ibu dan Anak memiliki fungsi ruangan yang berbeda dalam satu lantai dan lantai yang berbeda. Berikut merupakan klasifikasi ruang berdasarkan *As built drawing* dilihat pada Tabel 5.5

**Tabel 5.5 Klasifikasi Ruang**

| No | Fungsi Ruang                | No | Fungsi Ruang             |
|----|-----------------------------|----|--------------------------|
| 1  | Lobi                        | 8  | Ruang Rawat Inap         |
| 2  | Koridor atas lantai pertama | 9  | Ruang Utilitas           |
| 3  | Laboratorium                | 10 | Ruang Perawatan Intensif |
| 4  | Ruang Operasi               | 11 | Ruang Observasi Medis    |
| 5  | Administrasi                | 12 | Toilet                   |
| 6  | Klinik                      | 13 | Dak Akses Pemeliharaan   |
| 7  | Ruang Tenaga Medis          | 14 | Atap                     |

### 5.2.2 Beban Mati

Beban mati atau berat sendiri elemen struktur bersifat permanen perlu diperhitungkan untuk mengetahui massa suatu bangunan. Beban mati elemen struktur yang perlu diperhitungkan meliputi, berat sendiri pelat lantai, pelat atap, balok, kolom, dinding, dan *shearwall*.

#### 5.2.2.1 Beban Pelat

##### 1. Pelat Lantai Sa

Berikut contoh perhitungan pelat lantai Sa di lantai 1

$$L_y = 9 \text{ m}$$

$$L_x = 8,1 \text{ m}$$

$$H = 0,13 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 12 \text{ unit}$$

$$\text{Massa Total} = L_y \times L_x \times h \times \text{Densitas} \times n$$

$$= 9 \times 8,1 \times 0,13 \times 2400 \times 12$$

$$= 272937,6 \text{ kg}$$

##### 2. Pelat Lantai Sb

Untuk contoh perhitungan pelat lantai Sb di lantai 1 dapat dilihat pada hitungan berikut

$$L_y = 4 \text{ m}$$

$$L_x = 6,05 \text{ m}$$

$$H = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 1 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L_y \times L_x \times h \times \text{Densitas} \times n \\ &= 4 \times 6,05 \times 0,15 \times 2400 \times 1 \\ &= 8712 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pelat lantai pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.6 hingga Tabel 5.13

**Tabel 5.6 Rekapitulasi Pelat Lantai 1**

| Kode Pelat | $L_y$ (mm) | $L_x$ (mm) | $h$ (mm) | $V$ (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | $n$ (unit) | $M$ (kg)   |
|------------|------------|------------|----------|-----------------------|-------------------------------|------------|------------|
| Sa         | 4000       | 8100       | 130      | 4,212                 | 2400                          | 5          | 50544,000  |
| Sa         | 9000       | 8100       | 130      | 9,477                 | 2400                          | 12         | 272937,600 |
| Sa         | 6000       | 8100       | 130      | 6,318                 | 2400                          | 22         | 333590,400 |
| Sa         | 6000       | 4000       | 130      | 3,120                 | 2400                          | 3          | 22464,000  |
| Sa         | 9000       | 4000       | 130      | 4,680                 | 2400                          | 1          | 11232,000  |
| Sa         | 6000       | 4050       | 130      | 3,159                 | 2400                          | 1          | 7581,600   |
| Sb         | 9000       | 6050       | 150      | 8,168                 | 2400                          | 2          | 39204,000  |
| Sb         | 9000       | 8100       | 150      | 10,935                | 2400                          | 1          | 26244,000  |
| Sb         | 4000       | 8100       | 150      | 4,860                 | 2400                          | 1          | 11664,000  |
| Sb         | 4000       | 6050       | 150      | 3,630                 | 2400                          | 1          | 8712,000   |
| Sb         | 6000       | 6050       | 150      | 5,445                 | 2400                          | 3          | 39204,000  |
| Sb         | 6000       | 8100       | 150      | 7,290                 | 2400                          | 4          | 69984,000  |
| (-) Sa     | 3925       | 8100       | 130      | -4,133                | 2400                          | 1          | -9919,260  |
| (-) Sa     | 2600       | 3350       | 130      | -1,132                | 2400                          | 1          | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3500       | 8100       | 130      | -3,686                | 2400                          | 1          | -8845,200  |
| (-) Sa     | 1900       | 1600       | 130      | -0,395                | 2400                          | 1          | -948,480   |
| (-) Sa     | 1950       | 1600       | 130      | -0,406                | 2400                          | 1          | -973,440   |
| (-) Sa     | 2600       | 3450       | 130      | -1,166                | 2400                          | 2          | -5597,280  |
| (-) Sa     | 2650       | 3450       | 130      | -1,189                | 2400                          | 1          | -2852,460  |
| (-) Sa     | 2600       | 3350       | 130      | -1,132                | 2400                          | 1          | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3925       | 8100       | 130      | -4,133                | 2400                          | 1          | -9919,260  |
| (-) Sa     | 6000       | 4000       | 130      | -3,120                | 2400                          | 1          | -7488,000  |
| Total      |            |            |          |                       |                               |            | 841383,18  |

**Tabel 5.7 Rekapitulasi Pelat Lantai 2**

| Kode Pelat | $L_y$ (mm) | $L_x$ (mm) | $h$ (mm) | $V$ (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | $n$ (unit) | $M$ (kg)  |
|------------|------------|------------|----------|-----------------------|-------------------------------|------------|-----------|
| Sa         | 4000       | 8100       | 130      | 4,212                 | 2400                          | 5          | 50544,000 |
| Sa         | 9000       | 8100       | 130      | 9,477                 | 2400                          | 13         | 295682,40 |
| Sa         | 6000       | 8100       | 130      | 6,318                 | 2400                          | 24         | 363916,80 |
| Sa         | 6000       | 4000       | 130      | 3,120                 | 2400                          | 3          | 22464,000 |
| Sa         | 9000       | 4000       | 130      | 4,680                 | 2400                          | 1          | 11232,000 |
| Sa         | 6000       | 4050       | 130      | 3,159                 | 2400                          | 1          | 7581,600  |

**Lanjutan Tabel 5.7 Rekapitulasi Pelat Lantai 2**

| Kode Pelat | Ly (mm)  | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|----------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Sa         | 3250     | 8100    | 130    | 3,422               | 2400                          | 1        | 8213,400  |
| Sa         | 3250     | 6050    | 130    | 2,556               | 2400                          | 1        | 6134,700  |
| Sa         | 860      | 4000    | 130    | 0,447               | 2400                          | 1        | 1073,280  |
| Sa         | 67617503 |         | 130    | 8,790               | 2400                          | 1        | 21096,661 |
| Sa         | 9000     | 1200    | 130    | 1,404               | 2400                          | 2        | 6739,200  |
| Sa         | 4000     | 1200    | 130    | 0,624               | 2400                          | 1        | 1497,600  |
| Sa         | 6000     | 1200    | 130    | 0,936               | 2400                          | 2        | 4492,800  |
| Sa         | 1300     | 8100    | 130    | 1,369               | 2400                          | 2        | 6570,720  |
| Sa         | 1300     | 1200    | 130    | 0,203               | 2400                          | 1        | 486,720   |
| (-) Sa     | 3925     | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260 |
| (-) Sa     | 2600     | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520 |
| (-) Sa     | 3500     | 8100    | 130    | -3,686              | 2400                          | 1        | -8845,200 |
| (-) Sa     | 1900     | 1600    | 130    | -0,395              | 2400                          | 1        | -948,480  |
| (-) Sa     | 1950     | 1600    | 130    | -0,406              | 2400                          | 1        | -973,440  |
| (-) Sa     | 2600     | 3450    | 130    | -1,166              | 2400                          | 2        | -5597,280 |
| (-) Sa     | 2650     | 3450    | 130    | -1,189              | 2400                          | 1        | -2852,460 |
| (-) Sa     | 2600     | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520 |
| (-) Sa     | 3925     | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260 |
| Total      |          |         |        |                     |                               |          | 763235,46 |

**Tabel 5.8 Rekapitulasi Pelat Lantai 3**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Sa         | 4000    | 8100    | 130    | 4,212               | 2400                          | 5        | 50544,000 |
| Sa         | 9000    | 8100    | 130    | 9,477               | 2400                          | 12       | 272937,60 |
| Sa         | 6000    | 8100    | 130    | 6,318               | 2400                          | 22       | 333590,40 |
| Sa         | 6000    | 4000    | 130    | 3,120               | 2400                          | 3        | 22464,000 |
| Sa         | 9000    | 4000    | 130    | 4,680               | 2400                          | 1        | 11232,000 |
| Sa         | 6000    | 4050    | 130    | 3,159               | 2400                          | 1        | 7581,600  |
| Sa         | 9000    | 6050    | 150    | 8,168               | 2400                          | 2        | 39204,000 |
| Sa         | 9000    | 8100    | 150    | 10,935              | 2400                          | 1        | 26244,000 |
| Sa         | 4000    | 8100    | 150    | 4,860               | 2400                          | 1        | 11664,000 |
| Sa         | 4000    | 6050    | 150    | 3,630               | 2400                          | 1        | 8712,000  |
| Sa         | 6000    | 6050    | 150    | 5,445               | 2400                          | 3        | 39204,000 |
| Sa         | 6000    | 8100    | 150    | 7,290               | 2400                          | 4        | 69984,000 |
| Sa         | 9000    | 1200    | 130    | 1,404               | 2400                          | 2        | 6739,200  |
| Sa         | 4000    | 1200    | 130    | 0,624               | 2400                          | 2        | 2995,200  |
| Sa         | 6000    | 1200    | 130    | 0,936               | 2400                          | 2        | 4492,800  |
| Sa         | 1300    | 8100    | 130    | 1,369               | 2400                          | 18       | 59136,480 |
| Sa         | 1300    | 1200    | 130    | 0,203               | 2400                          | 3        | 1460,160  |
| Sa         | 1300    | 6050    | 130    | 1,022               | 2400                          | 2        | 4907,760  |
| Sa         | 1300    | 4000    | 130    | 0,676               | 2400                          | 1        | 1622,400  |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260 |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520 |
| (-) Sa     | 3500    | 8100    | 130    | -3,686              | 2400                          | 1        | -8845,200 |
| (-) Sa     | 1900    | 1600    | 130    | -0,395              | 2400                          | 1        | -948,480  |
| (-) Sa     | 1950    | 1600    | 130    | -0,406              | 2400                          | 1        | -973,440  |
| (-) Sa     | 2600    | 3450    | 130    | -1,166              | 2400                          | 2        | -5597,280 |

**Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Pelat Lantai 3**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| (-) Sa     | 2650    | 3450    | 130    | -1,189              | 2400                          | 1        | -2852,460 |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520 |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260 |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 930225,18 |

**Tabel 5.9 Rekapitulasi Pelat Lantai 4**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| Sa         | 6000    | 6050    | 130    | 4,719               | 2400                          | 1        | 11325,600  |
| Sa         | 9000    | 8100    | 130    | 9,477               | 2400                          | 11       | 250192,800 |
| Sa         | 6000    | 8100    | 130    | 6,318               | 2400                          | 23       | 348753,600 |
| Sa         | 6000    | 4000    | 130    | 3,120               | 2400                          | 3        | 22464,000  |
| Sa         | 9000    | 4000    | 130    | 4,680               | 2400                          | 1        | 11232,000  |
| Sa         | 6000    | 4050    | 130    | 3,159               | 2400                          | 1        | 7581,600   |
| Sa         | 6000    | 2050    | 130    | 1,599               | 2400                          | 1        | 3837,600   |
| Sa         | 1300    | 8100    | 130    | 1,369               | 2400                          | 15       | 49280,400  |
| Sa         | 1300    | 1200    | 130    | 0,203               | 2400                          | 1        | 486,720    |
| Sa         | 1300    | 4000    | 130    | 0,676               | 2400                          | 1        | 1622,400   |
| Sb         | 9000    | 6050    | 150    | 8,168               | 2400                          | 2        | 39204,000  |
| Sb         | 9000    | 8100    | 150    | 10,935              | 2400                          | 3        | 78732,000  |
| Sb         | 4000    | 8100    | 150    | 4,860               | 2400                          | 3        | 34992,000  |
| Sb         | 4000    | 6050    | 150    | 3,630               | 2400                          | 2        | 17424,000  |
| Sb         | 6000    | 6050    | 150    | 5,445               | 2400                          | 1        | 13068,000  |
| Sb         | 6000    | 8100    | 150    | 7,290               | 2400                          | 4        | 69984,000  |
| Sb         | 6000    | 6250    | 150    | 5,625               | 2400                          | 1        | 13500,000  |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260  |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3500    | 8100    | 130    | -3,686              | 2400                          | 1        | -8845,200  |
| (-) Sa     | 1900    | 1600    | 130    | -0,395              | 2400                          | 1        | -948,480   |
| (-) Sa     | 1950    | 1600    | 130    | -0,406              | 2400                          | 1        | -973,440   |
| (-) Sa     | 2600    | 3450    | 130    | -1,166              | 2400                          | 2        | -5597,280  |
| (-) Sa     | 2650    | 3450    | 130    | -1,189              | 2400                          | 1        | -2852,460  |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260  |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 929190,30  |

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Pelat Lantai 5**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| Sa         | 6000    | 6050    | 130    | 4,719               | 2400                          | 1        | 11325,600  |
| Sa         | 9000    | 8100    | 130    | 9,477               | 2400                          | 11       | 250192,800 |
| Sa         | 6000    | 8100    | 130    | 6,318               | 2400                          | 23       | 348753,600 |
| Sa         | 6000    | 4000    | 130    | 3,120               | 2400                          | 3        | 22464,000  |
| Sa         | 9000    | 4000    | 130    | 4,680               | 2400                          | 1        | 11232,000  |
| Sa         | 6000    | 4050    | 130    | 3,159               | 2400                          | 1        | 7581,600   |
| Sa         | 6000    | 2050    | 130    | 1,599               | 2400                          | 1        | 3837,600   |
| Sa         | 1300    | 8100    | 130    | 1,369               | 2400                          | 19       | 62421,840  |

**Lanjutan Tabel 5.10 Rekapitulasi Pelat Lantai 5**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Sa         | 1300    | 1200    | 130    | 0,203               | 2400                          | 2        | 973,440   |
| Sa         | 1300    | 4000    | 130    | 0,676               | 2400                          | 1        | 1622,400  |
| Sa         | 1300    | 4050    | 130    | 0,684               | 2400                          | 1        | 1642,680  |
| Sa         | 6000    | 1200    | 130    | 0,936               | 2400                          | 2        | 4492,800  |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260 |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520 |
| (-) Sa     | 3500    | 8100    | 130    | -3,686              | 2400                          | 1        | -8845,200 |
| (-) Sa     | 1900    | 1600    | 130    | -0,395              | 2400                          | 1        | -948,480  |
| (-) Sa     | 1950    | 1600    | 130    | -0,406              | 2400                          | 1        | -973,440  |
| (-) Sa     | 2600    | 3450    | 130    | -1,166              | 2400                          | 2        | -5597,280 |
| (-) Sa     | 2650    | 3450    | 130    | -1,189              | 2400                          | 1        | -2852,460 |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520 |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260 |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 682049,94 |

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Pelat Lantai 6**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| Sa         | 6000    | 6050    | 130    | 4,719               | 2400                          | 1        | 11325,600  |
| Sa         | 9000    | 8100    | 130    | 9,477               | 2400                          | 11       | 250192,800 |
| Sa         | 6000    | 8100    | 130    | 6,318               | 2400                          | 21       | 318427,200 |
| Sa         | 6000    | 4000    | 130    | 3,120               | 2400                          | 3        | 22464,000  |
| Sa         | 9000    | 4000    | 130    | 4,680               | 2400                          | 1        | 11232,000  |
| Sa         | 6000    | 4050    | 130    | 3,159               | 2400                          | 1        | 7581,600   |
| Sa         | 6000    | 2050    | 130    | 1,599               | 2400                          | 1        | 3837,600   |
| Sa         | 1300    | 8100    | 130    | 1,369               | 2400                          | 17       | 55851,120  |
| Sa         | 1300    | 1200    | 130    | 0,203               | 2400                          | 2        | 973,440    |
| Sa         | 1300    | 4000    | 130    | 0,676               | 2400                          | 1        | 1622,400   |
| Sa         | 1300    | 4050    | 130    | 0,684               | 2400                          | 1        | 1642,680   |
| Sa         | 6000    | 1200    | 130    | 0,936               | 2400                          | 2        | 4492,800   |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260  |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3500    | 8100    | 130    | -3,686              | 2400                          | 1        | -8845,200  |
| (-) Sa     | 1900    | 1600    | 130    | -0,395              | 2400                          | 1        | -948,480   |
| (-) Sa     | 1950    | 1600    | 130    | -0,406              | 2400                          | 1        | -973,440   |
| (-) Sa     | 2600    | 3450    | 130    | -1,166              | 2400                          | 2        | -5597,280  |
| (-) Sa     | 2650    | 3450    | 130    | -1,189              | 2400                          | 1        | -2852,460  |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260  |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 645152,820 |

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelat Lantai 7 & Roof Deck**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| Sa         | 6000    | 6050    | 130    | 4,719               | 2400                          | 1        | 11325,600  |
| Sa         | 9000    | 8100    | 130    | 9,477               | 2400                          | 11       | 250192,800 |
| Sa         | 6000    | 8100    | 130    | 6,318               | 2400                          | 23       | 348753,600 |

**Lanjutan Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelat Lantai 7 & Roof Deck**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| Sa         | 1300    | 8100    | 130    | 1,369               | 2400                          | 19       | 62421,840  |
| Sa         | 1300    | 1200    | 130    | 0,203               | 2400                          | 2        | 973,440    |
| Sa         | 1300    | 4000    | 130    | 0,676               | 2400                          | 1        | 1622,400   |
| Sa         | 1300    | 4050    | 130    | 0,684               | 2400                          | 1        | 1642,680   |
| Sa         | 6000    | 1200    | 130    | 0,936               | 2400                          | 2        | 4492,800   |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260  |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3500    | 8100    | 130    | -3,686              | 2400                          | 1        | -8845,200  |
| (-) Sa     | 1900    | 1600    | 130    | -0,395              | 2400                          | 1        | -948,480   |
| (-) Sa     | 1950    | 1600    | 130    | -0,406              | 2400                          | 1        | -973,440   |
| (-) Sa     | 2600    | 3450    | 130    | -1,166              | 2400                          | 2        | -5597,280  |
| (-) Sa     | 2650    | 3450    | 130    | -1,189              | 2400                          | 1        | -2852,460  |
| (-) Sa     | 2600    | 3350    | 130    | -1,132              | 2400                          | 1        | -2717,520  |
| (-) Sa     | 3925    | 8100    | 130    | -4,133              | 2400                          | 1        | -9919,260  |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 682049,940 |

**Tabel 5.13 Rekapitulasi Pelat Atap**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| Sa         | 9000    | 8100    | 130    | 9,477               | 2400                          | 3        | 68234,400  |
| Sa         | 6000    | 8100    | 130    | 6,318               | 2400                          | 2        | 30326,400  |
| Sa         | 6000    | 4000    | 130    | 3,120               | 2400                          | 2        | 14976,000  |
| Sa         | 9000    | 4000    | 130    | 4,680               | 2400                          | 1        | 11232,000  |
| Sa         | 6000    | 4050    | 130    | 3,159               | 2400                          | 1        | 7581,600   |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 132350,400 |

#### 5.2.2.2 Beban Balok

Perhitungan beban balok dilakukan pada balok pada lantai 1 sebagai contoh dapat dilihat sebagai berikut

##### 1. Balok B1

$$L = 9 \text{ m}$$

$$B = 0,9 \text{ m}$$

$$H = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 15 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Densitas} \times n \\ &= 9 \times 0,5 \times 0,9 \times 2400 \times 15 \\ &= 145800 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Balok B2

$$L = 8,1 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$H = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 55 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 9 \times 0,8 \times 0,4 \times 2400 \times 55 \\ &= 342144 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 3. Balok B3

$$L = 6 \text{ m}$$

$$B = 0,6 \text{ m}$$

$$H = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 10 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 6 \times 0,6 \times 0,3 \times 2400 \times 10 \\ &= 17280 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 4. Balok B4

$$L = 8,1 \text{ m}$$

$$B = 0,7 \text{ m}$$

$$H = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 4 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 8,1 \times 0,7 \times 0,4 \times 2400 \times 4 \\ &= 38102,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 5. Balok B5

$$L = 6 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Densitas} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 4 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\
 &= 6 \times 0,8 \times 0,5 \times 2400 \times 4 \\
 &= 23040 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 6. Balok BA1

$$\begin{aligned}
 L &= 8,1 \text{ m} \\
 B &= 0,6 \text{ m} \\
 H &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Densitas} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 44 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\
 &= 8,1 \times 0,6 \times 0,3 \times 2400 \times 43 \\
 &= 153964,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 7. Balok BA2

$$\begin{aligned}
 L &= 6 \text{ m} \\
 B &= 0,5 \text{ m} \\
 H &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Densitas} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 27 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\
 &= 6 \times 0,5 \times 0,3 \times 2400 \times 27 \\
 &= 58320 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan balok pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.14 hingga Tabel 5.22

**Tabel 5.14 Rekapitulasi Balok Lantai 1**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 15       | 145800,0 |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 55       | 342144,0 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 4        | 12288,0  |

**Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Balok Lantai 1**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B2         | 800     | 400     | 6050   | 1,936               | 2400                          | 3        | 13939,2  |
| B2         | 800     | 400     | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B3         | 600     | 300     | 4000   | 0,720               | 2400                          | 10       | 17280,0  |
| B3         | 600     | 300     | 6000   | 1,080               | 2400                          | 31       | 80352,0  |
| B3         | 600     | 300     | 6050   | 1,089               | 2400                          | 3        | 7840,8   |
| B3         | 600     | 300     | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600     | 300     | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700     | 700     | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800     | 500     | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |
| BA1        | 600     | 300     | 9000   | 1,620               | 2400                          | 13       | 50544,0  |
| BA1        | 600     | 300     | 8100   | 1,458               | 2400                          | 44       | 153964,8 |
| BA1        | 600     | 300     | 6050   | 1,089               | 2400                          | 5        | 13068,0  |
| BA1        | 600     | 300     | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600     | 300     | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA2        | 500     | 300     | 4000   | 0,600               | 2400                          | 8        | 11520,0  |
| BA2        | 500     | 300     | 6000   | 0,900               | 2400                          | 27       | 58320,0  |
| BA2        | 500     | 300     | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 8100   | 1,215               | 2400                          | 4        | 11664,0  |
| BA2        | 500     | 300     | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 4100   | 0,615               | 2400                          | 1        | 1476,0   |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 1048576  |

**Tabel 5.15 Rekapitulasi Balok Lantai 2**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 13       | 126360,0 |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 48       | 298598,4 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 7        | 21504,00 |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,00 |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,60 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,000 |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,400 |
| B2         | 800    | 400    | 3250   | 1,040               | 2400                          | 4        | 9984,000 |
| B2         | 800    | 400    | 2333   | 0,747               | 2400                          | 1        | 1791,744 |
| B2         | 800    | 400    | 3820   | 1,222               | 2400                          | 1        | 2933,760 |
| B2         | 800    | 400    | 6050   | 1,936               | 2400                          | 1        | 4646,400 |
| B3         | 600    | 300    | 860    | 0,155               | 2400                          | 2        | 743,040  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 27       | 69984,00 |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,000 |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,000 |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 1        | 1728,000 |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 1        | 3499,200 |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,400 |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,40 |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,00 |

**Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Balok Lantai 2**

| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | h (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| BA1        | 600     | 300     | 9000   | 1,620               | 2400                          | 10       | 38880,00 |
| BA1        | 600     | 300     | 8100   | 1,458               | 2400                          | 38       | 132969,6 |
| BA1        | 600     | 300     | 8100   | 1,458               | 2400                          | 1        | 3499,200 |
| BA1        | 600     | 300     | 6050   | 1,089               | 2400                          | 1        | 2613,600 |
| BA1        | 600     | 300     | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,600 |
| BA1        | 600     | 300     | 4000   | 0,720               | 2400                          | 6        | 10368,00 |
| BA1        | 600     | 300     | 4935   | 0,888               | 2400                          | 1        | 2131,920 |
| BA1        | 600     | 300     | 2500   | 0,450               | 2400                          | 1        | 1080,000 |
| BA1        | 600     | 300     | 1220   | 0,220               | 2400                          | 1        | 527,040  |
| BA1        | 600     | 300     | 2300   | 0,414               | 2400                          | 1        | 993,600  |
| BA2        | 500     | 300     | 4000   | 0,600               | 2400                          | 22       | 31680,00 |
| BA2        | 500     | 300     | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 8100   | 1,215               | 2400                          | 4        | 11664,0  |
| BA2        | 500     | 300     | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| B2A        | 900     | 400     | 8100   | 2,916               | 2400                          | 2        | 13996,8  |
| B2A        | 900     | 400     | 6050   | 2,178               | 2400                          | 2        | 10454,4  |
| BA1        | 600     | 300     | 1200   | 0,216               | 2400                          | 6        | 3110,4   |
| BA1        | 600     | 300     | 1300   | 0,234               | 2400                          | 1        | 561,6    |
| BA2        | 500     | 300     | 1200   | 0,180               | 2400                          | 2        | 864,0    |
| BA2        | 500     | 300     | 9000   | 1,350               | 2400                          | 2        | 6480,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA2        | 500     | 300     | 1300   | 0,195               | 2400                          | 1        | 468,0    |
| BA2        | 500     | 300     | 8100   | 1,215               | 2400                          | 1        | 2916,0   |
| B2         | 800     | 400     | 1200   | 0,384               | 2400                          | 4        | 3686,4   |
| B2         | 800     | 400     | 1300   | 0,416               | 2400                          | 2        | 1996,8   |
| Total      |         |         |        |                     |                               |          | 984095,1 |

**Tabel 5.16 Rekapitulasi Balok Lantai 3**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 13       | 126360,0 |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 49       | 304819,2 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 1        | 3072,0   |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,0   |
| B2         | 800    | 400    | 6050   | 1,936               | 2400                          | 3        | 13939,2  |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 29       | 75168,0  |
| B3         | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 3        | 7840,8   |
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |

**Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Balok Lantai 3**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1A        | 1100   | 600    | 13000  | 8,580               | 2400                          | 2        | 41184,0  |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,6  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 13       | 50544,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 43       | 150465,6 |
| BA1        | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 6        | 15681,6  |
| BA1        | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 5        | 7200,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 1        | 2916,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 25       | 54000,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 3        | 10497,6  |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 1200   | 0,216               | 2400                          | 7        | 3628,8   |
| BA1        | 600    | 300    | 1300   | 0,234               | 2400                          | 8        | 4492,8   |
| BA2        | 500    | 300    | 1200   | 0,180               | 2400                          | 4        | 1728,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 2        | 6480,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 2        | 2880,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 3        | 6480,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 1300   | 0,195               | 2400                          | 15       | 7020,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6050   | 0,908               | 2400                          | 2        | 4356,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 18       | 52488,0  |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0   |
| B2         | 800    | 400    | 1200   | 0,384               | 2400                          | 6        | 5529,6   |
| B2         | 800    | 400    | 1300   | 0,416               | 2400                          | 24       | 23961,6  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 1164128  |

**Tabel 5.17 Rekapitulasi Balok Lantai 4**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 13       | 126360,0 |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 49       | 304819,2 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 1        | 3072,0   |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,0   |
| B2         | 800    | 400    | 6050   | 1,936               | 2400                          | 3        | 13939,2  |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 29       | 75168,0  |

**Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Balok Lantai 4**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B3         | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 3        | 7840,8   |
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |
| B1A        | 1100   | 600    | 13000  | 8,580               | 2400                          | 2        | 41184,0  |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,6  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 1        | 1728,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 13       | 50544,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 43       | 150465,6 |
| BA1        | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 6        | 15681,6  |
| BA1        | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 1        | 2916,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 5        | 7200,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 25       | 54000,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 3        | 10497,6  |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 1300   | 0,234               | 2400                          | 3        | 1684,8   |
| BA2        | 500    | 300    | 1300   | 0,195               | 2400                          | 12       | 5616,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 1        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 15       | 43740,0  |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0   |
| B2         | 800    | 400    | 1200   | 0,384               | 2400                          | 1        | 921,6    |
| B2         | 800    | 400    | 1300   | 0,416               | 2400                          | 15       | 14976,0  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 1114182  |

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Balok Lantai 5**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 9        | 87480,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 42       | 261273,6 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,0   |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B2         | 800    | 400    | 2050   | 0,656               | 2400                          | 1        | 1574,4   |
| B2         | 800    | 400    | 6000   | 1,920               | 2400                          | 1        | 4608,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 3        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 26       | 67392,0  |

**Lanjutan Tabel 5.18 Rekapitulasi Balok Lantai 5**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,6  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 1        | 1728,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 8        | 31104,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 36       | 125971,2 |
| BA1        | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 1        | 2613,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 2050   | 0,369               | 2400                          | 1        | 885,6    |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 22       | 47520,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 3        | 10497,6  |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 1300   | 0,234               | 2400                          | 4        | 2246,4   |
| BA1        | 600    | 300    | 1200   | 0,216               | 2400                          | 2        | 1036,8   |
| BA2        | 500    | 300    | 1200   | 0,180               | 2400                          | 1        | 432,0    |
| BA2        | 500    | 300    | 1300   | 0,195               | 2400                          | 16       | 7488,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 19       | 55404,0  |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0   |
| B2         | 800    | 400    | 1200   | 0,384               | 2400                          | 2        | 1843,2   |
| B2         | 800    | 400    | 1300   | 0,416               | 2400                          | 24       | 23961,6  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 915591,6 |

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Balok Lantai 6**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 9        | 87480,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 40       | 248832,0 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,0   |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B2         | 800    | 400    | 2050   | 0,656               | 2400                          | 1        | 1574,4   |
| B2         | 800    | 400    | 6000   | 1,920               | 2400                          | 1        | 4608,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 3        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 26       | 67392,0  |

**Lanjutan Tabel 5.19 Rekapitulasi Balok Lantai 6**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,6  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 1        | 1728,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 8        | 31104,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 34       | 118972,8 |
| BA1        | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 1        | 2613,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 2050   | 0,369               | 2400                          | 1        | 885,6    |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 20       | 43200,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 3        | 10497,6  |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 1300   | 0,234               | 2400                          | 4        | 2246,4   |
| BA1        | 600    | 300    | 1200   | 0,216               | 2400                          | 2        | 1036,8   |
| BA2        | 500    | 300    | 1200   | 0,180               | 2400                          | 1        | 432,0    |
| BA2        | 500    | 300    | 1300   | 0,195               | 2400                          | 14       | 6552,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 17       | 49572,0  |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0   |
| B2         | 800    | 400    | 1200   | 0,384               | 2400                          | 2        | 1843,2   |
| B2         | 800    | 400    | 1300   | 0,416               | 2400                          | 24       | 23961,6  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 885063,6 |

**Tabel 5.20 Rekapitulasi Balok Lantai 7**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 9        | 87480,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 42       | 261273,6 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,0   |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B2         | 800    | 400    | 2050   | 0,656               | 2400                          | 1        | 1574,4   |
| B2         | 800    | 400    | 6000   | 1,920               | 2400                          | 1        | 4608,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 3        | 5184,0   |

**Lanjutan Tabel 5.20 Rekapitulasi Balok Lantai 7**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 26       | 67392,0  |
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,6  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 1        | 1728,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 8        | 31104,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 36       | 125971,2 |
| BA1        | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 1        | 2613,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 2050   | 0,369               | 2400                          | 1        | 885,6    |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 22       | 47520,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 3        | 10497,6  |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 1300   | 0,234               | 2400                          | 4        | 2246,4   |
| BA1        | 600    | 300    | 1200   | 0,216               | 2400                          | 2        | 1036,8   |
| BA2        | 500    | 300    | 1200   | 0,180               | 2400                          | 1        | 432,0    |
| BA2        | 500    | 300    | 1300   | 0,195               | 2400                          | 16       | 7488,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 19       | 55404,0  |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0   |
| B2         | 800    | 400    | 1200   | 0,384               | 2400                          | 2        | 1843,2   |
| B2         | 800    | 400    | 1300   | 0,416               | 2400                          | 24       | 23961,6  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 915591,6 |

**Tabel 5.21 Rekapitulasi Balok Lantai *Roof Deck***

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B1         | 900    | 500    | 9000   | 4,050               | 2400                          | 9        | 87480,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 42       | 261273,6 |
| B2         | 800    | 400    | 4000   | 1,280               | 2400                          | 2        | 6144,0   |
| B2         | 800    | 400    | 4050   | 1,296               | 2400                          | 1        | 3110,4   |
| B2         | 800    | 400    | 2050   | 0,656               | 2400                          | 1        | 1574,4   |
| B2         | 800    | 400    | 6000   | 1,920               | 2400                          | 1        | 4608,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 3        | 5184,0   |

**Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Balok Lantai Roof Deck**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 26       | 67392,0  |
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2   |
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 2        | 6998,4   |
| B4         | 700    | 700    | 8100   | 3,969               | 2400                          | 4        | 38102,4  |
| B5         | 800    | 500    | 6000   | 2,400               | 2400                          | 4        | 23040,0  |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,0  |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,6  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 2        | 5184,0   |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 1        | 1728,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 8        | 31104,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 36       | 125971,2 |
| BA1        | 600    | 300    | 6050   | 1,089               | 2400                          | 1        | 2613,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 5        | 8640,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 1        | 1749,6   |
| BA1        | 600    | 300    | 2050   | 0,369               | 2400                          | 1        | 885,6    |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 22       | 47520,0  |
| BA1        | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 3        | 10497,6  |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 1        | 3240,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5225   | 0,784               | 2400                          | 2        | 3762,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3775   | 0,566               | 2400                          | 1        | 1359,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3000   | 0,450               | 2400                          | 2        | 2160,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 5075   | 0,761               | 2400                          | 2        | 3654,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 3925   | 0,589               | 2400                          | 1        | 1413,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 2        | 5832,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA1        | 600    | 300    | 1300   | 0,234               | 2400                          | 4        | 2246,4   |
| BA1        | 600    | 300    | 1200   | 0,216               | 2400                          | 2        | 1036,8   |
| BA2        | 500    | 300    | 1200   | 0,180               | 2400                          | 1        | 432,0    |
| BA2        | 500    | 300    | 1300   | 0,195               | 2400                          | 16       | 7488,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 2        | 4320,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 19       | 55404,0  |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 1        | 1440,0   |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0   |
| B2         | 800    | 400    | 1200   | 0,384               | 2400                          | 2        | 1843,2   |
| B2         | 800    | 400    | 1300   | 0,416               | 2400                          | 24       | 23961,6  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 915591,6 |

**Tabel 5.22 Rekapitulasi Balok Atap**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)  |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|---------|
| B3         | 600    | 300    | 8100   | 1,458               | 2400                          | 7        | 24494,4 |
| B3         | 600    | 300    | 4000   | 0,720               | 2400                          | 3        | 5184,0  |
| B3         | 600    | 300    | 6000   | 1,080               | 2400                          | 6        | 15552,0 |
| B3         | 600    | 300    | 4050   | 0,729               | 2400                          | 2        | 3499,2  |
| B3         | 600    | 300    | 9000   | 1,620               | 2400                          | 1        | 3888,0  |
| B3b        | 730    | 300    | 9000   | 1,971               | 2400                          | 1        | 4730,4  |

**Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Balok Atap**

| Kode Balok | H (mm) | B (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)         |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------------|
| B3         | 600    | 300    | 3800   | 0,684               | 2400                          | 1        | 1641,6         |
| B3b        | 730    | 300    | 4300   | 0,942               | 2400                          | 1        | 2260,1         |
| B3b        | 730    | 300    | 6000   | 1,314               | 2400                          | 1        | 3153,6         |
| B2         | 800    | 400    | 8100   | 2,592               | 2400                          | 2        | 12441,60       |
| B2         | 800    | 400    | 9000   | 2,880               | 2400                          | 4        | 27648,00       |
| BA2        | 500    | 300    | 4000   | 0,600               | 2400                          | 2        | 2880,0         |
| BA2        | 500    | 300    | 4050   | 0,608               | 2400                          | 1        | 1458,0         |
| BA2        | 500    | 300    | 6000   | 0,900               | 2400                          | 3        | 6480,0         |
| BA2        | 500    | 300    | 8100   | 1,215               | 2400                          | 8        | 23328,0        |
| BA2        | 500    | 300    | 9000   | 1,350               | 2400                          | 5        | 16200,0        |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 154838,88<br>0 |

### 5.2.2.3 Beban Kolom

Perhitungan beban kolom dilakukan pada kolom pada lantai 3 dan lantai 6 sebagai contoh dapat dilihat sebagai berikut

#### 1. Kolom K1 Lantai 3

$$L = 5 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$H = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 12 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 5 \times 0,8 \times 0,9 \times 2400 \times 12 \\ &= 87091,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 2. Kolom K2 Lantai 3

$$L = 5 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 18 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 5 \times 0,8 \times 0,8 \times 2400 \times 18 \\ &= 116121,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 3. Kolom K3 Lantai 3

$$L = 4,2 \text{ m}$$

$$B = 0,75 \text{ m}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 30 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 4,2 \times 0,75 \times 0,8 \times 2400 \times 30 \\ &= 181440 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 4. Kolom K4 Lantai 6

$$L = 4,2 \text{ m}$$

$$B = 0,7 \text{ m}$$

$$H = 0,7 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 46 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\ &= 4,2 \times 0,7 \times 0,7 \times 2400 \times 46 \\ &= 227203,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan kolom pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.23 Hingga Tabel 5.29

**Tabel 5.23 Rekapitulasi Kolom Lantai LG**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| K1A        | 800    | 900    | 4000   | 2,88                | 2400                          | 32       | 221184    |
| K2A        | 800    | 800    | 4000   | 2,56                | 2400                          | 30       | 184320    |
| KL         | 270000 |        | 4000   | 1,08                | 2400                          | 15       | 38985,17  |
| KL1        | 360000 |        | 4000   | 1,44                | 2400                          | 6        | 20792,091 |
| KT         | 400    | 600    | 4000   | 0,96                | 2400                          | 2        | 4608      |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 469728    |

**Tabel 5.24 Rekapitulasi Kolom Lantai 1**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg) |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|--------|
| K1         | 800    | 900    | 5000   | 3,60                | 2400                          | 33       | 285120 |
| K2         | 800    | 800    | 5000   | 3,20                | 2400                          | 30       | 230400 |
| KL         | 270000 |        | 5000   | 1,35                | 2400                          | 15       | 48600  |
| KL1        | 360000 |        | 5000   | 1,80                | 2400                          | 6        | 25920  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 590040 |

**Tabel 5.25 Rekapitulasi Kolom Lantai 2**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| K1         | 800    | 900    | 4000   | 2,88                | 2400                          | 30       | 207360    |
| K2         | 800    | 800    | 4000   | 2,56                | 2400                          | 30       | 184320    |
| KL         | 270000 |        | 4000   | 1,08                | 2400                          | 15       | 38985,170 |
| KL1        | 360000 |        | 4000   | 1,44                | 2400                          | 6        | 20792,091 |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 451296    |

**Tabel 5.26 Rekapitulasi Kolom Lantai 3**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| K1         | 800    | 900    | 4200   | 3,02                | 2400                          | 12       | 87091,2   |
| K2         | 800    | 800    | 4200   | 2,68                | 2400                          | 18       | 116121,6  |
| K3         | 750    | 800    | 4200   | 2,52                | 2400                          | 30       | 181440,0  |
| KL         | 270000 |        | 4200   | 1,13                | 2400                          | 15       | 40934,429 |
| KL1        | 360000 |        | 4200   | 1,51                | 2400                          | 6        | 21831,695 |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 447249,6  |

**Tabel 5.27 Rekapitulasi Kolom Lantai 4-5**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| K1         | 800    | 900    | 4200   | 3,02                | 2400                          | 1        | 7257,6   |
| K2         | 800    | 800    | 4200   | 2,68                | 2400                          | 18       | 116121,6 |
| K3         | 750    | 800    | 4200   | 2,52                | 2400                          | 28       | 169344,0 |
| KL         | 270000 |        | 4200   | 1,13                | 2400                          | 15       | 40824,0  |
| KL1        | 360000 |        | 4200   | 1,51                | 2400                          | 6        | 21772,8  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 355320   |

**Tabel 5.28 Rekapitulasi Kolom Lantai 6-7**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| K1         | 800    | 900    | 4200   | 3,02                | 2400                          | 1        | 7257,600   |
| K4         | 700    | 700    | 4200   | 2,05                | 2400                          | 46       | 227203,200 |
| KL         | 270000 |        | 4200   | 1,13                | 2400                          | 15       | 40934,429  |
| KL1        | 360000 |        | 4200   | 1,51                | 2400                          | 6        | 21831,695  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 297057,6   |

**Tabel 5.29 Rekapitulasi Kolom Roof Deck**

| Kode Kolom | B (mm) | H (mm) | L (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)     |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|------------|
| K4         | 700    | 700    | 4200   | 2,05                | 2400                          | 9        | 44452,800  |
| KL         | 270000 |        | 4200   | 1,13                | 2400                          | 15       | 40824,000  |
| KL1        | 360000 |        | 4200   | 1,51                | 2400                          | 6        | 21772,800  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 107049,600 |

#### 5.2.2.4 Pelat Tangga dan Bordes

Perhitungan pelat tangga dan bordes dilakukan pada pelat tipe 1 lantai 1 sebagai contoh dapat dilihat sebagai berikut

##### 1. Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 L &= 4,6325 \text{ m} \\
 B &= 1,962 \text{ m} \\
 H &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Densitas} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\
 &= 1,962 \times 4,633 \times 0,15 \times 2400 \times 2 \\
 &= 6545,714 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

##### 2. Pelat Bordes

$$\begin{aligned}
 L &= 1,95 \text{ m} \\
 B &= 1,962 \text{ m} \\
 H &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Densitas} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times B \times H \times \text{Densitas} \times n \\
 &= 1,95 \times 1,962 \times 0,13 \times 2400 \times 1 \\
 &= 1377,675 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pelat tangga dan bordes tipe 1 pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.30 Hingga Tabel 5.34

**Tabel 5.30 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai LG**

| Elemen                    | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga LG           | 1962,5 | 3858,7 | 150    | 1,136               | 2400                          | 2        | 5452,423  |
| Pelat Lantai LG SFL -4,05 | 3925   | 2850   | 130    | 1,454               | 2400                          | 1        | 3490,110  |
| Pelat bordes SFL. -2,050  | 1962,5 | 1950   | 150    | 0,574               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Pelat bordes SFL. -2,050  | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 1        | 1589,625  |
| Total                     |        |        |        |                     |                               |          | 11909,833 |

**Tabel 5.31 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai 1**

| Elemen                    | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga L1           | 1962,5 | 4632,4 | 150    | 1,364               | 2400                          | 2        | 6545,714  |
| Pelat Lantai L1 SFL -0,05 | 1962,5 | 2250   | 130    | 0,574               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Pelat Lantai L1 SFL -0,05 | 1962,5 | 2550   | 130    | 0,651               | 2400                          | 1        | 1561,365  |
| Pelat bordes SFL. +2,450  | 1962,5 | 1950   | 150    | 0,574               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Pelat bordes SFL. +2,450  | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 1        | 1589,625  |
| Total                     |        |        |        |                     |                               |          | 12452,054 |

**Tabel 5.32 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai 2**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga L2         | 1962,5 | 3911,5 | 150    | 1,151               | 2400                          | 2        | 5526,980  |
| Pelat Lantai SFL +4,950 | 1962,5 | 1950   | 130    | 0,497               | 2400                          | 1        | 1193,985  |
| Pelat Lantai SFL +4,950 | 1962,5 | 2850   | 130    | 0,727               | 2400                          | 1        | 1745,055  |
| Pelat bordes SFL. +7,05 | 1962,5 | 1950   | 150    | 0,574               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Pelat bordes SFL. +7,05 | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 1        | 1589,625  |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 11433,320 |

**Tabel 5.33 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Lantai 3-7 Tipikal**

| Elemen                    | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga L3           | 1962,5 | 3911,5 | 150    | 1,151               | 2400                          | 20       | 55269,798 |
| Pelat Lantai SFL +9,15    | 1962,5 | 2550   | 130    | 0,651               | 2400                          | 5        | 7806,825  |
| Pelat Lantai SFL +9,15    | 1962,5 | 2850   | 130    | 0,727               | 2400                          | 5        | 8725,275  |
| Pelat bordes SFL. +11,250 | 1962,5 | 1950   | 150    | 0,574               | 2400                          | 5        | 6888,375  |
| Total                     |        |        |        |                     |                               |          | 86638,398 |

**Tabel 5.34 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 1 Roof Deck**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| Pelat Lantai SFL +30,15 | 3925   | 2550   | 130    | 1,301               | 2400                          | 1        | 3122,730 |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 3122,730 |

Rekapitulasi hasil perhitungan pelat tangga dan bordes tipe 2 pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.35 Hingga Tabel 5.39

**Tabel 5.35 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 LG**

| Elemen                   | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| Pelat Tangga             | 1962,5 | 1494,  | 150    | 0,440               | 2400                          | 1        | 1055,526 |
| Pelat Tangga             | 1962,5 | 3930,4 | 150    | 1,157               | 2400                          | 1        | 2776,844 |
| Pelat bordes SFL -2,185  | 1962,5 | 1950   | 130    | 0,497               | 2400                          | 1        | 1193,985 |
| Pelat bordes SFL. -2,185 | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 1        | 1589,625 |
| Total                    |        |        |        |                     |                               |          | 6615,980 |

**Tabel 5.36 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai 1**

| Elemen                    | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga L1           | 1962,5 | 4632,4 | 150    | 1,364               | 2400                          | 2        | 6545,714  |
| Pelat Lantai L1 SFL -0,05 | 1962,5 | 2250   | 130    | 0,574               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Pelat Lantai L1 SFL -0,05 | 1962,5 | 2550   | 130    | 0,651               | 2400                          | 1        | 1561,365  |
| Pelat bordes SFL. +2,450  | 1962,5 | 1950   | 150    | 0,574               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Pelat bordes SFL. +2,450  | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 1        | 1589,625  |
| Total                     |        |        |        |                     |                               |          | 12452,054 |

**Tabel 5.37 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai 2**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga L2         | 1962,5 | 3911,5 | 150    | 1,151               | 2400                          | 2        | 5526,980  |
| Pelat Lantai SFL +4,950 | 1962,5 | 1950   | 130    | 0,497               | 2400                          | 1        | 1193,985  |
| Pelat Lantai SFL +4,950 | 1962,5 | 2850   | 130    | 0,727               | 2400                          | 1        | 1745,055  |
| Pelat bordes SFL. +7,05 | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 1        | 1377,675  |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 11433,320 |

**Tabel 5.38 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai 3-7 Tipikal**

| Elemen                    | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat Tangga L3           | 1962,5 | 3911,5 | 150    | 1,151               | 2400                          | 20       | 55269,798 |
| Pelat Lantai SFL +9,15    | 1962,5 | 2550   | 130    | 0,651               | 2400                          | 5        | 7806,825  |
| Pelat Lantai SFL +9,15    | 1962,5 | 2850   | 130    | 0,727               | 2400                          | 5        | 8725,275  |
| Pelat bordes SFL. +11,250 | 1962,5 | 1950   | 150    | 0,574               | 2400                          | 5        | 6888,375  |
| Pelat bordes SFL. +11,250 | 1962,5 | 2250   | 150    | 0,662               | 2400                          | 5        | 7948,125  |
| Total                     |        |        |        |                     |                               |          | 86638,398 |

**Tabel 5.39 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 2 Lantai Roof Deck**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| Pelat Lantai SFL +30,15 | 3925   | 2550   | 130    | 1,301               | 2400                          | 1        | 3122,730 |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 3122,730 |

Rekapitulasi hasil perhitungan pelat tangga dan bordes tipe 3 pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.40 Hingga Tabel 5.44

**Tabel 5.40 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai LG**

| Elemen                   | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| Pelat tangga LG 1        | 1750   | 2830,1 | 150    | 0,743               | 2400                          | 2        | 3566,045 |
| Pelat Bordes SFL -2,55   | 2050   | 1900   | 150    | 0,584               | 2400                          | 1        | 1402,200 |
| Pelat bordes SFL. -1,383 | 2150   | 1900   | 150    | 0,613               | 2400                          | 1        | 1470,600 |
| Pelat tangga LG          | 1750   | 2145,2 | 150    | 0,563               | 2400                          | 1        | 1351,477 |
| Pelat tangga LG          | 1750   | 2487,3 | 150    | 0,653               | 2400                          | 1        | 1567,028 |
| Total                    |        |        |        |                     |                               |          | 9357,350 |

**Tabel 5.41 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai 1**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat tangga L1         | 1750   | 4632,4 | 150    | 1,216               | 2400                          | 2        | 5836,942  |
| Pelat Lantai SFL -0,05  | 3500   | 2300   | 130    | 1,047               | 2400                          | 1        | 2511,600  |
| Pelat bordes SFL. +2,45 | 1750   | 1900   | 150    | 0,499               | 2400                          | 1        | 1197,000  |
| Pelat bordes SFL. +2,45 | 1750   | 2200   | 150    | 0,578               | 2400                          | 1        | 1386,000  |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 10931,542 |

**Tabel 5.42 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai 2**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat tangga L2         | 1750   | 3911,5 | 150    | 1,027               | 2400                          | 2        | 4928,517  |
| Pelat Lantai SFL +4,950 | 1750   | 2000   | 130    | 0,455               | 2400                          | 1        | 1092,000  |
| Pelat Lantai SFL +4,950 | 1750   | 2900   | 130    | 0,660               | 2400                          | 1        | 1583,400  |
| Pelat bordes SFL. +7,05 | 1750   | 1900   | 150    | 0,499               | 2400                          | 1        | 1197,000  |
| Pelat bordes SFL. +7,05 | 1750   | 2200   | 150    | 0,578               | 2400                          | 1        | 1386,000  |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 10186,917 |

**Tabel 5.43 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Lantai 3-7 Tipikal**

| Elemen                   | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)    |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Pelat tangga L3          | 1750   | 3911,5 | 150    | 1,027               | 2400                          | 20       | 49285,170 |
| Pelat Lantai SFL +9,15   | 1750   | 2600   | 130    | 0,592               | 2400                          | 5        | 7098,000  |
| Pelat Lantai SFL +9,15   | 1750   | 2900   | 130    | 0,660               | 2400                          | 5        | 7917,000  |
| Pelat bordes SFL. +11,25 | 1750   | 1900   | 150    | 0,499               | 2400                          | 5        | 5985,000  |
| Pelat bordes SFL. +11,25 | 1750   | 2200   | 150    | 0,578               | 2400                          | 5        | 6930,000  |
| Total                    |        |        |        |                     |                               |          | 77215,170 |

**Tabel 5.44 Rekapitulasi Pelat Tangga Tipe 3 Roof Deck**

| Elemen                  | B (mm) | L (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| Pelat Lantai SFL +30,15 | 3550   | 2900   | 130    | 1,338               | 2400                          | 1        | 3212,040 |
| Total                   |        |        |        |                     |                               |          | 3212,040 |

#### 5.2.2.5 Beban Dinding Geser

Perhitungan untuk beban dinding geser lantai LG sebagai contoh dapat dilihat sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 L &= 9 \text{ m} & T &= 0,45 \text{ m} \\
 H &= 4 \text{ m} & \text{Densitas} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 4 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times T \times H \times \text{Densitas} \times n \\
 &= 9 \times 0,45 \times 4 \times 2400 \times 4 \\
 &= 15552 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan beban dinding geser pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 5.45 hingga 5.48

**Tabel 5.45 Rekapitulasi Beban Dinding Geser LG**

| Kode Balok | L (mm) | T (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg) |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|--------|
| SW         | 9000   | 450    | 4000   | 16,2                | 2400                          | 4        | 155520 |
| SW         | 8100   | 450    | 4000   | 14,58               | 2400                          | 2        | 69984  |
| SW         | 6000   | 450    | 4000   | 10,8                | 2400                          | 2        | 51840  |
| SW         | 4000   | 450    | 4000   | 7,2                 | 2400                          | 1        | 17280  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 294624 |

**Tabel 5.46 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 1**

| Kode Balok | L (mm) | T (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg) |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|--------|
| SW         | 9000   | 450    | 5000   | 20,250              | 2400                          | 4        | 194400 |
| SW         | 8100   | 450    | 5000   | 18,225              | 2400                          | 2        | 87480  |
| SW         | 6000   | 450    | 5000   | 13,500              | 2400                          | 2        | 64800  |
| SW         | 4000   | 450    | 5000   | 9,000               | 2400                          | 1        | 21600  |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 368280 |

**Tabel 5.47 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 2-7 Tipikal**

| Kode Balok | L (mm) | T (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| SW         | 9000   | 450    | 4200   | 17,010              | 2400                          | 4        | 163296   |
| SW         | 8100   | 450    | 4200   | 15,309              | 2400                          | 2        | 73483    |
| SW         | 6000   | 450    | 4200   | 11,340              | 2400                          | 2        | 54432    |
| SW         | 4000   | 450    | 4200   | 7,560               | 2400                          | 1        | 18144    |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 309355,2 |

**Tabel 5.48 Rekapitulasi Beban Dinding *Roof Deck***

| Kode Balok | L (mm) | T (mm) | H (mm) | V (m <sup>3</sup> ) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | n (unit) | M (kg)   |
|------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------------------|----------|----------|
| SW         | 9000   | 450    | 3200   | 12,960              | 2400                          | 4        | 124416   |
| SW         | 8100   | 450    | 3200   | 11,664              | 2400                          | 2        | 55987,2  |
| SW         | 6000   | 450    | 3200   | 8,640               | 2400                          | 2        | 41472    |
| SW         | 4000   | 450    | 3200   | 5,760               | 2400                          | 1        | 13824    |
| Total      |        |        |        |                     |                               |          | 235699,2 |

### 5.2.3 Beban Mati Tambahan ( $Q_{SIDL}$ )

Pada penelitian ini, beban mati tambahan yang ditinjau meliputi pelat dan dinding. Berikut komponen beban mati tambahan pelat dan dinding yang diasumsikan berdasarkan SNI 1727:2020.

#### 1. Komponen pada pelat lantai

- a. Keramik dengan ketebalan 19 mm dengan 25 mm mortar memiliki beban 1,1 kN/m<sup>2</sup>.

- b. Beban pasir senilai  $0,015 \text{ kN/m}^2$  per millimeter ketebalan 50 mm nilai beban  $0,75 \text{ kN/m}^2$ .
  - c. ME yang digunakan adalah *mechanical duct allowance* dengan beban sebesar  $0,19 \text{ kN/m}^2$ .
  - d. Plafon diambil nilai beban sebesar  $0,008 \text{ kN/m}^2$  per milimeter ketebalan  $0,096 \text{ kN/m}^2$  untuk ketebalan 12 mm papan gipsum.
  - e. Rangka plafon dengan tipe *suspended steel channel system* memiliki beban sebesar  $0,1 \text{ kN/m}^2$
2. Komponen pada pelat atap
- a. Spesi mortar memiliki densitas sebesar  $20,4 \text{ kN/m}^3$ , sehingga beban yang diperhitungkan senilai  $0,612 \text{ kN/m}^2$  dengan ketebalan 3 cm.
  - b. Lapisan *waterproof liquid* memiliki nilai beban  $0,05 \text{ kN/m}^2$ .
  - c. ME digunakan *mechanical duct allowance* dengan beban  $0,19 \text{ kN/m}^2$ .
  - d. Plafon diambil nilai beban sebesar  $0,008 \text{ kN/m}^2$  per milimeter ketebalan  $0,096 \text{ kN/m}^2$  untuk ketebalan 120 mm papan gipsum.
  - e. Rangka plafon dengan tipe *suspended steel channel system* memiliki beban sebesar  $0,1 \text{ kN/m}^2$
3. Komponen pada pelat tangga dan bordes
- a. Spesi mortar memiliki densitas sebesar  $20,4 \text{ kN/m}^3$ , sehingga beban yang diperhitungkan senilai  $0,612 \text{ kN/m}^2$  dengan ketebalan 3 cm.
  - b. Pasir memiliki nilai  $0,015 \text{ kN/m}^2$  per milimeter ketebalan 50 mm nilai beban  $0,750 \text{ kN/m}^2$ .
  - c. Anak tangga beton bertulang memiliki nilai densitas  $23,6 \text{ kN/m}^3$  dengan ketebalan 0,087 m menghasilkan nilai sebesar  $2,053 \text{ kN/m}^2$ .

Berdasarkan komponen yang telah ditentukan tersebut, total beban mati tambahan pada pelat dapat dilihat sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{SIDL},1} \text{ Lantai} &= \text{Keramik} + \text{pasir tebal 5 cm} + \text{ME} + \text{plafon} + \text{rangka} \\
 &\quad \text{plafon} \\
 &= 1,1 + 0,75 + 0,19 + 0,096 + 0,1 \\
 &= 2,236 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{SIDL},2} \text{ Atap} &= \text{Spesi 3 cm} + \text{Waterproof} + \text{ME} + \text{plafon} + \text{rangka} \\
 &\quad \text{plafon} \\
 &= 0,612 + 0,05 + 0,19 + 0,096 + 0,1 \\
 &= 1,048 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL},3} \text{ Tangga} &= \text{Anak tangga} + \text{spesi 3 cm} + \text{pasir tebal 5 cm} \\
 &= 2,053 + 0,612 + 0,75 \\
 &= 3,419 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL},4} \text{ Bordes} &= \text{Spesi 3 cm} + \text{pasir tebal 5 cm} \\
 &= 0,612 + 0,75 \\
 &= 1,362 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

#### 4. Komponen Beban Mati Tambahan Dinding

- a) Beban dinding bata ringan (hebel) senilai  $0,935 \text{ kN/m}^2$  diperoleh dari  $\frac{1}{2}$  nilai beban *clay brick wythes* 102 mm termasuk mortar, namun belum termasuk plesteran.
- b) Plesteran memiliki beban  $0,48 \text{ kN/m}^2$  untuk kedua sisi.
- c) Tinggi balok merupakan tinggi rerata balok induk dan balok anak.

Berdasarkan komponen tersebut, total beban mati tambahan pada dinding dapat dilihat sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{SIDL},5} \text{ Lantai 1} &= (\text{Hebel} + \text{Plesteran}) \times (\text{H}_{\text{dinding}} - \text{H}_{\text{balok induk}}) \\
 &= (0,935 + 0,48) \times (5 - 0,76) \\
 &= 6 \text{ kN/m} \\
 Q_{\text{SIDL},6} \text{ Lantai 1} &= (\text{Hebel} + \text{Plesteran}) \times (\text{H}_{\text{dinding}} - \text{H}_{\text{balok anak}}) \\
 &= (0,935 + 0,48) \times (5 - 0,55) \\
 &= 6,30 \text{ kN/m} \\
 Q_{\text{SIDL},7} \text{ Lantai 2-7} &= (\text{Hebel} + \text{Plesteran}) \times (\text{H}_{\text{dinding}} - \text{H}_{\text{balok induk}}) \\
 &= (0,935 + 0,48) \times (4,2 - 0,76) \\
 &= 4,87 \text{ kN/m} \\
 Q_{\text{SIDL},8} \text{ Lantai 2-7} &= (\text{Hebel} + \text{Plesteran}) \times (\text{H}_{\text{dinding}} - \text{H}_{\text{balok anak}}) \\
 &= (0,935 + 0,48) \times (4,2 - 0,55) \\
 &= 5,16 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{SIDL},9} \text{ Roof Deck} &= (\text{Hebel} + \text{Plesteran}) \times (H_{\text{dinding}} - H_{\text{balok Induk}}) \\
 &= (0,935 + 0,48) \times (3,2 - 0,76) \\
 &= 3,45 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan beban mati tambahan pada masing-masing elemen dapat dilihat pada Tabel 5.49 hingga 5.55

**Tabel 5.49 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai**

| No.   | Komponen      | Berat |                   | Tebal (m) | Q (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|---------------|-------|-------------------|-----------|------------------------|
|   |               | Nilai | Satuan            |           |                        |
| 1   | Keramik       |       |                   |           | 1,100                  |
| 2   | Pasir 50 mm   | 0,015 | kN/m <sup>2</sup> | 0,05      | 0,750                  |
| 3   | ME            |       |                   |           | 0,190                  |
| 4   | Plafon        | 0,008 | kN/m <sup>2</sup> | 0,012     | 0,096                  |
| 5   | Rangka Plafon |       |                   |           | 0,100                  |
| Jumlah beban mati tambahan pada pelat lantai, QSIDL,1 |               |       |                   |           | 2,236                  |

**Tabel 5.50 Beban Mati Tambahan Pelat Atap**

| No.   | Komponen      | Berat |                   | Tebal (m) | Q (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|---------------|-------|-------------------|-----------|------------------------|
|   |               | Nilai | Satuan            |           |                        |
| 1   | Spesi 3 cm    | 20,4  | kN/m <sup>3</sup> | 0,03      | 0,612                  |
| 2   | Waterproof    |       |                   |           | 0,050                  |
| 3   | ME            |       |                   |           | 0,190                  |
| 4   | Plafon        | 0,008 | kN/m <sup>2</sup> | 0,012     | 0,096                  |
| 5   | Rangka Plafon |       |                   |           | 0,100                  |
| Jumlah beban mati tambahan pada pelat atap, QSIDL,2 |               |       |                   |           | 1,056                  |

**Tabel 5.51 Beban Mati Tambahan Pelat Tangga**

| No.   | Komponen    | Berat |                   | Tebal (m) | Q (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|-------------|-------|-------------------|-----------|------------------------|
|   |             | Nilai | Satuan            |           |                        |
| 1   | Anak tangga | 23,6  | kN/m <sup>3</sup> | 0,0835    | 2,053                  |
| 2   | Spesi 3 cm  | 20,4  | kN/m <sup>3</sup> | 0,03      | 0,612                  |
| 3   | Pasir 5 cm  | 0,015 | kN/m <sup>2</sup> | 0,05      | 0,750                  |
| Jumlah beban mati tambahan pada pelat tangga, QSIDL,3 |             |       |                   |           | 3,419                  |

**Tabel 5.52 Beban Mati Tambahan Pelat Bordes**

| No.   | Komponen   | Berat |                   | Tebal (m) | Q (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|------------|-------|-------------------|-----------|------------------------|
|   |            | Nilai | Satuan            |           |                        |
| 1   | Spesi 3 cm | 20,4  | kN/m <sup>3</sup> | 0,03      | 0,612                  |
| 2   | Pasir 5 cm | 0,015 | kN/m <sup>2</sup> | 0,05      | 0,750                  |
| Jumlah beban mati tambahan pada pelat tangga, QSIDL,4 |            |       |                   |           | 1,362                  |

**Tabel 5.53 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 1**

| No. | Komponen               | Berat |                   |
|-----|------------------------|-------|-------------------|
|     |                        | Nilai | Satuan            |
| 1   | Hebel                  | 0,935 | kN/m <sup>2</sup> |
| 2   | Plesteran              | 0,448 | kN/m <sup>2</sup> |
| 3   | Berat dinding          | 1,415 | kN/m <sup>2</sup> |
| 4   | Berat dinding QSIDL, 5 | 6     | kN/m              |
| 5   | Berat dinding QSIDL, 6 | 6,30  | kN/m              |

**Tabel 5.54 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 2-7**

| No. | Komponen                      | Berat |                   |
|-----|-------------------------------|-------|-------------------|
|     |                               | Nilai | Satuan            |
| 1   | Hebel                         | 0,935 | kN/m <sup>2</sup> |
| 2   | Plesteran                     | 0,48  | kN/m <sup>2</sup> |
| 3   | Berat dinding                 | 1,415 | kN/m <sup>2</sup> |
| 4   | Berat dinding (kN/m) QSIDL, 7 | 4,87  | kN/m              |
| 5   | Berat dinding (kN/m) QSIDL, 8 | 5,16  | kN/m              |

**Tabel 5.55 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai RD**

| No. | Komponen                      | Berat |                   |
|-----|-------------------------------|-------|-------------------|
|     |                               | Nilai | Satuan            |
| 1   | Hebel                         | 0,935 | kN/m <sup>2</sup> |
| 2   | Plesteran                     | 0,48  | kN/m <sup>2</sup> |
| 3   | Berat dinding                 | 1,415 | kN/m <sup>2</sup> |
| 4   | Berat dinding (kN/m) QSIDL, 9 | 3,45  | kN/m              |

#### 5.2.4 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang bersifat tidak tetap dan dapat berpindah-pindah akibat aktivitas didalamnya. Nilai beban hidup dipengaruhi oleh fungsi dan intensitas penggunaan setiap ruangnya. Penentuan nilai beban hidup mengacu pada SNI 1727:2020 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain yang dapat dilihat pada Tabel 5.56

**Tabel 5.56 Beban Hidup RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak**

| No | Fungsi Ruang                | $Q_{LL}$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------------|-------------------------------|
| 1  | Lobi                        | 4,79                          |
| 2  | Koridor atas lantai pertama | 3,83                          |
| 3  | Laboratorium                | 2,87                          |
| 4  | Ruang Operasi               | 2,87                          |
| 5  | Administrasi                | 2,4                           |
| 6  | Klinik                      | 1,92                          |
| 7  | Ruang Tenaga Medis          | 2,4                           |
| 8  | Ruang Rawat Inap            | 1,92                          |
| 9  | Ruang Utilitas              | 2,87                          |
| 10 | Ruang Perawatan Intensif    | 2,87                          |
| 11 | Ruang Observasi Medis       | 2,4                           |
| 12 | Toilet                      | 2,87                          |
| 13 | Atap                        | 0,96                          |
| 14 | Dak Akses Pemeliharaan      | 1,92                          |
| 15 | Pelat Tangga                | 4,79                          |
| 16 | Pelat Bordes                | 4,79                          |

### 5.2.5 Beban Gravitasi

Beban gravitasi terdiri atas beban hidup dan beban mati termasuk beban mati tambahan pada elemen struktur. Namun, berdasarkan SNI 1726:2019 beban hidup tidak perlu disertakan dalam perhitungan jika beban penyimpanan kurang dari 5% terhadap massa total tingkat yang ditinjau. Pada penelitian ini beban penyimpanan yang dimaksud adalah ruang utilitas yang tidak melebihi 5%. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

#### 1. Lobi

$$\begin{aligned}
 \text{Luas ruang} &= 776,95 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 2,236 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 2,236 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)} \\
 &= 2,236 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Total} &= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{Total}} \\
 &= 776,95 \times 2,236 \\
 &= 1737,26 \text{ kN} \\
 &= 177090,744 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 2. Ruang Utilitas

$$\begin{aligned}
 \text{Luas ruang} &= 179,415 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 2,236 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 2,87 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 2,236 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)} \\
 &= 2,236 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Total} &= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{Total}} \\
 &= 179,415 \times 2,236 \\
 &= 401,172 \text{ kN} \\
 &= 40894,184 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan beban gravitasi pada masing-masing elemen dapat dilihat pada Tabel 5.57 hingga 5.65

**Tabel 5.57 Beban Gravitasi Lantai 1**

| No    | Keterangan               | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Lobi                     | 776,950                      | 2,236                      | 4,790                    | 2,236                     | 177090,744 |
| 2     | Koridor Lantai Pertama   | 283,500                      | 2,236                      | 4,790                    | 2,236                     | 64618,349  |
| 3     | Laboratorium             | 510,300                      | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 116313,028 |
| 4     | Administrasi             | 48,600                       | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 11077,431  |
| 5     | Klinik                   | 121,500                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 27693,578  |
| 6     | Ruang Tenaga Medis       | 230,850                      | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 52617,798  |
| 7     | Ruang Utilitas           | 179,415                      | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 40894,183  |
| 8     | Ruang Perawatan Intensif | 210,600                      | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 48002,202  |
| Total |                          |                              |                            |                          |                           | 538307,313 |

**Tabel 5.58 Beban Gravitasi Lantai 2**

| No    | Keterangan                  | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Koridor atas lantai pertama | 886,950                      | 2,236                      | 3,83                     | 2,236                     | 202163,119 |
| 2     | Ruang Operasi               | 206,550                      | 2,236                      | 2,87                     | 2,236                     | 47079,083  |
| 3     | Klinik                      | 862,650                      | 2,236                      | 1,92                     | 2,236                     | 196624,404 |
| 4     | Ruang Utilitas              | 179,415                      | 2,236                      | 2,87                     | 2,236                     | 40894,183  |
| Total |                             |                              |                            |                          |                           | 486760,789 |

**Tabel 5.59 Beban Gravitasi Lantai 3**

| No    | Keterangan                  | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Koridor atas lantai pertama | 839,200                      | 2,236                      | 3,830                    | 2,236                     | 191279,429 |
| 2     | Ruang Rawat Inap            | 437,400                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 99696,881  |
| 3     | Ruang Utilitas              | 48,600                       | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 11077,431  |
| 4     | Administrasi                | 170,100                      | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 38771,009  |
| 5     | Ruang Observasi Medis       | 437,400                      | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 99696,881  |
| 6     | Ruang Tenaga Medis          | 97,200                       | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 22154,862  |
| Total |                             |                              |                            |                          |                           | 462676,493 |

**Tabel 5.60 Beban Gravitasi Lantai 4**

| No    | Keterangan                  | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Koridor atas lantai pertama | 693,600                      | 2,236                      | 3,830                    | 2,236                     | 158092,722 |
| 2     | Ruang Rawat Inap            | 291,600                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 66464,587  |
| 3     | Ruang Perawatan Intensif    | 648,000                      | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 147699,083 |
| 4     | Balkon                      | 570,400                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 130011,662 |
| 5     | Ruang Tenaga Medis          | 97,200                       | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 22154,862  |
| Total |                             |                              |                            |                          |                           | 524422,915 |

**Tabel 5.61 Beban Gravitasi Lantai 5**

| No    | Keterangan                  | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Koridor atas lantai pertama | 912,600                      | 2,236                      | 3,830                    | 2,236                     | 208009,541 |
| 2     | Ruang Rawat Inap            | 874,800                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 199393,761 |
| 3     | Ruang Utilitas              | 97,200                       | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 22154,862  |
| Total |                             |                              |                            |                          |                           | 429558,165 |

**Tabel 5.62 Beban Gravitasi Lantai 6**

| No    | Keterangan                  | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Koridor atas lantai pertama | 912,600                      | 2,236                      | 3,830                    | 2,236                     | 208009,541 |
| 2     | Ruang Rawat Inap            | 972,000                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 221548,624 |
| 3     | Ruang Utilitas              | 97,200                       | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 22154,862  |
| 4     | Ruang Tenaga Medis          | 170,100                      | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 38771,009  |
| Total |                             |                              |                            |                          |                           | 490484,037 |

**Tabel 5.63 Beban Gravitasi Lantai 7**

| No    | Keterangan                  | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Koridor atas lantai pertama | 912,600                      | 2,236                      | 3,830                    | 2,236                     | 208009,541 |
| 2     | Ruang Rawat Inap            | 1020,600                     | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 232626,055 |
| 3     | Ruang Utilitas              | 97,200                       | 2,236                      | 2,870                    | 2,236                     | 22154,862  |
| 4     | Ruang Tenaga Medis          | 97,200                       | 2,236                      | 2,400                    | 2,236                     | 22154,862  |
| Total |                             |                              |                            |                          |                           | 484945,321 |

**Tabel 5.64 Beban Gravitasi Lantai Roof Deck**

| No    | Keterangan             | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)     |
|-------|------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| 1     | Dak Akses Pemeliharaan | 2335,600                     | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 532354,903 |
| Total |                        |                              |                            |                          |                           | 532354,903 |

**Tabel 5.65 Beban Gravitasi Lantai Atap**

| No    | Keterangan | Luas Total (m <sup>2</sup> ) | QSIDL (kN/m <sup>2</sup> ) | QLL (kN/m <sup>2</sup> ) | QTOT (kN/m <sup>2</sup> ) | M (kg)    |
|-------|------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|
| 1     | Atap       | 388,200                      | 2,236                      | 1,920                    | 2,236                     | 88482,691 |
| Total |            |                              |                            |                          |                           | 88482,691 |

### 5.2.6 Kontrol Massa Bangunan

Massa bangunan merupakan akumulasi beban elemen struktur bangunan yang berkontribusi terhadap respons seismik struktur. Massa bangunan memperhitungkan beban mati (*dead load*), beban sendiri, dan beban mati tambahan elemen-elemen struktur. Perhitungan massa bangunan dilakukan dengan menjumlahkan seluruh beban mati pelat, balok, kolom, dinding, dan beban gravitasi. Berikut rekapitulasi perhitungan massa setiap lantainya dapat dilihat pada Tabel 5.66 hingga Tabel 5.75.

**Tabel 5.66 Massa Lantai LG**

| No    | Elemen            | Massa (kg) |
|-------|-------------------|------------|
| 1     | Kolom             | 469728     |
| 2     | Tangga Type 1 & 2 | 18525,813  |
| 3     | Tangga Type 3     | 9357,350   |
| Total |                   | 497611,162 |

**Tabel 5.67 Massa Lantai 1**

| No    | Elemen            | Massa (kg)  |
|-------|-------------------|-------------|
| 1     | Kolom             | 590040,000  |
| 2     | Balok             | 1048576,800 |
| 3     | Pelat             | 841383,180  |
| 4     | Tangga Type 1 & 2 | 24904,108   |
| 5     | Tangga Type 3     | 10931,542   |
| 6     | Beban Gravitasi   | 538307,313  |
| 7     | Beban Dinding     | 406884,188  |
| Total |                   | 3461027,131 |

**Tabel 5.68 Massa Lantai 2**

| No    | Elemen            | Massa (kg)  |
|-------|-------------------|-------------|
| 1     | Kolom             | 451296,000  |
| 2     | Balok             | 981440,304  |
| 3     | Pelat             | 763235,461  |
| 4     | Tangga Type 1 & 2 | 22866,640   |
| 5     | Tangga Type 3     | 10186,917   |
| 6     | Beban Gravitasi   | 486760,789  |
| 7     | Beban Dinding     | 366434,516  |
| Total |                   | 3082220,626 |

**Tabel 5.69 Massa Lantai 3**

| No    | Elemen            | Massa (kg)  |
|-------|-------------------|-------------|
| 1     | Kolom             | 447249,600  |
| 2     | Balok             | 1164128,400 |
| 3     | Pelat             | 930225,180  |
| 4     | Tangga Type 1 & 2 | 28879,466   |
| 5     | Tangga Type 3     | 15443,034   |
| 6     | Beban Gravitasi   | 462676,493  |
| 7     | Beban Dinding     | 406427,233  |
| Total |                   | 3455029,407 |

**Tabel 5.70 Massa Lantai 4**

| No    | Elemen            | Massa (kg)  |
|-------|-------------------|-------------|
| 1     | Kolom             | 355320,000  |
| 2     | Balok             | 1114182,000 |
| 3     | Pelat             | 929190,300  |
| 4     | Tangga Type 1 & 2 | 28879,466   |
| 5     | Tangga Type 3     | 15443,034   |
| 6     | Beban Gravitasi   | 524422,915  |
| 7     | Beban Dinding     | 365144,428  |
| Total |                   | 3332582,144 |

**Tabel 5.71 Massa Lantai 5**

| No    | Elemen            | Massa (kg)  |
|-------|-------------------|-------------|
| 1     | Kolom             | 355320,000  |
| 2     | Balok             | 915591,600  |
| 3     | Pelat             | 682049,940  |
| 4     | Tangga Type 1 & 2 | 28879,466   |
| 5     | Tangga Type 3     | 15443,034   |
| 6     | Beban Gravitasi   | 429558,165  |
| 7     | Beban Dinding     | 302327,083  |
| Total |                   | 2729169,288 |

**Tabel 5.72 Massa Lantai 6**

| No    | Elemen            | Massa (kg)  |
|-------|-------------------|-------------|
| 1     | Kolom             | 297057,600  |
| 2     | Balok             | 885063,600  |
| 3     | Pelat             | 645152,820  |
| 4     | Tangga Type 1 & 2 | 28879,466   |
| 5     | Tangga Type 3     | 15443,034   |
| 6     | Beban Gravitasi   | 490484,037  |
| 7     | Beban Dinding     | 297836,585  |
| Total |                   | 2659917,142 |

**Tabel 5.73 Massa Lantai 7**

| No | Elemen            | Massa (kg) |
|----|-------------------|------------|
| 1  | Kolom             | 297057,600 |
| 2  | Balok             | 915591,600 |
| 3  | Pelat             | 682049,940 |
| 4  | Tangga Type 1 & 2 | 28879,466  |

**Lanjutan Tabel 5.73 Massa Lantai 7**

| No    | Elemen          | Massa (kg)  |
|-------|-----------------|-------------|
| 5     | Tangga Type 3   | 15443,034   |
| 6     | Beban Gravitasi | 484945,321  |
| 7     | Beban Dinding   | 344602,263  |
| Total |                 | 2768569,224 |

**Tabel 5.74 Massa Roof Deck**

| No    | Elemen          | Massa (kg)  |
|-------|-----------------|-------------|
| 1     | Kolom           | 107049,600  |
| 2     | Balok           | 915591,600  |
| 3     | Beban Dinding   | 38678,975   |
| 4     | Beban Gravitasi | 532354,903  |
| 5     | Pelat           | 682049,940  |
| Total |                 | 1061320,175 |

**Tabel 5.75 Massa Atap**

| No    | Elemen | Massa (kg) |
|-------|--------|------------|
| 1     | Balok  | 154838,880 |
| 2     | Pelat  | 132350,400 |
| Total |        | 154838,880 |

Nilai massa setiap tingkat kemudian dijumlahkan untuk memperoleh massa total bangunan yang menjadi parameter perbandingan dalam analisis respons struktur. Bangunan kemudian dimodelkan pada *software* ETABS dan seluruh beban diinput sesuai kondisi eksisting. Hasil pemodelan untuk massa total bangunan dapat dilihat pada Tabel 5.76

**Tabel 5.76 Rekapitulasi Jumlah Massa Bangunan**

| Tingkat             | Massa Manual (kg) | Massa ETABS (kg) |
|---------------------|-------------------|------------------|
| Base / Lower Ground | 792235,162        | 456967,820       |
| Lantai 1            | 3829307,131       | 3860983,820      |
| Lantai 2            | 3391575,826       | 3650740,260      |
| Lantai 3            | 3764384,607       | 3950696,720      |
| Lantai 4            | 3641937,344       | 3530213,450      |
| Lantai 5            | 3038524,488       | 3136110,300      |

**Lanjutan Tabel 5.76 Rekapitulasi Jumlah Massa Bangunan**

| Tingkat          | Massa Manual (kg) | Massa ETABS (kg) |
|------------------|-------------------|------------------|
| Lantai 6         | 2969272,342       | 3017428,930      |
| Lantai 7         | 3077924,424       | 3133735,440      |
| <i>Roof Deck</i> | 2520881,718       | 2645021,780      |
| Atap             | 375671,971        | 615190,400       |
| Total Massa      | 27401715,01       | 27997088,92      |

Perhitungan massa bangunan menggunakan *software* ETABS didapatkan sebesar 28017227,04 kg yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan manual sebesar 27401715,01 kg. Perhitungan perbandingan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Massa} &= \frac{\text{Massa ETABS} - \text{Massa manual}}{\text{Massa Manual}} \\ &= \frac{27997088,92 - 27401715,01}{27401715,01} \\ &= 0,0217 \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan Massa (\%)} = 2,17 \%$$

Hasil perbandingan massa menunjukkan selisih kurang dari 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemodelan yang dilakukan telah merepresentasikan kondisi bangunan eksisting dengan baik.

### 5.3 Percepatan Gempa dan Spektrum Respons

Parameter gempa dan spektrum respons desain digunakan, meliputi lokasi dan kelas situs untuk menentukan nilai percepatan gempa yang digunakan dalam membentuk spektrum respons desain sesuai lokasi tinjauan.

#### 5.3.1 Percepatan Gempa

Berikut penentuan percepatan gempa untuk bangunan RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak.

##### 1. Kelas Situs ( $V_s30$ )

Penentuan kelas situs pada penelitian ini mengacu pada nilai kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter ( $V_s30$ ). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo & Huda (2020) dapat dilihat pada Gambar 3.2  $V_s30$  diperoleh rentang nilai 175-350 m/s yang termasuk dalam klasifikasi kelas situs tanah sedang (SD) berdasarkan SNI 1726:2019.

2. Spektral Percepatan Periode Pendek,  $S_s$

Nilai  $S_s$  diambil dari peta bahaya gempa sebagaimana ditunjukkan Gambar 3.2, yang menunjukkan rentang nilai percepatan spektral periode pendek 1,0 – 1,2 g. Nilai  $S_s$  dapat diperoleh secara akurat melalui laman resmi <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>. Berdasarkan koordinat geografis pada 5.1, nilai  $S_s$  diperoleh sebesar 1,107 g.

3. Spektral Percepatan Periode 1 Detik,  $S_1$

Nilai  $S_1$  diambil dari peta bahaya gempa yang ditunjukkan Gambar 3.3 menunjukkan rentang nilai percepatan spektral periode panjang 0,5-0,6 g. Penentuan  $S_1$  dilakukan melalui laman resmi <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> berdasarkan koordinat geografis pada 5.1, nilai  $S_1$  diperoleh sebesar 0,507 g.

4. Koefisien Situs,  $F_a$

Koefisien  $F_a$  adalah faktor amplifikasi yang mengoreksi nilai  $S_s$  berdasarkan karakteristik kelas situs tanah di lokasi. Nilai  $F_a$  sebesar 1,057 untuk respons periode pendek yang disebabkan oleh kondisi lokal tanah.

5. Koefisien Situs,  $F_v$

Koefisien  $F_v$  adalah faktor amplifikasi yang mengoreksi nilai  $S_1$  berdasarkan karakteristik kelas situs tanah di lokasi. Nilai  $F_v$  sebesar 1,793 untuk respons periode panjang.

6. Percepatan Spektral Desain Periode Pendek,  $S_{DS}$

Parameter  $S_{DS}$  dihitung menggunakan persamaan 3.3 berikut perhitungannya.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\ &= \frac{2}{3} \times 1,057 \times 1,107 \end{aligned}$$

$$S_{DS} = 0,7802 \text{ g}$$

7. Percepatan Spektral Desain Periode 1 Detik,  $S_{D1}$

Parameter  $S_{D1}$  dihitung menggunakan persamaan 3.4 berikut perhitungannya.

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\ &= \frac{2}{3} \times 1,793 \times 0,507 \end{aligned}$$

$$S_{D1} = 0,606 \text{ g}$$

### 8. Periode Awal Transisi, $T_0$

Periode awal pada spektrum respons desain di mana spektrum mulai bergerak dari percepatan maksimum. Berikut perhitungan periode awal transisi.

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,606}{0,7802} \\ &= 0,1554 \text{ detik} \end{aligned}$$

### 9. Periode Tengah Transisi, $T_s$

Periode transisi pada rentang spektrum respons kondisi konstan spektrum.

Periode tengah transisi dihitung sebagai berikut.

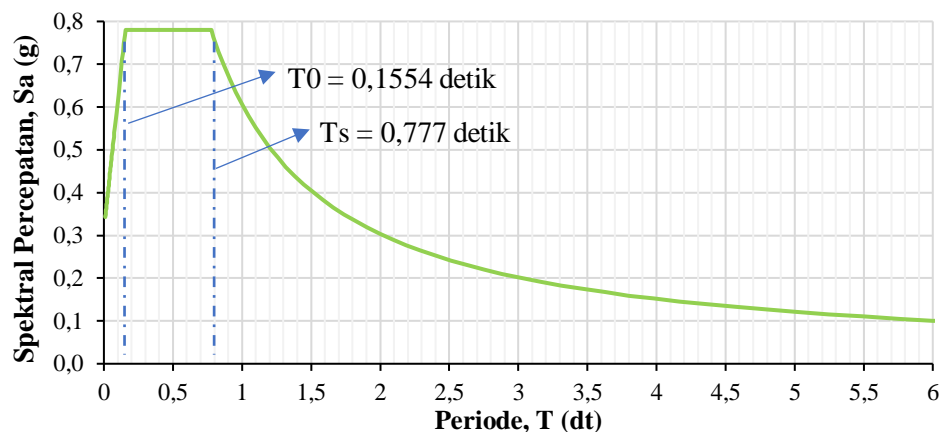
$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,606}{0,7802} \\ &= 0,777 \text{ detik} \end{aligned}$$

### 10. Periode Panjang Transisi, $T_L$

Periode panjang menunjukkan batas periode dalam spektrum respons desain dimana spektrum akan menunjukan penurunan yang signifikan. Berdasarkan laman resmi <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> dan Gambar 3.5 nilai  $T_L$  diperoleh 6 detik.

### 11. Grafik Spektrum Respons

Grafik spektrum respons diperoleh dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.5.



**Gambar 5.5 Grafik Spektrum Respons**

## 5.4 Parameter Gempa dan Periode Struktur

### 5.4.1 Parameter Gempa

Berikut penentuan parameter gempa untuk bangunan RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak.

#### 1. Kategori Risiko Bangunan

Gedung rumah sakit termasuk dalam kategori risiko IV. Kategori ini mencakup bangunan yang memiliki fungsi vital sehingga dirancang untuk mempertahankan fungsinya ketika terjadi gempa.

#### 2. Faktor keutamaan gempa, $I_e$

Faktor keutamaan gempa ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan, maka nilai faktor keutamaan yang digunakan adalah  $I_e = 1,5$ . Nilai ini memberikan nilai perlindungan struktur terhadap potensi kerusakan akibat gempa.

#### 3. Kategori Desain Seismik

Dengan nilai percepatan spektral desain periode pendek  $S_{DS} 0,78$ , serta kategori risiko bangunan IV, gedung termasuk dalam kategori desain seismik D.

#### 4. Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik pada gedung ini menggunakan sistem ganda (*dual system*) yang merupakan kombinasi dari dinding geser beton bertulang khusus. Pemilihan sistem ini berpengaruh pada penentuan nilai koefisien modifikasi respons, faktor kuat lebih, dan pembesaran defleksi.

#### 5. Koefisien Modifikasi Respons, R

Sistem pemikul momen tipe *dual system* memiliki nilai R adalah 7.

#### 6. Faktor Kuat lebih Sistem, $\Omega_0$

Faktor kuat lebih memberikan kekuatan tambahan untuk mengantisipasi ketidakpastian perilaku struktur, ketika mengalami beban gempa yang cukup besar. Berdasarkan klasifikasi sistem pemikul gaya seismik, nilai  $\Omega_0 = 2,5$ .

#### 7. Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$

Nilai  $C_d$  digunakan untuk memperkirakan simpangan inelastik maksimum dari hasil analisis elastis. Nilai yang digunakan adalah  $C_d = 5,5$ .

#### 5.4.2 Periode Struktur

Berikut perhitungan periode struktur untuk bangunan RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak.

1. Koefisien untuk Batas Periode,  $C_u$

Koefisien  $C_u$  diambil berdasarkan nilai percepatan respons spektral desain pada 1 detik  $S_{DS} \geq 0,4$ , sehingga diperoleh nilai  $C_u = 1,4$ .

2. Parameter Periode Pendekatan,  $C_t$  dan  $x$

Nilai parameter periode pendekatan diperoleh berdasarkan tipe struktur yang dimiliki. Pada gedung ini tipe struktur termasuk pada sistem struktur lainnya sehingga nilai  $C_t = 0,0488$  dan  $x = 0,75$ .

3. Periode Fundamental Pendekatan,  $T_a$

Perhitungan Fundamental Pendekatan dihitung dengan persamaan  $T_a = C_t \times h^x$  dan diperoleh nilai 0,738 detik. Untuk perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times 37,4^{0,75} \\ &= 0,738 \text{ detik} \end{aligned}$$

4. Periode Maksimum,  $T_{max}$

Periode pakai tidak boleh melebihi nilai periode maksimum yang diperhitungkan. Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_{max} &= 1,4 \times 0,738 \\ &= 1,033 \text{ detik} \end{aligned}$$

5. Periode Struktur Hasil Analisis ETABS  $T_{comp}$

Periode struktur hasil analisis ETABS dilakukan dua arah x dan y. Hasil  $T_{comp-x} = 0,791$  detik dan  $T_{comp-y} = 0,702$  detik.

6. Periode Pakai

Hasil perhitungan periode struktur untuk arah x diperoleh  $T_a \leq T_{comp-x} \leq T_{max}$ , maka periode struktur yang digunakan adalah  $T_{comp-x} = 0,791$  detik. Untuk arah y diperoleh nilai  $T_{comp-y} \leq T_a \leq T_{max}$ , sehingga nilai periode yang dipakai adalah  $T_a = 0,738$  detik.

## 5.5 Analisis Respons Struktur Statik

### 5.5.1 Gaya Geser Dasar Seismik

#### 1. Koefisien Respons Seismik, $C_s$

Koefisien Respons Seismik dihitung menggunakan rumus persamaan 3.13, perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{0,7802}{\frac{7}{1,5}} \\ &= 0,1672 \end{aligned}$$

$C_s$  max untuk batas atas menggunakan rumus persamaan 3.14 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_{s\max-x} &= \frac{0,7802}{0,7921 \times \frac{7}{1,5}} \\ &= 0,1642 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s\max-y} &= \frac{0,7802}{0,738 \times \frac{7}{1,5}} \\ &= 0,176 \end{aligned}$$

$C_s$  min untuk batas bawah menggunakan rumus persamaan 3.15 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_{s\min} &= 0,044 \times 0,7802 \times 1,5 \\ &= 0,0515 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh  $C_{s\min} \leq C_s \leq C_{s\max}$  sehingga nilai  $C_s$  yang digunakan untuk perhitungan adalah 0,164 untuk arah X dan 0,1672 arah Y.

#### 2. Berat Sesimik Efektif, $W$

Dapat dilihat massa bangunan yang dihitung menggunakan ETABS atau dilihat pada Tabel 5.76 diperoleh 275401211,1 kg tanpa memperhitungkan massa lantai dasar (*lower ground*). Nilai tersebut dikonversi, sehingga diperoleh nilai berat seismik efektif ( $W$ ) 270076,329 kN.

Dari hasil perhitungan tersebut, gaya geser dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.12 perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_x &= 0,1644 \times 270076,329 \\ &= 44340,465 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_y = 0,1672 \times 270076,329$$

$$= 45153,691 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar (*base shear*) statik yang diperoleh ETABS menunjukkan nilai sebesar 45153,692 kN untuk kedua arah. Perbedaan antara hasil perhitungan menggunakan Persamaan 3.12 dan analisis ETABS tidak signifikan, sehingga nilai gaya geser dasar hasil analisis *software* dapat digunakan pada tahap analisis selanjutnya.

### 5.5.2 Pemenuhan Sistem Ganda

Dalam penelitian ini, sistem pemikul gaya seismik yang digunakan merupakan sistem ganda. Dimana rangka momen harus menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain sebagaimana telah dijelaskan pada 3.3.7 dan ASCE 7-22 pasal C12.2.5.1. Maka dari itu, perlu melakukan pengecekan agar struktur dapat dinyatakan memiliki *dual system*. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan gaya geser dasar yang dihasilkan oleh dinding geser dan rangka dengan *joint reactions* dinding geser. Hasil pengecekan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 5.77.

**Tabel 5.77 Hasil Pengecekan *Dual System***

| Gaya Geser Dasar    | Rangka + Dinding geser | Dinding Geser | %   | Rangka    | %   | Cek            |
|---------------------|------------------------|---------------|-----|-----------|-----|----------------|
| V <sub>x</sub> (kN) | 45153,6919             | 39096,5207    | 87% | 6057,1712 | 13% | Tidak Memenuhi |
| V <sub>y</sub> (kN) | 45153,6919             | 41015,2998    | 91% | 4138,3921 | 9%  | Tidak Memenuhi |

Hasil pengecekan *base reactions* dan *joint reactions* pada pemodelan ETABS menunjukkan bahwa sistem rangka menopang 13% arah X dan 9% arah Y gaya seismik, sedangkan dinding geser 87 % untuk arah X dan 91% untuk arah Y. Berdasarkan SNI 1726:2019, sistem rangka belum memenuhi persyaratan sebagai sistem ganda, baik pada arah X dan arah Y. Namun demikian, mengacu pada

dokumen perencanaan struktur, sistem struktur rangka diklasifikasikan menggunakan sistem ganda, sehingga analisis menggunakan sistem ganda.

### 5.5.3 Simpangan dan Simpangan Antar Tingkat Statik

Simpangan (*displacement*) dianalisis menggunakan *software* ETABS, kemudian dihitung dengan persamaan 3.16 untuk simpangan pusat massa tiap tingkat dan persamaan 3.17 untuk simpangan antar tingkat. Nilai simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi nilai simpangan antar tingkat izin yang dihitung berdasarkan Tabel 3.11 untuk KDS IV. Perhitungan simpangan antar tingkat arah X dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \delta_{e_{7,x}} &= 37,06 \text{ mm} \\ \delta_{e_{6,x}} &= 30,99 \text{ mm} \\ h &= 4200 \text{ mm} \\ \delta_{7,x} &= \frac{37,06 \times 5,5}{1,5} \\ &= 135,879 \text{ mm} \\ \delta_{6,x} &= \frac{30,99 \times 5,5}{1,5} \\ &= 113,630 \text{ mm} \\ \Delta_{7,x} &= \delta_{7,x} - \delta_{6,x} \\ &= 135,879 - 113,63 \\ &= 22,249 \text{ mm} \end{aligned}$$

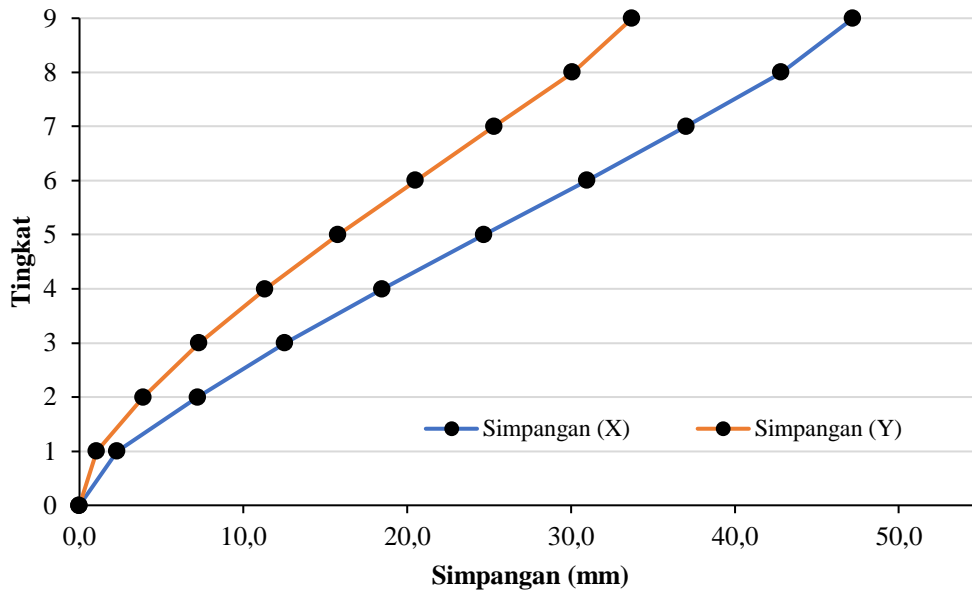
Kontrol simpangan antar tingkat

$$\begin{aligned} \Delta < \Delta_a &= 22,249 < 0,01 h \\ &= 22,249 < 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

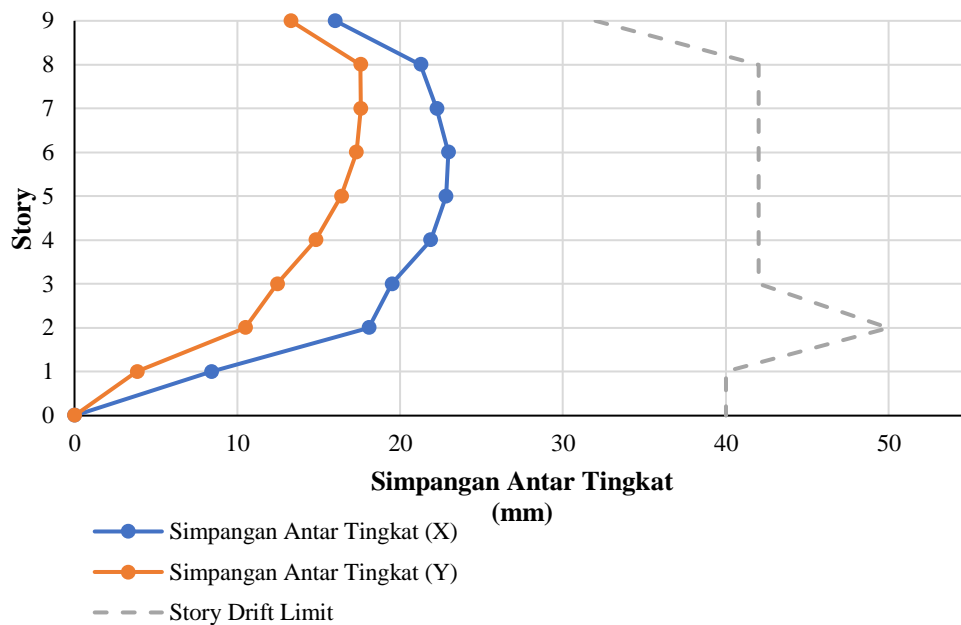
Rekapitulasi analisis simpangan dan simpangan antar tingkat pada kedua arah akibat beban gempa statik dapat dilihat pada Tabel 5.78 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 5.6.

**Tabel 5.78 Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat Statik**

| Tingkat | Simpangan     |               | h<br>(mm) | Simpangan Inelastik |            | Simpangan Antar Tingkat |            | <i>Drift Limit</i><br>(mm) | Cek <i>Drift Limit</i> |
|---------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|-------------------------|------------|----------------------------|------------------------|
|         | $\delta e, x$ | $\delta e, y$ |           | $\delta x$          | $\delta y$ | $\Delta x$              | $\Delta y$ |                            |                        |
|         | (mm)          | (mm)          |           | (mm)                | (mm)       | (mm)                    | (mm)       |                            |                        |
| 9       | 47,23         | 33,75         | 3200      | 173,162             | 123,739    | 16,020                  | 13,273     | 32                         | OK                     |
| 8       | 42,86         | 30,13         | 4200      | 157,142             | 110,466    | 21,263                  | 17,560     | 42                         | OK                     |
| 7       | 37,06         | 25,34         | 4200      | 135,879             | 92,906     | 22,249                  | 17,585     | 42                         | OK                     |
| 6       | 30,99         | 20,54         | 4200      | 113,630             | 75,321     | 22,961                  | 17,310     | 42                         | OK                     |
| 5       | 24,73         | 15,82         | 4200      | 90,669              | 58,010     | 22,818                  | 16,394     | 42                         | OK                     |
| 4       | 18,51         | 11,35         | 4200      | 67,852              | 41,617     | 21,872                  | 14,821     | 42                         | OK                     |
| 3       | 12,54         | 7,31          | 4200      | 45,980              | 26,796     | 19,485                  | 12,459     | 42                         | OK                     |
| 2       | 7,23          | 3,91          | 5000      | 26,495              | 14,337     | 18,069                  | 10,487     | 50                         | OK                     |
| 1       | 2,30          | 1,05          | 4000      | 8,426               | 3,850      | 8,426                   | 3,850      | 40                         | OK                     |
| 0       | 0,00          | 0,00          | 0         | 0,000               | 0,000      | 0,000                   | 0,000      | 40                         | OK                     |



**Gambar 5.6 Grafik Simpanan Arah X dan Arah Y Statik**



**Gambar 5.7 Grafik Simpanan Antar Tingkat Arah X dan Arah Y Statik**

Berdasarkan rekapitulasi dan grafik dapat dilihat bahwa simpangan terbesar terjadi di atap pada arah X dengan nilai 47,23 mm dan 33,75 mm untuk arah Y. Kondisi ini terjadi karena simpangan terhadap dasar bangunan merupakan hasil akumulasi simpangan tingkat di bawahnya. Simpangan antar tingkat

merepresentasikan perbedaan perpindahan antara dua tingkat, nilai terbesar arah X pada tingkat 6 dengan nilai 22,961 mm dan arah Y pada tingkat 7 dengan nilai 17,585 mm.

#### 5.5.4 Efek P-Delta

P-Delta perlu diperhitungkan apabila nilai koefisien stabilitas yang dihitung menggunakan persamaan 3.18 bernilai lebih dari 0,1. Perhitungan koefisien stabilitas pada tingkat 7 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\beta &= 1 & C_d &= 5,5 \\ I_e &= 1,5 & h &= 4200 \text{ mm} \\ \Delta x &= 24,501 \text{ mm} & P_x &= 70727,4623 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_x = 19222,82 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \\ &= \frac{70727,4623 \times 24,501 \times 1,5}{19222,82 \times 4200 \times 5,5}\end{aligned}$$

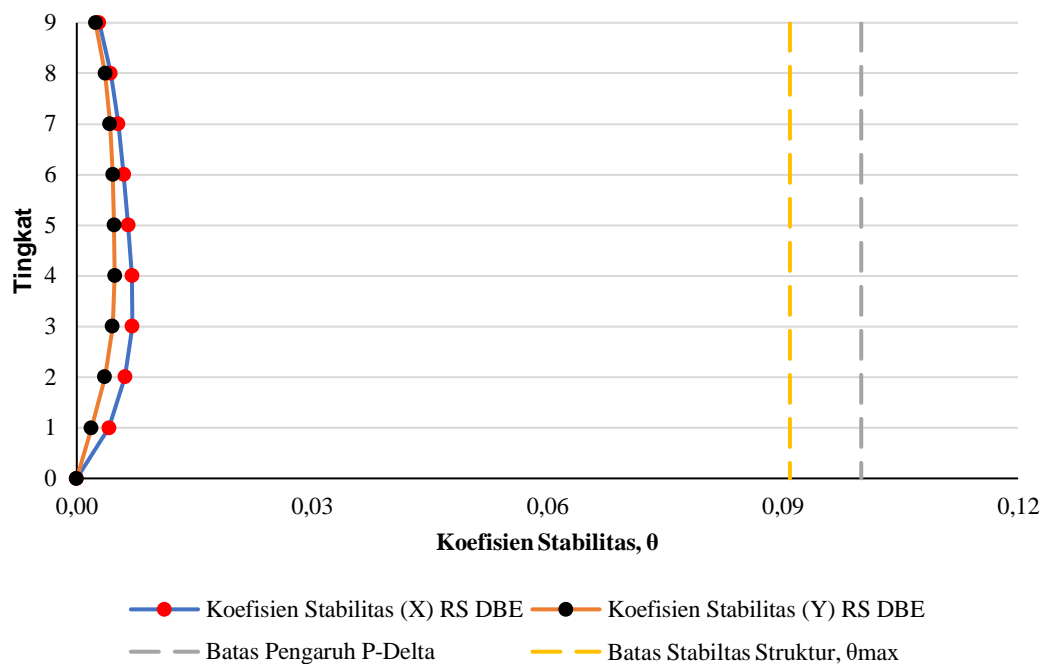
$$= 0,006 < 0,1$$

$$\begin{aligned}\theta_{\max} &= \frac{0,5}{\beta \times C_d} \leq 0,25 \\ &= \frac{0,5}{1,5 \times 5,5} \leq 0,25 \\ &= 0,909\end{aligned}$$

Rekapitulasi nilai koefisien stabilitas kedua arah akibat beban gempa statik dapat dilihat pada Tabel 5.79 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 5.8.

**Tabel 5.79 Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Beban Statik**

| Tingkat | Simpangan  |            | Story Forces |           |           | $h$<br>(mm) | Koefisien Stabilitas |            | Batas Pengaruh P-Delta | Batas Stabilitas Struktur, $\theta_{max}$ | Cek |
|---------|------------|------------|--------------|-----------|-----------|-------------|----------------------|------------|------------------------|---|-----|
|         | $\Delta_x$ | $\Delta_y$ | $P$          | $V_x$     | $V_y$     |             | $\theta_X$           | $\theta_Y$ |                        |   |     |
|         | (mm)       | (mm)       | (kN)         | (kN)      | (kN)      |             |                      |            |                        |   |     |
| 9       | 16,020     | 13,273     | 4521,307     | 2177,020  | 2127,717  | 3200        | 0,003                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 8       | 21,263     | 17,560     | 33224,521    | 10625,440 | 10417,993 | 4200        | 0,004                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 7       | 22,249     | 17,585     | 70260,000    | 19239,552 | 18920,678 | 4200        | 0,005                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 6       | 22,961     | 17,310     | 105571,842   | 26217,659 | 25855,267 | 4200        | 0,006                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 5       | 22,818     | 16,394     | 142405,866   | 32134,366 | 31782,115 | 4200        | 0,007                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 4       | 21,872     | 14,821     | 185799,922   | 37333,125 | 37040,530 | 4200        | 0,007                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 3       | 19,485     | 12,459     | 232742,523   | 41572,602 | 41382,111 | 4200        | 0,007                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 2       | 18,069     | 10,487     | 275106,022   | 44098,684 | 44013,848 | 5000        | 0,006                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 1       | 8,426      | 3,850      | 323950,173   | 45153,692 | 45153,692 | 4000        | 0,004                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 0       | 0          | 0          | 0            | 0         | 0         | 0           | 0                    | 0          | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |



**Gambar 5.8 Grafik Koefisien Stabilitas Arah X dan Arah Y Statik**

Hasil perhitungan koefisien stabilitas struktur akibat beban statik menunjukkan nilai 0,003 hingga 0,008 yang masih berada di bawah nilai batas maksimum koefisien stabilitas  $\theta_{max}$ . Nilai tersebut disebabkan oleh simpangan antar tingkat yang relatif kecil, sehingga momen tambahan akibat beban aksial ( $P_x$ ) juga bernilai kecil, sementara gaya geser dasar yang bekerja relatif lebih besar. Oleh karena itu, efek P-Delta terhadap respons struktur tidak perlu diperhitungkan karena tidak berpengaruh secara signifikan.

## 5.6 Ketidakberaturan Struktur

Ketidakberaturan struktur Gedung Ibu dan Anak RSUP Dr. Sardjito perlu diidentifikasi baik secara horizontal dan vertikal.

### 5.6.1 Ketidakberaturan Horizontal

#### 1. Ketidakberaturan Torsi (Tipe 1a & 1b)

Ketidakberaturan torsi tipe 1a terjadi ketika rasio simpangan terbesar ( $\Delta_{max}$ ) dengan simpangan antar tingkat rata-rata ( $\Delta_{avg}$ ) lebih dari 1,2 untuk 1a dan

1,4 untuk 1b. Nilai  $\Delta_{\max}$  dan  $\Delta_{\text{avg}}$  diperoleh dari hasil analisis struktur menggunakan ETABS. Selanjutnya, identifikasi ketidakberaturan tipe 1a atau tipe 1b untuk tingkat 2 arah x dapat dilihat sebagai berikut.

$$\Delta_{\max} = 7,211 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{avg}} = 5,902 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{\text{avg}}} = \frac{7,211}{5,902}$$

$$= 1,22$$

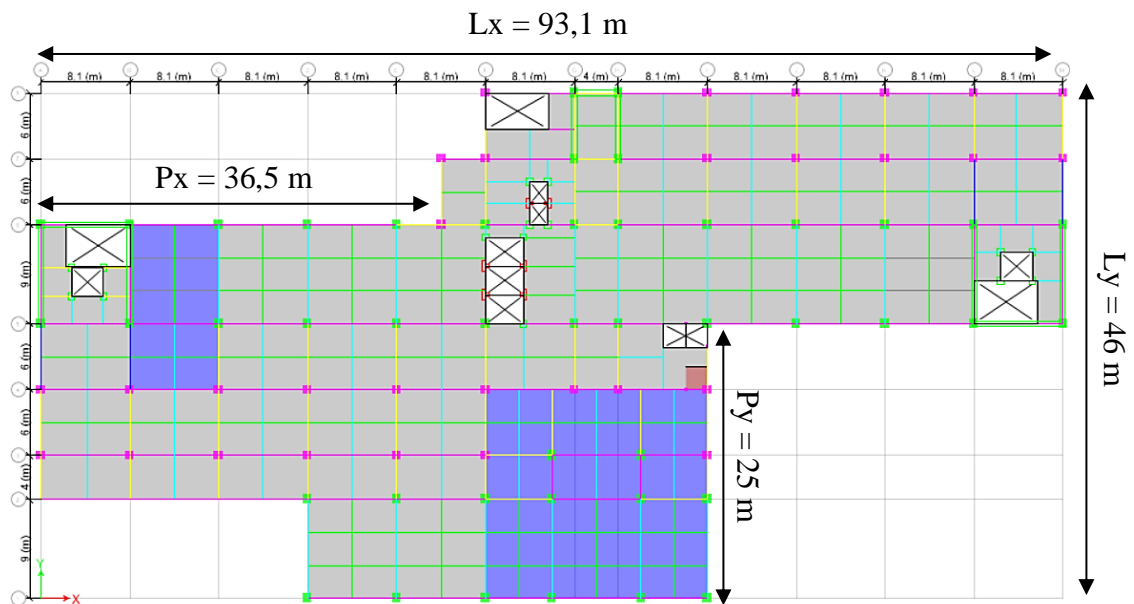
Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai rasio melebihi 1,2 dimana ketidakberaturan torsi tipe 1a terpenuhi, namun tidak dengan ketidakberaturan torsi tipe 1b. Rekapitulasi perhitungan pada kedua arah dapat dilihat pada Tabel 5.80.

**Tabel 5.80 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Arah X dan Arah Y**

| Tingkat | Arah X          |                       |                                     |         | Arah Y          |                       |                                     |      |
|---------|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|---------|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|------|
|         | $\Delta_{\max}$ | $\Delta_{\text{avg}}$ | $\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$ | Cek     | $\Delta_{\max}$ | $\Delta_{\text{avg}}$ | $\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$ | Cek  |
| 9       | 6,431           | 4,516                 | 1,424                               | H.1b    | 5,836           | 4,697                 | 1,243                               | H.1a |
| 8       | 6,505           | 5,98                  | 1,088                               | Regular | 7,259           | 5,975                 | 1,215                               | H.1a |
| 7       | 8,113           | 7,077                 | 1,146                               | Regular | 7,634           | 6,215                 | 1,228                               | H.1a |
| 6       | 9,011           | 7,627                 | 1,181                               | Regular | 7,696           | 6,176                 | 1,246                               | H.1a |
| 5       | 7,777           | 6,993                 | 1,112                               | Regular | 7,677           | 6,073                 | 1,264                               | H.1a |
| 4       | 7,304           | 6,483                 | 1,127                               | Regular | 6,714           | 5,376                 | 1,249                               | H.1a |
| 3       | 6,723           | 6,01                  | 1,119                               | Regular | 6,056           | 4,718                 | 1,284                               | H.1a |
| 2       | 7,806           | 6,359                 | 1,228                               | H.1a    | 6,155           | 4,508                 | 1,366                               | H.1a |
| 1       | 2,869           | 2,565                 | 1,118                               | Regular | 2,073           | 1,562                 | 1,327                               | H.1a |

## 2. Ketidakberaturan Sudut Dalam (Tipe 2)

Ketidakberaturan sudut dalam berlaku apabila terdapat sudut dalam dengan bentang melebihi 15% dari dimensi total bangunan. Pengecekan dilakukan dengan menghitung bentang sudut dalam terpanjang. Berikut hasil identifikasi bentang sudut dalam terpanjang pada Gambar 5.9.



**Gambar 5.9 Identifikasi Ketidakteraturan Sudut Dalam**

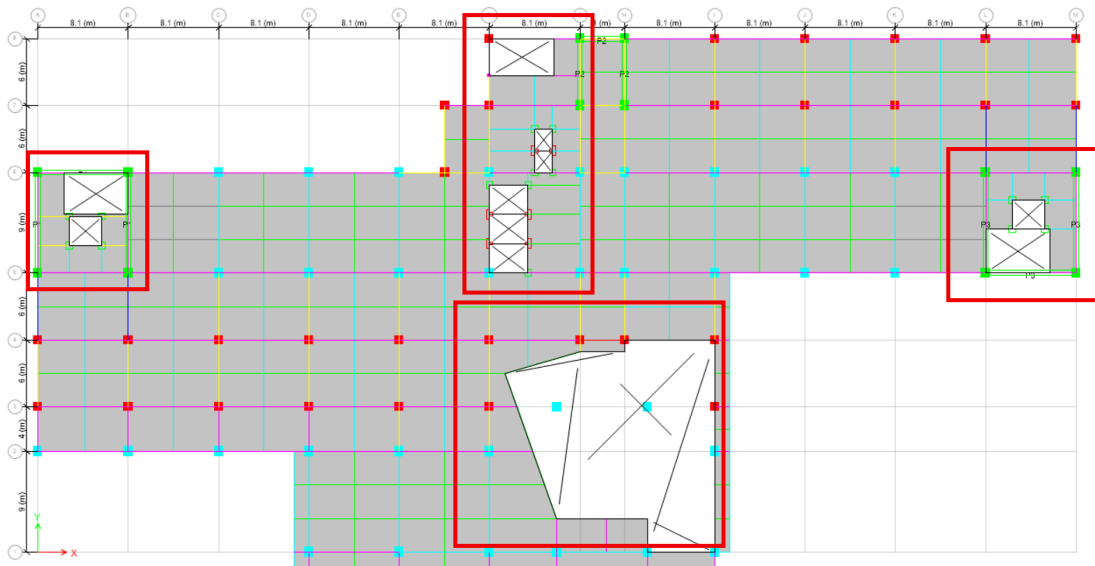
Hasil perhitungan sudut dalam dilakukan pada tingkat 1 dapat dilihat pada berikut ini

$$\begin{aligned}
 L_x &= 93,1 \text{ m} & L_y &= 46 \text{ m} \\
 P_x &= 36,5 \text{ m} & P_y &= 25 \text{ m} \\
 \frac{P_x}{L_x} &= \frac{36,5}{93,1} & \frac{P_y}{L_y} &= \frac{25}{46} \\
 &= 39\% & &= 68\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai rasio melebihi 15% dimana ketidakteraturan sudut dalam terpenuhi.

### 3. Ketidakteraturan Diskontinuitas Diafragma (Tipe 3)

Ketidakteraturan Diskontinuitas Diafragma terjadi apabila terdapat bukaan melebihi 50% dari luas total bangunan. Pengecekan dilakukan dengan menghitung luas total bangunan dan menjumlahkan seluruh luas bukaan (*void*) pada gedung. *Void* berupa *lift* dan tangga, terletak di beberapa lokasi yang dapat dilihat pada Gambar 5.10.



**Gambar 5.10 Identifikasi Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma**

Pengecekan ketidakberaturan dilakukan pada tingkat 2 yang dapat dilihat sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 A_{\text{bukaaan}} &= 2792 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{total}} &= 360,74 \text{ m}^2 \\
 &= A_{\text{bukaaan}} < 50\% A_{\text{Total}} \\
 &= 360,74 < 50\% \times 2792 \\
 &= 360,74 < 1395,95
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai rasio tidak melebihi 50% dimana ketidakberaturan diskontinuitas diafragam tidak memenuhi.

4. Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang (Tipe 4)  
Ketidakberaturan tipe 4 terjadi apabila terdapat pergeseran tegak lurus pada elemen struktur pemikul gaya seismik. Berdasarkan hasil identifikasi RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak memiliki elemen vertikal pemikul gaya seismik yang tipikal menerus hingga atap, sehingga gedung ini tidak memenuhi ketidakberaturan tipe 4.
5. Ketidakberaturan Sistem Nonparalel (Tipe 5)  
Ketidakberaturan tipe 5 terpenuhi ketika posisi elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak sejajar dengan sumbu x dan sumbu y yang mempengaruhi pola

respons struktur. Hasil identifikasi *as built drawing* gedung ini tidak memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral (dinding geser) yang tidak sejajar sumbu x dan sumbu y, sehingga tidak memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 5.

### 5.6.2 Ketidakberaturan Vertikal

#### 1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (Tipe 1a dan Tipe 1b)

Ketidakberaturan tipe ini terjadi apabila terdapat suatu tingkat yang kekakuannya kurang 70% dari kekakuan tingkat di atasnya atau kurang dari 80% dari rata-rata tiga tingkat di atasnya. Nilai kekakuan struktur setiap tingkatnya dilakukan menggunakan ETABS untuk kedua arah (x dan y). Hasil pengecekan dapat dilihat pada Tabel 5.81.

**Tabel 5.81 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a dan Tipe 1b**

| Tingkat | Kekakuan    |             | Perbandingan kekakuan tingkat di atasnya |          | Perbandingan kekakuan rerata tiga tingkat di atasnya |          |
|---------|-------------|-------------|--|----------|--|----------|
|         | Arah X      | Arah Y      | Arah X                                   | Arah Y   | Arah X   | Arah Y   |
| 9       | 480481,365  | 453033,421  | -  | -        | -  | -        |
| 8       | 1741660,073 | 1743480,221 | 362,482%                                 | 384,846% | 362,482%   | 384,846% |
| 7       | 2702727,908 | 3022793,041 | 155,181%                                 | 173,377% | 243,254%   | 275,236% |
| 6       | 3410474,218 | 4188107,73  | 126,186%                                 | 138,551% | 153,473%   | 175,739% |
| 5       | 4625239,519 | 5233672,177 | 135,619%                                 | 124,965% | 176,651%   | 175,345% |
| 4       | 5755991,81  | 6885122,718 | 124,447%                                 | 131,554% | 143,260%   | 146,153% |
| 3       | 6910359,657 | 8762489,711 | 120,055%                                 | 127,267% | 150,316%   | 161,205% |
| 2       | 6935032,73  | 9748302,626 | 100,357%                                 | 111,250% | 109,503%   | 124,598% |
| 1       | 17600671,44 | 28916472,85 | 253,794%                                 | 296,631% | 269,379%   | 341,588% |

Berdasarkan hasil pengecekan, gedung RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak tidak memenuhi syarat ketidakberaturan vertikal tipe 1a dan 1b.

#### 2. Ketidakberaturan Berat (Massa) (Tipe 2)

Ketidakberaturan vertikal tipe 2 terjadi jika terdapat tingkat yang massanya melebihi 150% dari massa tingkat dekatnya (tingkat atas atau bawahnya), sedangkan untuk atap yang lebih ringan dari tingkat dibawahnya tidak perlu ditinjau. Analisis massa bangunan menggunakan ETABS, kemudian dilakukan perhitungan untuk pengecekan rasio massa. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

Massa Tingkat 1 = 3860983,82 kg

Massa Tingkat 2 = 3650740,26 kg

$$= \frac{\text{Massa Tingkat 1}}{\text{Massa Tingkat 2}} \times 100 \leq 150\%$$

$$= \frac{3860983,82}{3650740,26} \times 100 \leq 150\%$$

$$= 105,759 \leq 150\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada seluruh tingkat, RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak tidak memiliki ketidakberaturan vertikal tipe 2. Rekapitulasi perhitungan untuk ketidakberaturan vertikal tipe 2 dapat dilihat pada Tabel 5.82.

**Tabel 5.82 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2**

| Tingkat | Massa (kg) | Rasio terhadap massa tingkat di dekatnya |
|---------|------------|--|
| 9       | 615190,40  | -  |
| 8       | 2645021,78 | -  |
| 7       | 3133735,44 | 118,477%                                 |
| 6       | 3017428,93 | 96,289%                                  |
| 5       | 3136110,30 | 103,933%                                 |
| 4       | 3530213,45 | 112,567%                                 |
| 3       | 3950696,72 | 111,911%                                 |
| 2       | 3650740,26 | 92,408%                                  |
| 1       | 3860983,82 | 105,759%                                 |

### 3. Ketidakberaturan Geometri Vertikal (Tipe 3)

Ketidakberaturan vertikal tipe 3 dikatakan ada apabila jika dimensi horizontal sistem gaya pemikul seismik pada suatu tingkat melebihi 130% dimensi horizontal gaya pemikul seismik tingkat didekatnya. Sistem gaya pemikul seismik yang ditinjau merupakan dinding geser pada setiap tingkatnya. Hasil identifikasi dinding geser pada gedung ini tipikal dari tingkat bawah hingga atasnya sehingga ketidakberaturan vertikal tipe 3 tidak terpenuhi. Berikut rekapitulasi pengecekan dapat dilihat pada Tabel 5.83.

**Tabel 5.83 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3**

| Tingkat | L    | Rasio tingkat di dekatnya |
|---------|------|---------------------------|
|         | mm   |                           |
| 9       | 6000 | 100%                      |
| 8       | 6000 | 100%                      |
| 7       | 6000 | 100%                      |
| 6       | 6000 | 100%                      |
| 5       | 6000 | 100%                      |
| 4       | 6000 | 100%                      |
| 3       | 6000 | 100%                      |
| 2       | 6000 | 100%                      |
| 1       | 6000 | 100%                      |

4. Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada elemen Vertikal Pemikul gaya Lateral (Tipe 4)

Ketidakberaturan vertikal tipe 4 terjadi apabila terdapat pergeseran posisi (*offset*) pada elemen vertikal pemikul gaya lateral lebih besar dari dimensi horizontal elemen tersebut. Berdasarkan *as built drawing* tidak terdapat diskontinuitas pada dinding geser, sehingga ketidakberaturan tipe 4 tidak dimiliki.

5. Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat (Tipe 5a dan Tipe 5b) pada Kekuatan Lateral Tingkat

Ketidakberaturan vertikal tingkat lemah terjadi apabila kekuatan gaya lateral pada suatu tingkat mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan tingkat di atasnya, yaitu kurang dari 80% untuk tipe 5a dan 65% untuk tipe 5b. Kapasitas lateral tiap tingkat dianalisis menggunakan ETABS pada arah X dan Y. Berdasarkan pengecekan tidak terdapat ketidakberaturan Tipe 5a dan 5b, yang dapat dilihat pada Tabel 5.84.

**Tabel 5.84 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b**

| Tingkat | Kekakuan   |            | Rasio terhadap kekakuan tingkat di atasnya |          |
|---------|------------|------------|--|----------|
|         | Arah X     | Arah Y     | Arah X                                     | Arah Y   |
| 9       | 2177,1841  | 2127,8832  | -  | -        |
| 8       | 10627,7036 | 10420,2369 | 488,140%                                   | 489,700% |
| 7       | 19250,1762 | 18931,182  | 181,132%                                   | 181,677% |
| 6       | 26235,2233 | 25872,6659 | 136,286%                                   | 136,667% |
| 5       | 32157,5234 | 31805,107  | 122,574%                                   | 122,929% |
| 4       | 37360,5857 | 37067,8556 | 116,180%                                   | 116,547% |
| 3       | 41603,1188 | 41412,5416 | 111,356%                                   | 111,721% |
| 2       | 44131,1156 | 44046,2506 | 106,076%                                   | 106,360% |
| 1       | 45186,7096 | 45186,7096 | 102,392%                                   | 102,589% |

## 5.7 Analisis Riwayat waktu

### 5.7.1 Rekaman Gerak Tanah

Analisis linear riwayat waktu pada penelitian ini menggunakan tiga rekaman gempa sebagaimana telah dijelaskan pada [3.3.11](#) dan ketentuan SNI 1726:2019. Jenis rekaman gempa yang diambil merupakan gempa dangkal (*shallow crustal*) yang diperoleh dari *PEER Ground Motion Database*. Mengacu pada ASCE 41-17 untuk evaluasi gedung eksisting dapat digunakan periode ulang 250 tahun. Penentuan parameter jarak sumber gempa (R) dan Magnitudo (M) diperoleh dari Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia 2022, sedangkan kondisi situs ditentukan berdasarkan Vs30. Hasil penentuan parameter gerak tanah dapat dilihat pada Tabel 5.85.

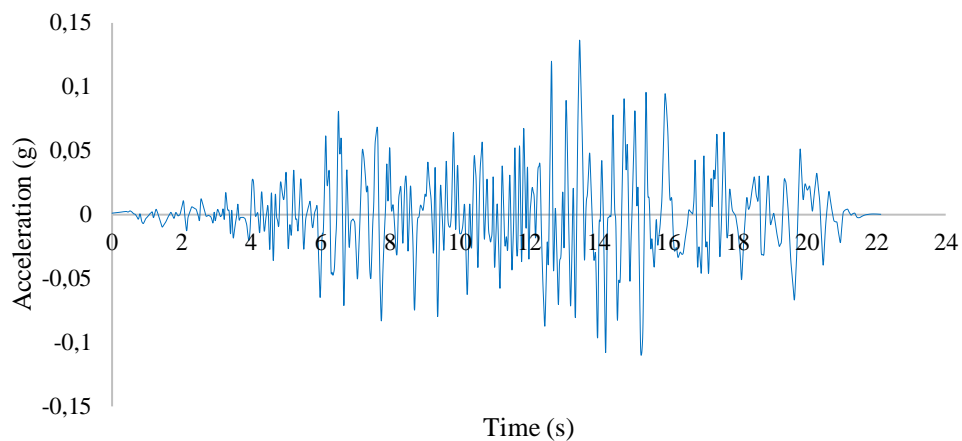
**Tabel 5.85 Parameter Pemilihan Gerak Tanah**

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| Vs30 Pakai        | : 175-350 m/s            |
| Periode Struktur  | : 3 detik                |
| Jenis Gerak Tanah | : <i>Shallow Crustal</i> |
| Periode Ulang     | : 250 tahun              |
| Magnitudo (M)     | : 6,4-6,6                |
| Jarak (km)        | : 20-30                  |

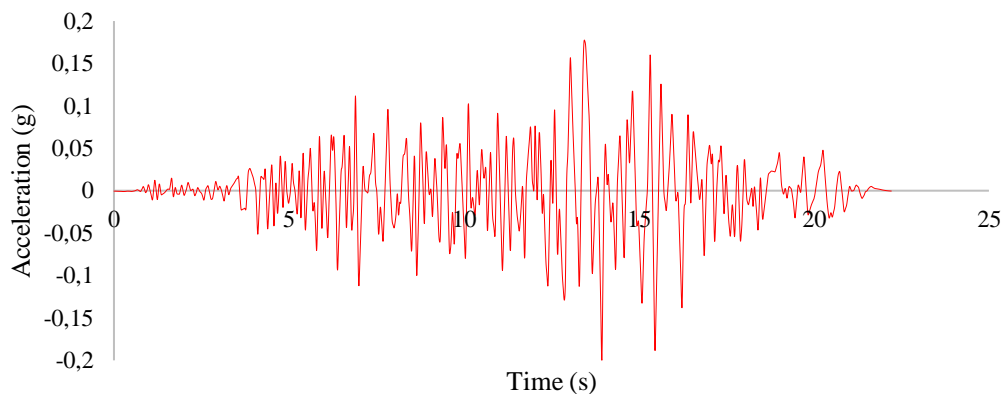
Nilai periode struktur  $T = 0,79$  detik lebih besar dari  $T_s$ , maka periode getar untuk pemilihan rekaman gerak gempa berdasarkan peta deagregasi digunakan 3 detik. Parameter tersebut dipilih rekaman gerak tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.86, kemudian diproses menggunakan Excel untuk menampilkan grafik percepatan arah X dan Y terhadap waktu. Grafik riwayat percepatan dilihat pada Gambar 5.11 hingga Gambar 5.16.

**Tabel 5.86 Pemilihan Rekaman Gerak Tanah**

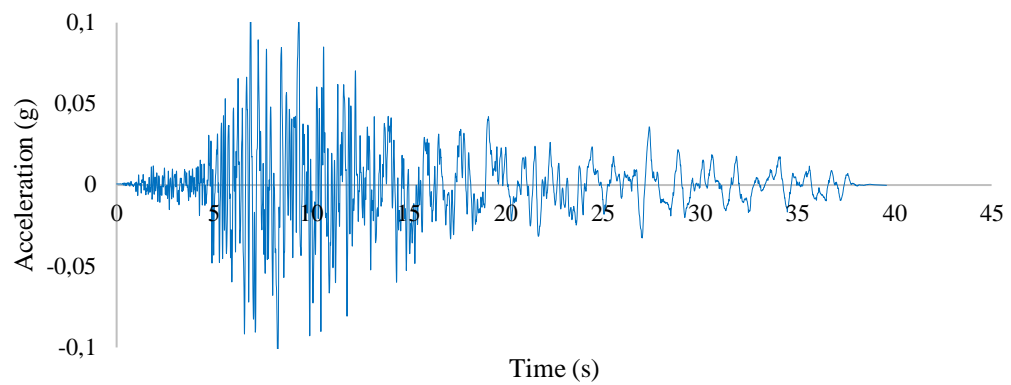
| RSN | Event              | Lokasi     | Tahun | Magnitudo (M) | R (km) | Vs30 (m/s) |
|-----|--------------------|------------|-------|---------------|--------|------------|
| 720 | Superstition Hills | California | 1987  | 6,54          | 27     | 205,78     |
| 176 | Imperial Valley    | California | 1979  | 6,553         | 21,98  | 249,92     |
| 724 | Superstition Hills | California | 1987  | 6,54          | 22,25  | 316,64     |



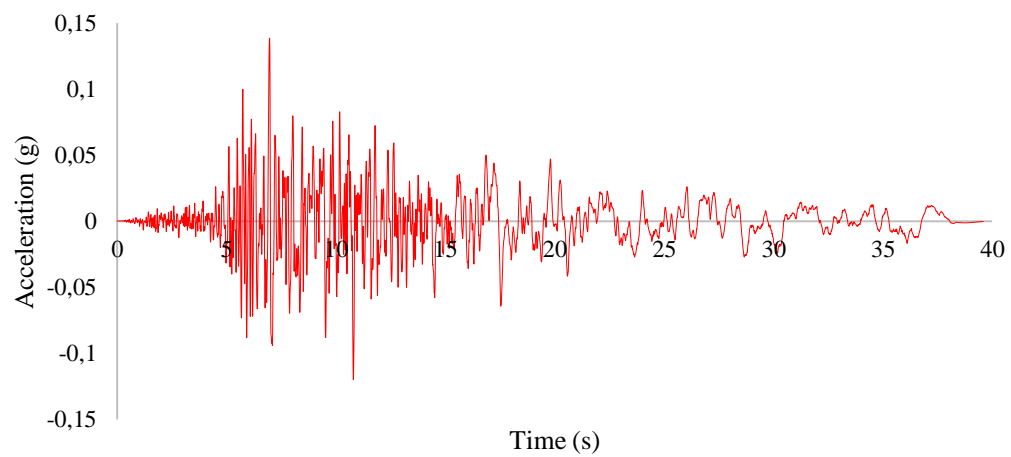
**Gambar 5.11 Rekaman Gerak Tanah Gempa 720 Superstition Hill 1987 (X)**



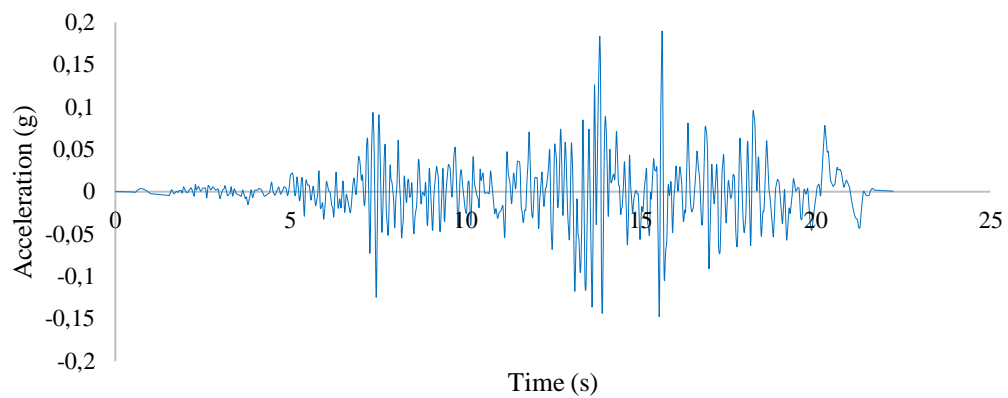
**Gambar 5.12 Rekaman Gerak Tanah Gempa 720 Superstition Hill 1987 (Y)**



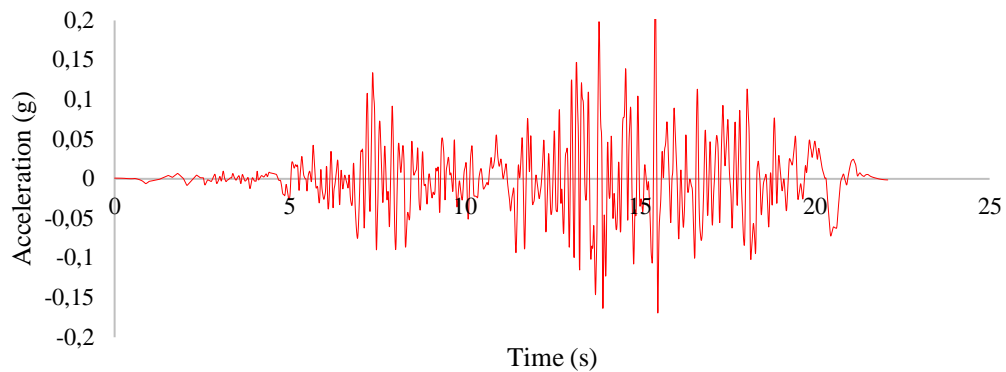
**Gambar 5.13** Rekaman Gerak Tanah Gempa Imperial Valley 1979 (X)



**Gambar 5.14** Rekaman Gerak Tanah Gempa Imperial Valley 1979 (Y)



**Gambar 5.15** Rekaman Gerak Tanah Gempa 724 Superstition Hills 1987 (X)



**Gambar 5.16 Rekaman Gerak Tanah Gempa 724 Superstition Hills 1987 (Y)**

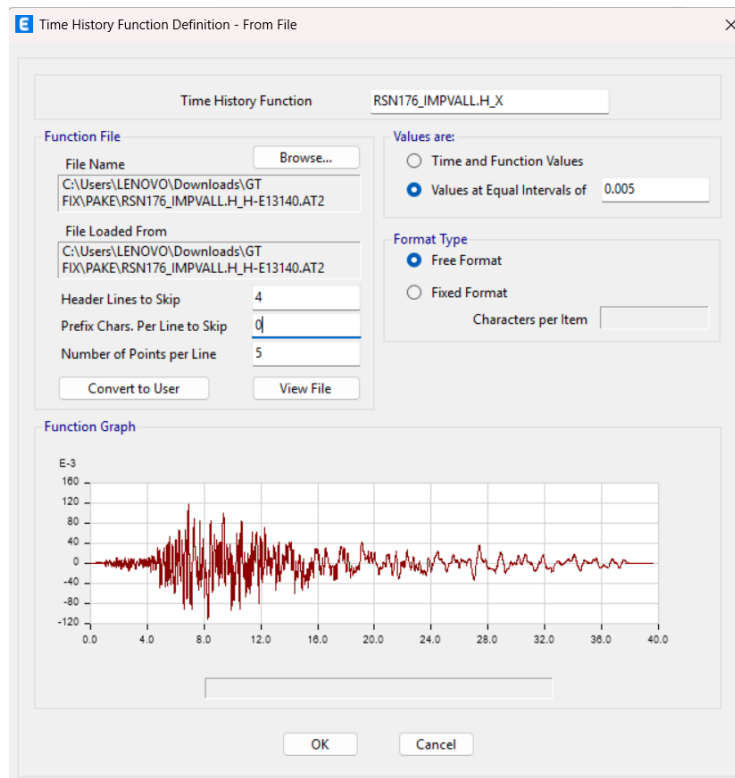
### 5.7.2 Pencocokan Spektral

Data riwayat percepatan tersebut kemudian dilakukan pencocokan dengan respon spektra desain (DBE) yang telah diperoleh sebelumnya. Berdasarkan SNI 1726:2019 atau sebagaimana yang sudah dijelaskan sebelumnya pada 3.3.11 Pencocokan spektral (*spectral matched*) linear harus dilakukan dalam rentang  $0,8T_{\text{lower}}$  dan  $1,2T_{\text{upper}}$  dimana  $T_{\text{lower}}$  yang diperoleh 0,122 detik dan  $T_{\text{upper}}$  0,792 detik. Sehingga rentang periode diperoleh sebagai berikut.

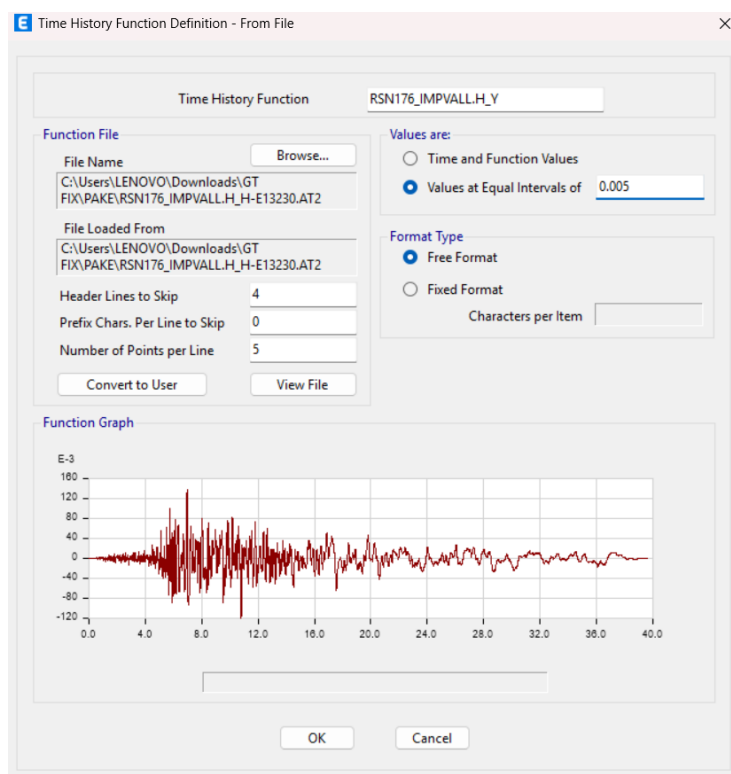
$$\begin{aligned} 0,8 T_{\text{lower}} &= 0,8 \times 0,122 \\ &= 0,0996 \text{ detik} \\ 1,2T_{\text{upper}} &= 1,2 \times 0,79 \\ &= 0,9504 \text{ detik} \end{aligned}$$

Pencocokan spektral dilakukan pada setiap rekaman gerak tanah menggunakan perangkat lunak ETABS. Sebagai contoh, berikut tahapan pencocokan spektral untuk gempa Imperial Valley 1979.

1. Pencocokan spektral dilakukan melalui menu *define* → *functions* → *time history*, kemudian tambahkan rekaman gerak tanah *from file*.
2. Sesuaikan parameter dengan format rekaman gerak tanah, seperti *Header Lines to Skip*, *Number of Points per Line*, dan *Values at Equal Intervals of* yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.

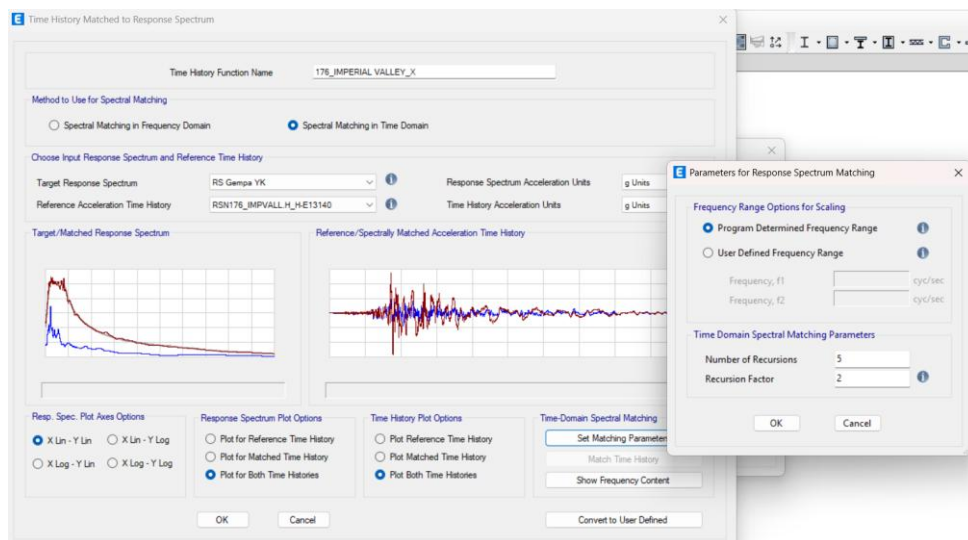


**Gambar 5.17 Parameter Format Gerak Tanah Imperial Valley 1979 Arah X**

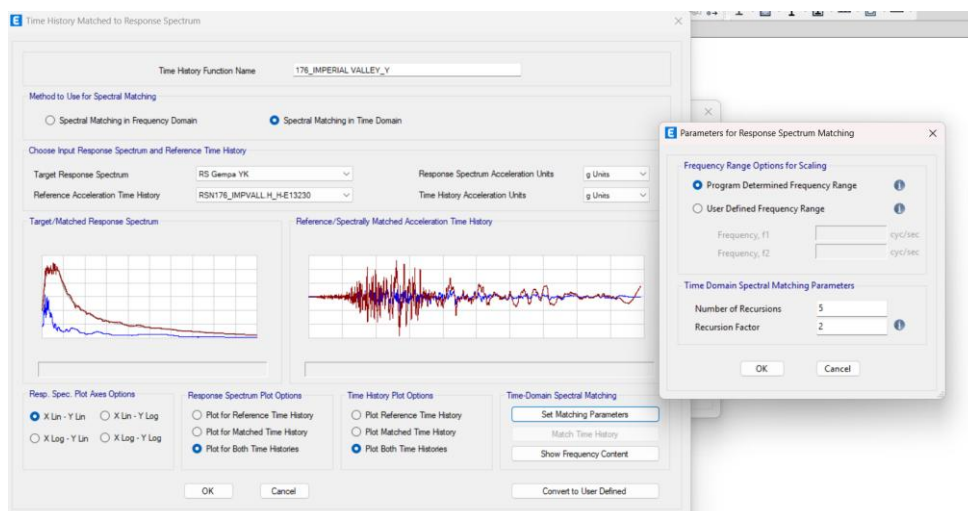


**Gambar 5.18 Parameter Format Gerak Tanah Imperial Valley 1979 Arah Y**

3. Pencocokan spektral memilih *function type* : *matched to response spectrum* menggunakan metode *Spectral Matching in Time Domain*. Respon spektrum desain sebagai *Target Response Spectrum*, sedangkan rekaman riwayat waktu sebagai *Reference Acceleration Time History*. Parameter pencocokan menggunakan *Program Determined Frequency Range* dan *Match Time History* dapat dilihat Gambar 5.19 dan Gambar 5.20.

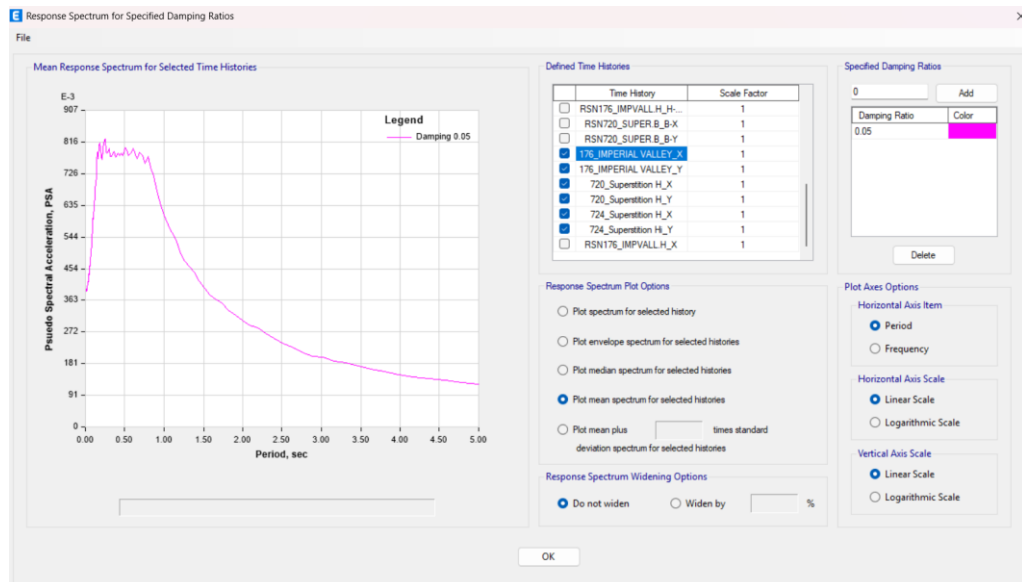


**Gambar 5.19 Parameter Pencocokan Spektral Imperial Valley 1979 Arah X**



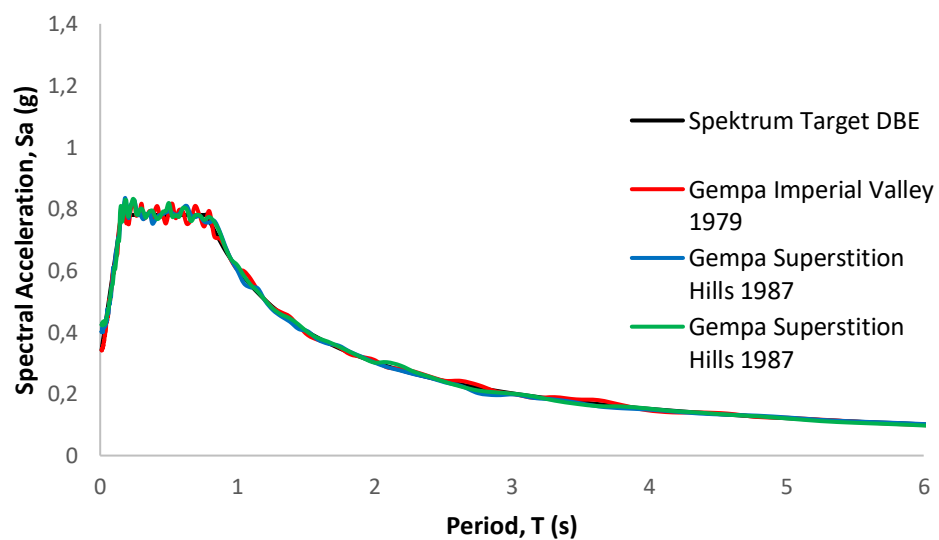
**Gambar 5.20 Parameter Pencocokan Spektral Imperial Valley 1979 Arah Y**

4. *Plot mean Spectrum for selected Histories* untuk mendapatkan nilai rata-rata percepatan semu respons spektrum seluruh rekaman gerak tanah dengan rasio redaman 5% sesuai dengan 3.3.11 dapat dilihat pada Gambar 5.21.



**Gambar 5.21 Percepatan Semu Rerata Rekaman Riwayat Waktu**

Hasil pencocokan spektral tiap rekaman gerak tanah dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan hasil perbandingan respons spektrum target dan respon spektrum rata-rata riwayat waktu dapat dilihat pada Tabel 5.87.



**Gambar 5.22 Pencocokan Spektral Respons Spektrum Rata-Rata dengan Respons Spektrum Desain**

**Tabel 5.87 Perbandingan Mean Pseudo Acceleration Terhadap Respon Spektrum Target**

| T (detik) | Sa Spektrum Rata-rata | Sa Spektrum Target | Perbandingan |
|-----------|-----------------------|--------------------|--------------|
| 0,096     | 0,598                 | 0,5999             | 0,3%         |
| 0,100     | 0,596                 | 0,6134             | 2,9%         |
| 0,105     | 0,613                 | 0,6276             | 2,4%         |
| 0,110     | 0,623                 | 0,6423             | 3,0%         |
| 0,115     | 0,645                 | 0,6580             | 2,0%         |
| 0,120     | 0,652                 | 0,6743             | 3,2%         |
| 0,126     | 0,676                 | 0,6915             | 2,2%         |
| 0,132     | 0,706                 | 0,7092             | 0,5%         |
| 0,138     | 0,713                 | 0,7279             | 2,1%         |
| 0,145     | 0,764                 | 0,7475             | 2,2%         |
| 0,151     | 0,787                 | 0,7683             | 2,5%         |
| 0,159     | 0,768                 | 0,7802             | 1,5%         |
| 0,166     | 0,776                 | 0,7802             | 0,5%         |
| 0,174     | 0,806                 | 0,7802             | 3,4%         |
| 0,182     | 0,814                 | 0,7802             | 4,4%         |
| 0,191     | 0,798                 | 0,7802             | 2,3%         |
| 0,200     | 0,774                 | 0,7802             | 0,8%         |
| 0,209     | 0,766                 | 0,7802             | 1,9%         |
| 0,219     | 0,798                 | 0,7802             | 2,3%         |
| 0,229     | 0,814                 | 0,7802             | 4,4%         |
| 0,240     | 0,824                 | 0,7802             | 5,6%         |
| 0,251     | 0,825                 | 0,7802             | 5,7%         |
| 0,263     | 0,786                 | 0,7802             | 0,8%         |
| 0,275     | 0,784                 | 0,7802             | 0,5%         |
| 0,288     | 0,792                 | 0,7802             | 1,5%         |
| 0,302     | 0,797                 | 0,7802             | 2,1%         |
| 0,316     | 0,775                 | 0,7802             | 0,6%         |
| 0,331     | 0,776                 | 0,7802             | 0,6%         |
| 0,347     | 0,782                 | 0,7802             | 0,2%         |
| 0,363     | 0,789                 | 0,7802             | 1,2%         |
| 0,380     | 0,772                 | 0,7802             | 1,0%         |
| 0,398     | 0,778                 | 0,7802             | 0,3%         |
| 0,417     | 0,783                 | 0,7802             | 0,4%         |
| 0,437     | 0,777                 | 0,7802             | 0,4%         |
| 0,457     | 0,783                 | 0,7802             | 0,4%         |
| 0,479     | 0,778                 | 0,7802             | 0,3%         |
| 0,501     | 0,800                 | 0,7802             | 2,5%         |

**Lanjutan Tabel 5.87 Perbandingan Mean Pseudo Acceleration Terhadap Respon Spektrum Target**

| T (detik) | Sa Spektrum Rata-rata | Sa Spektrum Target | Perbandingan |
|-----------|-----------------------|--------------------|--------------|
| 0,550     | 0,777                 | 0,7802             | 0,4%         |
| 0,575     | 0,785                 | 0,7802             | 0,6%         |
| 0,603     | 0,798                 | 0,7802             | 2,3%         |
| 0,631     | 0,786                 | 0,7802             | 0,8%         |
| 0,661     | 0,768                 | 0,7802             | 1,6%         |
| 0,692     | 0,787                 | 0,7802             | 0,9%         |
| 0,724     | 0,778                 | 0,7802             | 0,2%         |
| 0,759     | 0,755                 | 0,7802             | 3,2%         |
| 0,794     | 0,774                 | 0,7630             | 1,5%         |
| 0,832     | 0,743                 | 0,7286             | 2,0%         |
| 0,871     | 0,718                 | 0,6958             | 3,2%         |
| 0,912     | 0,676                 | 0,6645             | 1,7%         |
| 0,955     | 0,635                 | 0,6346             | 0,0%         |

Berdasarkan hasil perbandingan antara respon spektrum rata-rata pencocokan spektral dengan respons spektrum target, diperoleh bahwa nilai berada pada batas  $\pm 10\%$  sebagaimana disyaratkan SNI 1726:2019 dan 3.3.11. Dengan demikian, prosedur pencocokan spektral telah memenuhi kriteria.

## 5.8 Analisis Respons Struktur Akibat Gempa Riwayat Waktu

Analisis struktur pada penelitian ini untuk mengetahui respon struktur akibat beban gempa riwayat waktu yang telah dilakukan pencocokan spektral dengan spektrum respon desain menggunakan ETABS.

### 5.8.1 Skala Gaya Gempa Riwayat Waktu Linear

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.2.5.2 untuk tiap gerak tanah yang dianalisis, faktor skala gaya geser untuk arah X dan arah Y harus ditentukan.

#### 1. Faktor Skala Awal

Perhitungan faktor skala awal dapat dilihat sebagai berikut

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

$$I_e = 1,5$$

$$R = 7$$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Skala Awal} &= \frac{g \times I_e}{R} \\
 &= \frac{9,80665 \times 1,5}{7} \\
 &= 2,101 \text{ m/s}^2 \\
 &= 2101,425 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

Gempa riwayat waktu kedua arah yang sudah dilakukan pencocokan spektral kemudian didefinisikan sebagai *load case* kemudian faktor skala awal di input pada *scale factor* yang dapat dilihat pada Gambar 5.23 untuk Gempa 5.24.

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name: UN\_Ex\_IMPERIAL VALLEY

Load Case Type/Subtype: Time History | Linear Modal

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function            | Scale Factor |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|
| Acceleration | U1        | 176_IMPERIAL VAL... | 2101.43      |

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

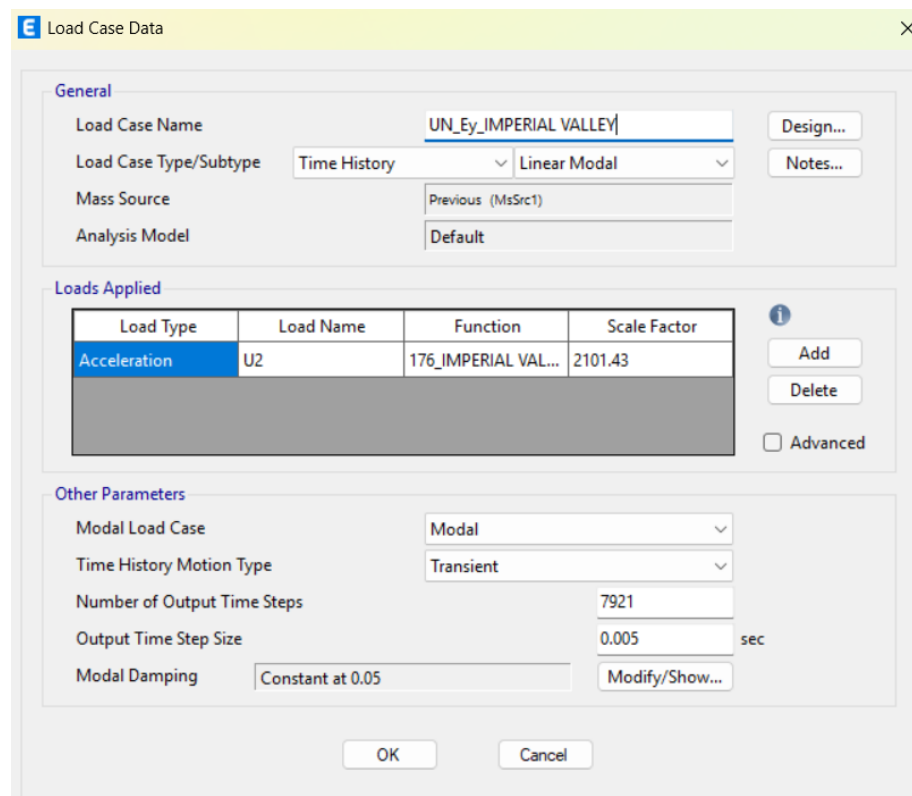
Number of Output Time Steps: 7925

Output Time Step Size: 0.005 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

**Gambar 5.23** Faktor Skala Awal Gempa Imperial Valley 1979 arah X



**Gambar 5.24 Faktor Skala Awal Gempa Imperial Valley 1979 arah Y**

## 2. Penentuan Faktor Skala untuk Gaya Geser Dasar

Faktor skala gaya geser pada tiap arah dan gempa harus ditentukan menggunakan persamaan 3.10 dan 3.11. Nilai  $V_x$  dan  $V_y$  diperoleh dari hasil analisis ETABS gaya geser statik metode ELF, kemudian nilai  $V_{IX}$  dan  $V_{IY}$  didapatkan dari hasil analisis ETABS. Berikut contoh perhitungan faktor skala gaya geser dasar akibat gempa Imperial Valley 1979.

$$V_x \text{ Statik} = 45153,692 \text{ kN} \qquad V_{IX} = 30193,444 \text{ kN}$$

$$V_y \text{ Statik} = 45153,692 \text{ kN} \qquad V_{IY} = 28918,935 \text{ kN}$$

$$\eta_x = \frac{45153,692}{30193,444} \geq 1,0$$

$$= 1,495 \geq 1,0$$

$$\eta_y = \frac{45153,692}{28918,935} \geq 1,0$$

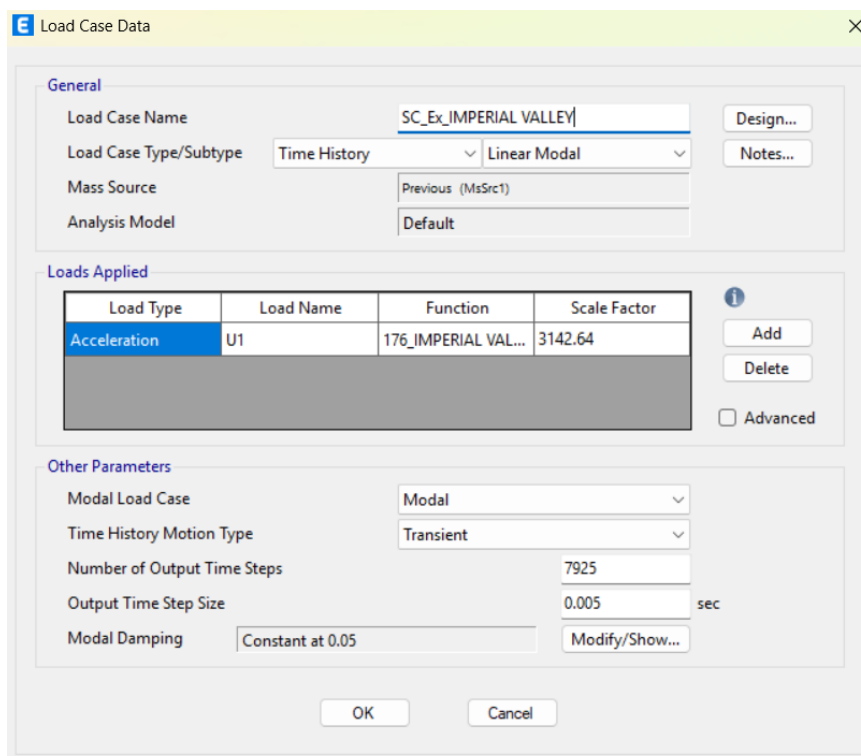
$$= 1,561 \geq 1,0$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor skala sudah lebih dari 1 dimana faktor skala respons gempa Imperial Valley 1979 arah x 1,497 dan arah Y 1,561. Rekapitulasi faktor skala untuk setiap rekaman gerak tanah dapat dilihat pada Tabel 5.88.

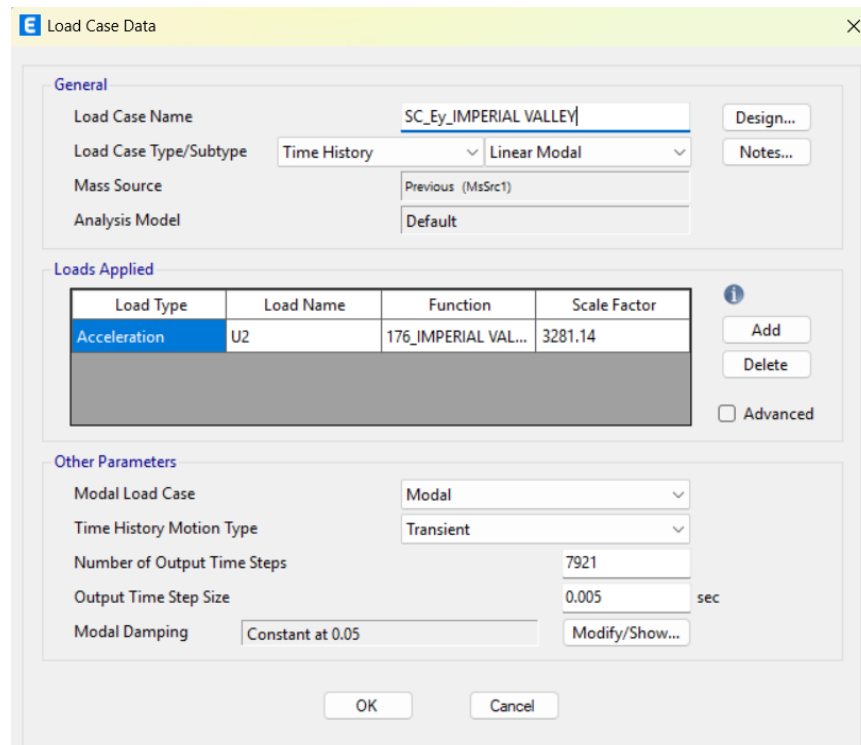
**Tabel 5.88 Rekapitulasi Faktor Skala Respons Gaya Gempa**

| Rekaman Gempa           | V <sub>X</sub> | V <sub>Y</sub> | V <sub>IX</sub> | V <sub>IY</sub> | $\eta_x$ | $\eta_y$ |
|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------|----------|
|                         | (kN)           | (kN)           | (kN)            | (kN)            |          |          |
| Imperial Valley 1979    | 45153,692      | 45153,692      | 30193,444       | 28918,935       | 1,495    | 1,561    |
| Superstition Hills 1987 | 45153,692      | 45153,692      | 37954,704       | 33108,667       | 1,190    | 1,364    |
| Superstition Hils 1987  | 45153,692      | 4515,692       | 37954,704       | 28820,723       | 1,190    | 1,567    |

- Faktor skala respons dikalikan faktor skala awal menghasilkan nilai 3142,639 mm/s<sup>2</sup> arah X dan 3281,141 mm/s<sup>2</sup> arah Y, kemudian nilai didefinisikan sebagai *load case linear time history* baru pada ETABS dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26.



**Gambar 5.25 Faktor Skala Gaya Gempa Imperial Valley 1979 arah X**



**Gambar 5.26 Faktor Skala Gaya Gempa Imperial Valley 1979 arah Y**

Rekapitulasi faktor skala respons gempa kedua arah setiap gerak tanah dapat dilihat pada Tabel 5.89.

**Tabel 5.89 Rekapitulasi Faktor Skala Respons Gaya Gempa**

| Nilai | Gempa           |                        |                        | Satuan          |
|-------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
|       | Imperial Valley | Superstition Hills 720 | Superstition Hills 724 |                 |
| $V_X$ | 3142,639        | 2500,009               | 2500,009               | $\text{mm/s}^2$ |
| $V_Y$ | 3281,141        | 2865,929               | 3292,322               | $\text{mm/s}^2$ |

### 5.8.2 Gaya Geser Seismik

Berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019 pasal 7.9.2.5.3 serta uraian pada subbab 3.3.11, analisis gaya geser dasar seismik dilakukan dengan faktor skala gaya yang telah diperoleh untuk setiap rekaman gempa kedua arah. Respons struktur pada kondisi kritis perlu memperhitungkan pengaruh torsi tak terduga. Oleh karena itu, *load case* gempa dengan dan tanpa mempertimbangkan pengaruh torsi tak terduga pada masing-masing arah didefinisikan melalui pergeseran pusat massa yang pada *mass source* yang dapat dilihat pada Gambar 5.27 hingga Gambar 5.30.

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following settings:

- Mass Source Name:** Mass - TTx
- Mass Source:**
  - Element Self Mass
  - Additional Mass
  - Specified Load Patterns
  - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
    - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: -0.05
    - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

| Load Pattern | Multiplier |
|--------------|------------|
| SDL          | 1          |
- Mass Options:**
  - Include Lateral Mass
  - Include Vertical Mass
  - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

**Gambar 5.27 Pergeseran Pusat Massa Arah X Negatif**

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following settings:

- Mass Source Name:** Mass - TTy
- Mass Source:**
  - Element Self Mass
  - Additional Mass
  - Specified Load Patterns
  - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
    - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0
    - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: -0.05
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

| Load Pattern | Multiplier |
|--------------|------------|
| SDL          | 1          |
- Mass Options:**
  - Include Lateral Mass
  - Include Vertical Mass
  - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

**Gambar 5.28 Pergeseran Pusat Massa Arah Y Negatif**

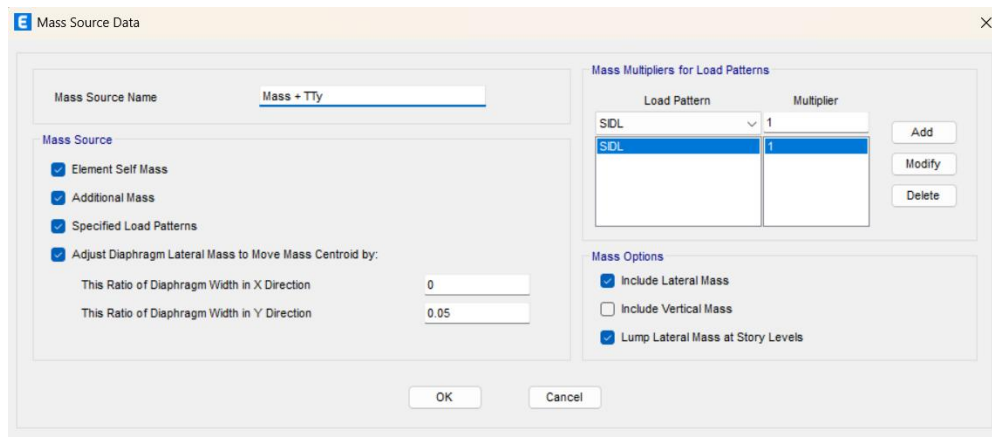
The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following settings:

- Mass Source Name:** Mass + TTx
- Mass Source:**
  - Element Self Mass
  - Additional Mass
  - Specified Load Patterns
  - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
    - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05
    - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

| Load Pattern | Multiplier |
|--------------|------------|
| SDL          | 1          |
- Mass Options:**
  - Include Lateral Mass
  - Include Vertical Mass
  - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

**Gambar 5.29 Pergeseran Pusat Massa Arah X Positif**



**Gambar 5.30 Pergeseran Pusat Massa Arah Y Positif**

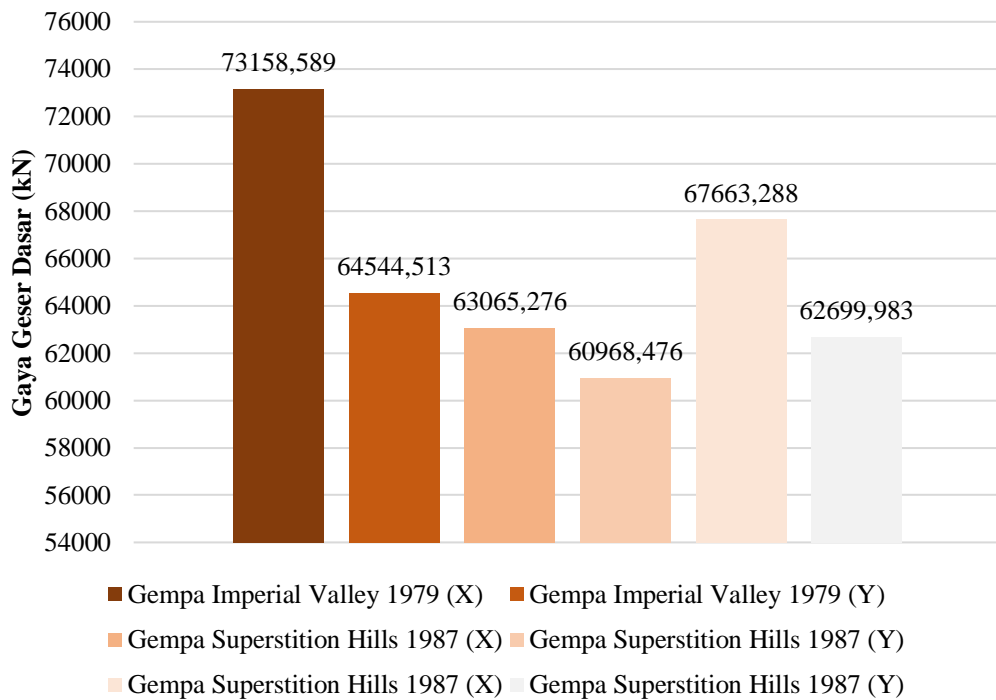
Nilai gaya geser dasar kedua arah diperoleh melalui tahap kombinasi respons gempa, diawali dengan hasil gaya geser dasar arah X dianalisis dari *load case* gempa riwayat waktu arah X tanpa mempertimbangkan pengaruh torsi tak terduga. Selanjutnya, memperhitungkan kontribusi respons gempa ortogonal dengan menambahkan komponen gaya geser arah X akibat gempa riwayat waktu arah Y. Hasil rekapitulasi masing-masing gaya geser dasar akibat gempa riwayat waktu dapat dilihat pada Tabel 5.90 dan Gambar 5.31.

**Tabel 5.90 Rekapitulasi Gaya Geser Dasar akibat Gempa Riwayat Waktu**

| Nilai     | Gempa                   |                                |                                  | Satuan |
|-----------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------|
|           | Imperial Valley<br>1979 | 720 Superstition Hills<br>1987 | 724 Superstition Hills 2<br>1987 |        |
| $V_{E,X}$ | 73158,589               | 63065,276                      | 67663,288                        | kN     |
| $V_{E,Y}$ | 64544,513               | 60968,476                      | 62699,983                        | kN     |

Nilai gaya geser dasar arah X terbesar diperoleh akibat gempa Imperial Valley 1979 dengan nilai 73158,589 kN, diikuti oleh gempa Superstition Hills 2 sebesar 67663,288 kN, dan gaya geser terkecil pada arah X berasal dari gempa Superstition Hills sebesar 63065,276 kN. Begitu juga untuk arah Y, nilai gaya geser dasar maksimum terbesar dihasilkan oleh gempa Imperial Valley senilai 64544,513 kN, diikuti oleh gempa Superstition Hills 2 sebesar 62699,983 kN, dan nilai terkecil diperoleh dari gempa Superstition Hills sebesar 60968,476 kN. Besarnya nilai gaya

geser akibat gempa Imperial Valley salah satunya dapat dipengaruhi oleh nilai percepatan spektral pada periode struktur lebih besar dibandingkan gempa Supersition Hills.



**Gambar 5.31 Gaya Geser Dasar akibat Gempa Riwayat Waktu**

### 5.8.3 Simpangan dan Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan 3.3.11 analisis simpangan dan simpangan antar tingkat akibat gempa ditentukan melalui kombinasi respons dua arah. Faktor pembesaran defleksi  $C_{dx}$  dan  $C_{dy}$  diberikan pada masing-masing arah. Respons perpindahan mempertimbangkan pengaruh torsi tak terduga, sedangkan respons arah tanpa pengaruh torsi. Nilai simpangan didapatkan dari hasil analisis ETABS yang dapat dilihat pada Tabel 5.89 untuk tiap rekaman gempa.

Nilai simpangan tingkat izin ditetapkan berdasarkan Tabel 3.11 dengan kategori desain sesimik D. Simpangan antar tingkat pada tingkat 7 akibat gempa Imperial Valley 1979 arah x diperoleh dari persamaan 3.16 dan 3.17 perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \delta e_{7,x} &= 56,85 \text{ mm} \\
 \delta e_{6,x} &= 47,684 \text{ mm} \\
 h &= 4200 \text{ mm} \\
 \delta_{7,x} &= \frac{56,85 \times 5,5}{1,5} \\
 &= 208,450 \text{ mm} \\
 \delta_{6,x} &= \frac{47,684 \times 5,5}{1,5} \\
 &= 174,841 \text{ mm} \\
 \Delta_{7,x} &= \delta_{7,x} - \delta_{6,x} \\
 &= 208,450 - 174,841 \\
 &= 33,609 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol simpangan antar tingkat

$$\begin{aligned}
 \Delta < \Delta_a &= 33,609 < 0,01 h \\
 &= 33,609 < 42 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi hasil analisis simpangan dan simpangan antar tingkat akibat rekaman gerak tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.91 hingga Tabel 5.93 dan Gambar 5.32 hingga Gambar 5.39.

**Tabel 5.91 Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa Riwayat Waktu Imperial Valley 1979**

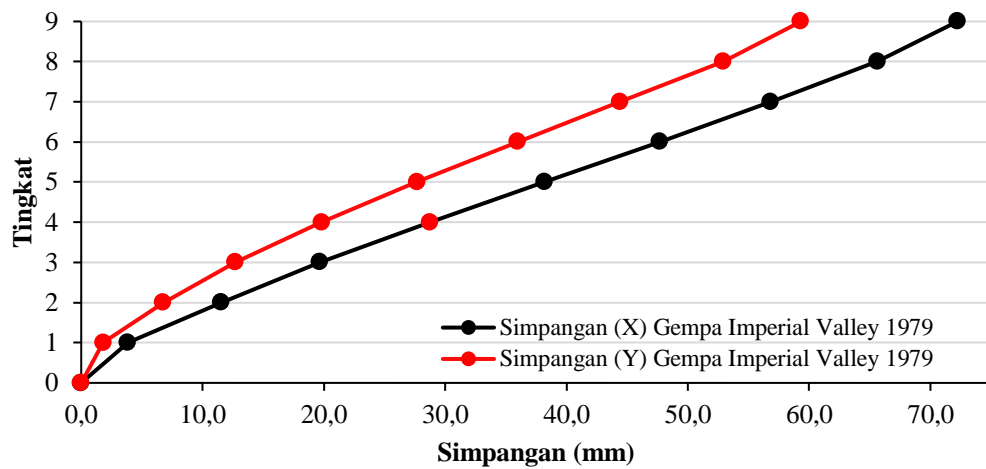
| Tingkat | Simpangan     |               | h    | Simpangan Inelastik |            | Simpangan Antar Tingkat |            | <i>Drift Limit</i> | <i>Cek Drift Limit</i> |
|---------|---------------|---------------|------|---------------------|------------|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|
|         | $\delta e, x$ | $\delta e, y$ |      | $\delta x$          | $\delta y$ | $\Delta x$              | $\Delta y$ |                    |                        |
|         | (mm)          | (mm)          |      | (mm)                | (mm)       | (mm)                    | (mm)       |                    |                        |
| 9       | 72,234        | 59,339        | 3200 | 264,858             | 217,576    | 24,189                  | 23,496     | 32                 | OK                     |
| 8       | 65,637        | 52,931        | 4200 | 240,669             | 194,080    | 32,219                  | 31,222     | 42                 | OK                     |
| 7       | 56,85         | 44,416        | 4200 | 208,450             | 162,859    | 33,609                  | 30,991     | 42                 | OK                     |
| 6       | 47,684        | 35,964        | 4200 | 174,841             | 131,868    | 34,701                  | 30,386     | 42                 | OK                     |
| 5       | 38,22         | 27,677        | 4200 | 140,140             | 101,482    | 34,635                  | 28,816     | 42                 | OK                     |
| 4       | 28,774        | 19,818        | 4200 | 105,505             | 72,666     | 33,392                  | 26,070     | 42                 | OK                     |
| 3       | 19,667        | 12,708        | 4200 | 72,112              | 46,596     | 29,773                  | 21,795     | 42                 | OK                     |
| 2       | 11,547        | 6,764         | 5000 | 42,339              | 24,801     | 28,237                  | 18,132     | 50                 | OK                     |
| 1       | 3,846         | 1,819         | 4000 | 14,102              | 6,670      | 14,102                  | 6,670      | 40                 | OK                     |
| 0       | 0             | 0             | 0    | 0                   | 0          | 0                       | 0          | 0                  | OK                     |

**Tabel 5.92 Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa Riwayat Waktu 720 Superstition Hills 1987**

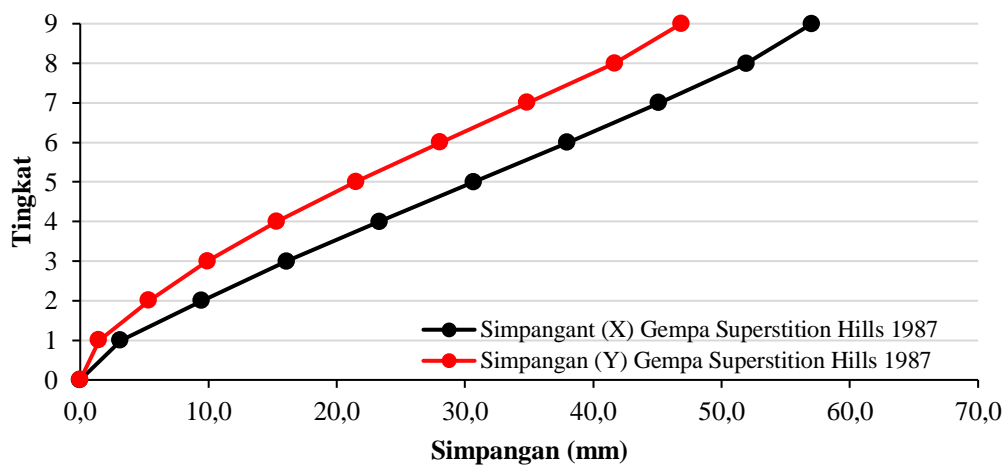
| Tingkat | Simpangan     |               | h<br>(mm) | Simpangan Inelastik |            | Simpangan Antar Tingkat |            | <i>Drift Limit</i><br>(mm) | Cek Drift<br>Limit |
|---------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------|
|         | $\delta e, x$ | $\delta e, y$ |           | $\delta x$          | $\delta y$ | $\Delta x$              | $\Delta y$ |                            |                    |
|         | (mm)          | (mm)          |           | (mm)                | (mm)       | (mm)                    | (mm)       |                            |                    |
| 9       | 57,05         | 46,856        | 3200      | 209,183             | 171,805    | 18,711                  | 18,957     | 32                         | OK                 |
| 8       | 51,947        | 41,686        | 4200      | 190,472             | 152,849    | 24,959                  | 25,051     | 42                         | OK                 |
| 7       | 45,14         | 34,854        | 4200      | 165,513             | 127,798    | 26,140                  | 24,823     | 42                         | OK                 |
| 6       | 38,011        | 28,084        | 4200      | 139,374             | 102,975    | 26,730                  | 24,094     | 42                         | OK                 |
| 5       | 30,721        | 21,513        | 4200      | 112,644             | 78,881     | 27,031                  | 22,627     | 42                         | OK                 |
| 4       | 23,349        | 15,342        | 4200      | 85,613              | 56,254     | 26,528                  | 19,818     | 42                         | OK                 |
| 3       | 16,114        | 9,937         | 4200      | 59,085              | 36,436     | 24,262                  | 16,779     | 42                         | OK                 |
| 2       | 9,497         | 5,361         | 5000      | 34,822              | 19,657     | 23,210                  | 14,311     | 50                         | OK                 |
| 1       | 3,167         | 1,458         | 4000      | 11,612              | 5,346      | 11,612                  | 5,346      | 40                         | OK                 |
| 0       | 0             | 0             | 0         | 0                   | 0          | 0                       | 0          | 0                          | OK                 |

**Tabel 5.93 Rekapitulasi Analisis Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa Riwayat Waktu 724 Superstition Hills 1987**

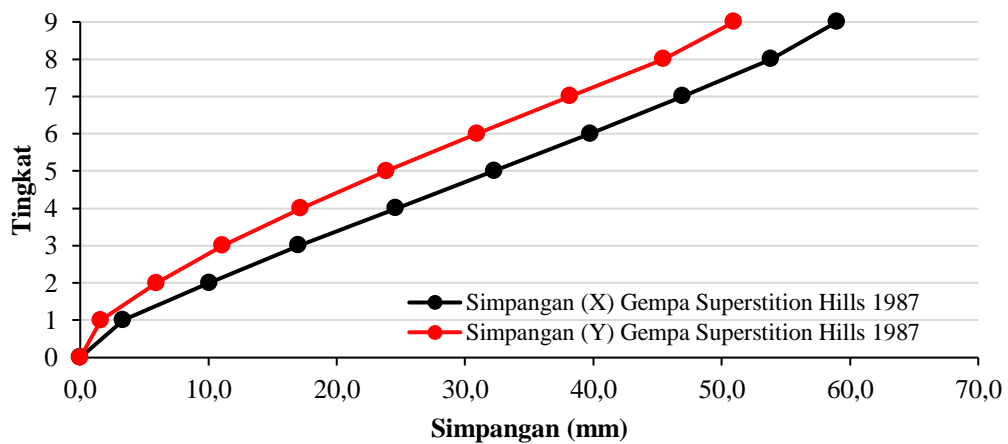
| Tingkat | Simpangan     |               | h    | Simpangan Inelastik |            | Simpangan Antar Tingkat |            | <i>Drift Limit</i> | Cek Drift Limit |
|---------|---------------|---------------|------|---------------------|------------|-------------------------|------------|--------------------|-----------------|
|         | $\delta e, x$ | $\delta e, y$ |      | $\delta x$          | $\delta y$ | $\Delta x$              | $\Delta y$ |                    |                 |
|         | (mm)          | (mm)          |      | (mm)                | (mm)       | (mm)                    | (mm)       |                    |                 |
| 9       | 58,984        | 50,971        | 3200 | 216,275             | 186,894    | 18,869                  | 20,218     | 32                 | OK              |
| 8       | 53,838        | 45,457        | 4200 | 197,406             | 166,676    | 25,230                  | 26,679     | 42                 | OK              |
| 7       | 46,957        | 38,181        | 4200 | 172,176             | 139,997    | 26,330                  | 26,525     | 42                 | OK              |
| 6       | 39,776        | 30,947        | 4200 | 145,845             | 113,472    | 27,504                  | 25,909     | 42                 | OK              |
| 5       | 32,275        | 23,881        | 4200 | 118,342             | 87,564     | 28,090                  | 24,552     | 42                 | OK              |
| 4       | 24,614        | 17,185        | 4200 | 90,251              | 63,012     | 27,738                  | 22,308     | 42                 | OK              |
| 3       | 17,049        | 11,101        | 4200 | 62,513              | 40,704     | 25,586                  | 18,869     | 42                 | OK              |
| 2       | 10,071        | 5,955         | 5000 | 36,927              | 21,835     | 24,647                  | 15,946     | 50                 | OK              |
| 1       | 3,349         | 1,606         | 4000 | 12,280              | 5,889      | 12,280                  | 5,889      | 40                 | OK              |
| 0       | 0             | 0             | 0    | 0                   | 0          | 0                       | 0          | 0                  | OK              |



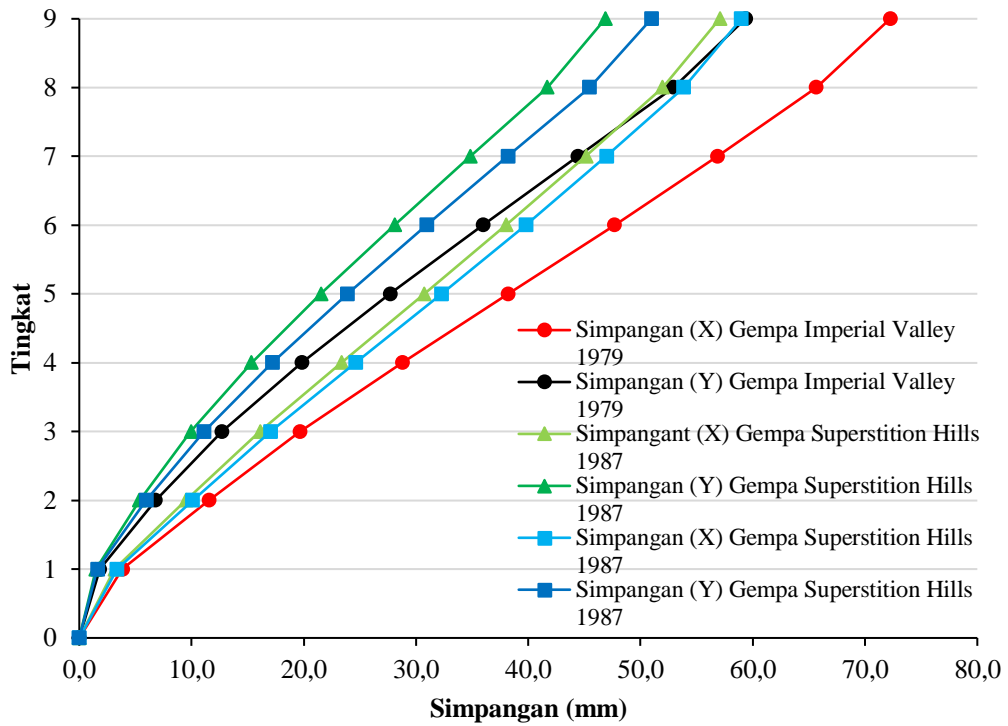
**Gambar 5.32 Grafik Simpangan akibat Gempa Imperial Valley 1979**



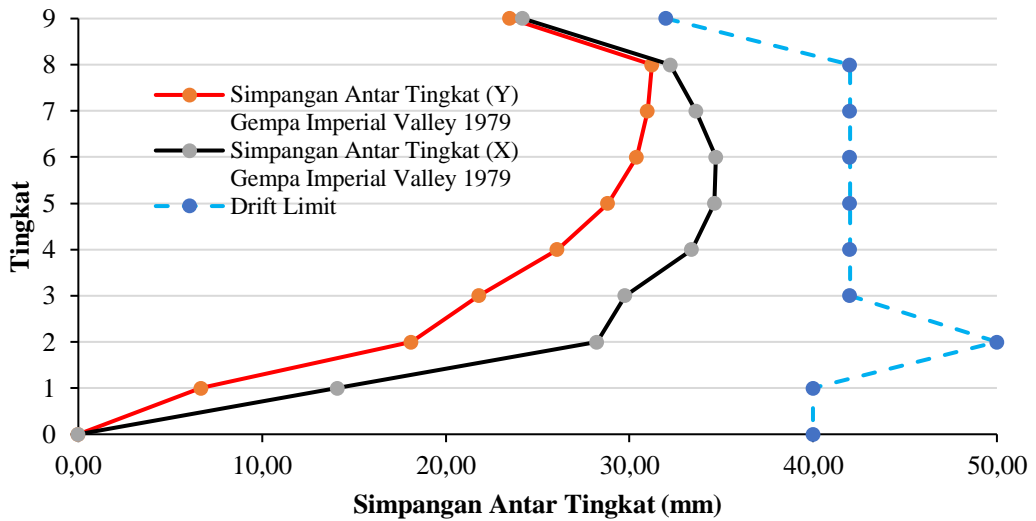
**Gambar 5.33 Grafik Simpangan akibat Gempa 720 Superstition Hills 1987**



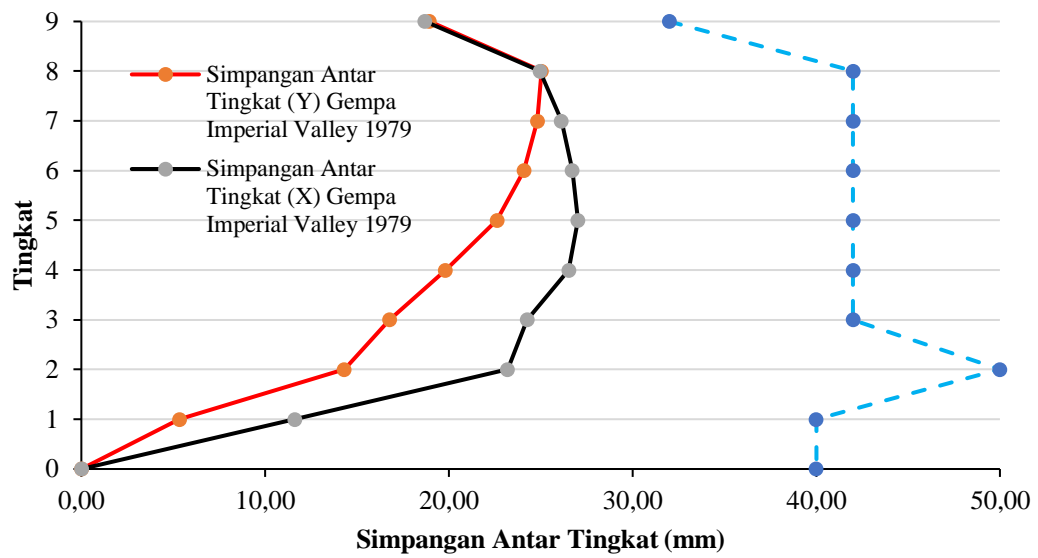
**Gambar 5.34 Grafik Simpangan akibat Gempa 724 Superstition Hills 1987**



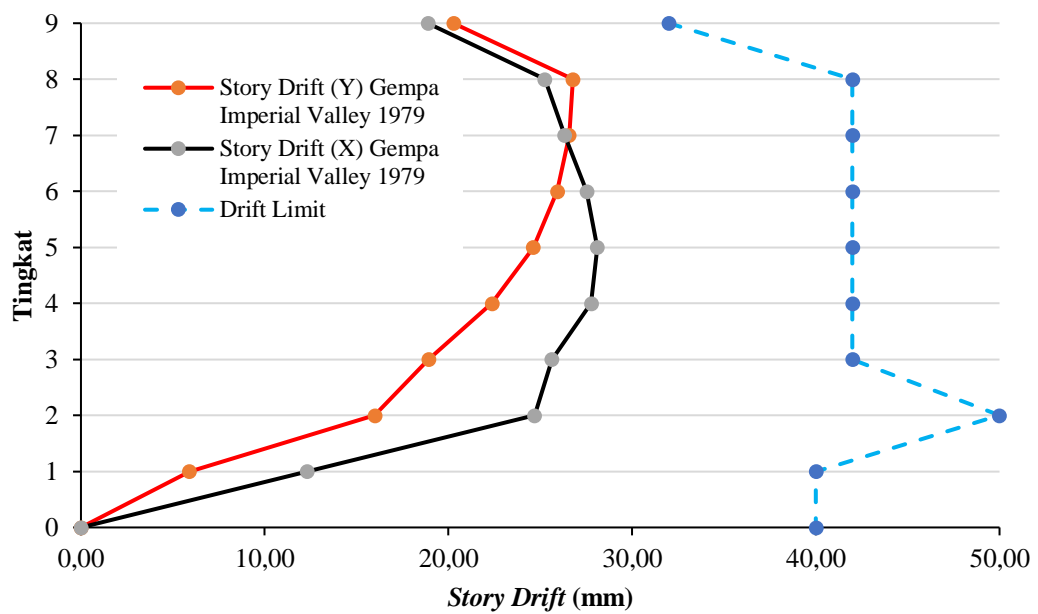
Gambar 5.35 Grafik Perbandingan Simpangan akibat Gempa Riwayat Waktu



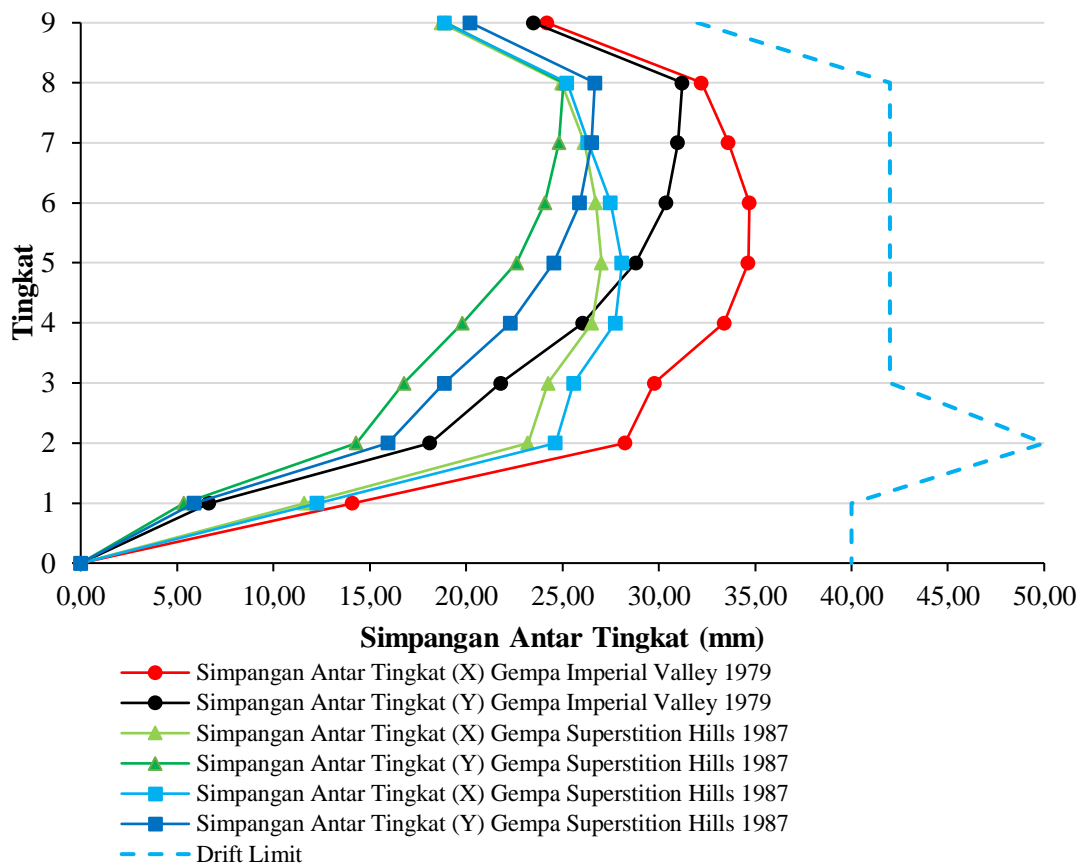
Gambar 5.36 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Imperial Valley 1979



**Gambar 5.37 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa 720 Superstition Hills  
1987**



**Gambar 5.38 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa 724 Superstition Hills  
1987**



**Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat akibat Gempa Riwayat Waktu**

Simpangan maksimum terjadi pada tingkat teratas akibat deformasi lateral sepanjang tinggi bangunan. Simpangan terbesar dihasilkan oleh gempa Imperial Valley 1979 sebesar 72,234 mm, diikuti oleh gempa 724 Superstition Hills 1987 senilai 58,984 mm dan 720 Superstition Hills 1987 senilai 57,05 mm untuk arah X. Simpangan arah Y terbesar juga dihasilkan akibat gempa Imperial Valley 1979 dengan nilai 59,339 mm, kemudian oleh gempa Superstition Hills 1987 RSN 724 sebesar 50,971 mm, dan RSN 720 sebesar 46,856 mm.

Hasil ini selaras dengan simpangan antar tingkat maksimum arah X, gempa Imperial Valley 1979 sebesar 34,701 mm, gempa 724 Superstition Hills 1987 senilai 28,09 mm, dan 720 Superstition Hills 1987 senilai 27,031. Untuk arah Y,

berturut-turut sebesar 31,221 mm, 26,679 mm, dan 25,051 mm. Berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019, nilai simpangan antar tingkat akibat seluruh beban gempa riwayat waktu tidak melebihi simpangan antar tingkat izin yang diperoleh dari Tabel 3.11.

#### 5.8.4 Pengaruh P-delta

Efek P-Delta perlu disertakan apabila nilai koefisien stabilitas yang dihitung menggunakan persamaan 3.18 lebih dari atau sama dengan 0,1. Nilai gaya geser geser seismik antar tingkat ( $V_x$ ) dan beban desain vertikal total ( $P$ ) diperoleh dari hasil analisis ETABS. Berikut perhitungan koefisien stabilitas pada tingkat 7 akibat gempa Imperial Valley 1979 arah X.

$$\begin{aligned}
 \beta &= 1 \\
 C_d &= 5,5 \\
 I_e &= 1,5 \\
 h &= 4200 \text{ mm} \\
 \Delta x &= 33,653 \text{ mm} \\
 P_x &= 70727,4623 \text{ kN} \\
 V_x &= 29678,3881 \text{ kN} \\
 \theta &= \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \\
 &= \frac{70727,4623 \times 33,455 \times 1,5}{29678,3881 \times 4200 \times 5,5} \\
 &= 0,005 < 0,1 \\
 \theta_{\max} &= \frac{0,5}{\beta \times C_d} \leq 0,25 \\
 &= \frac{0,5}{1,5 \times 5,5} \leq 0,25 \\
 &= 0,909
 \end{aligned}$$

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan koefisien stabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.94 hingga 5.96 dan grafik Gambar 5.40 hingga 5.43.

**Tabel 5.94 Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Gempa Riwayat Waktu Imperial Valley 1979**

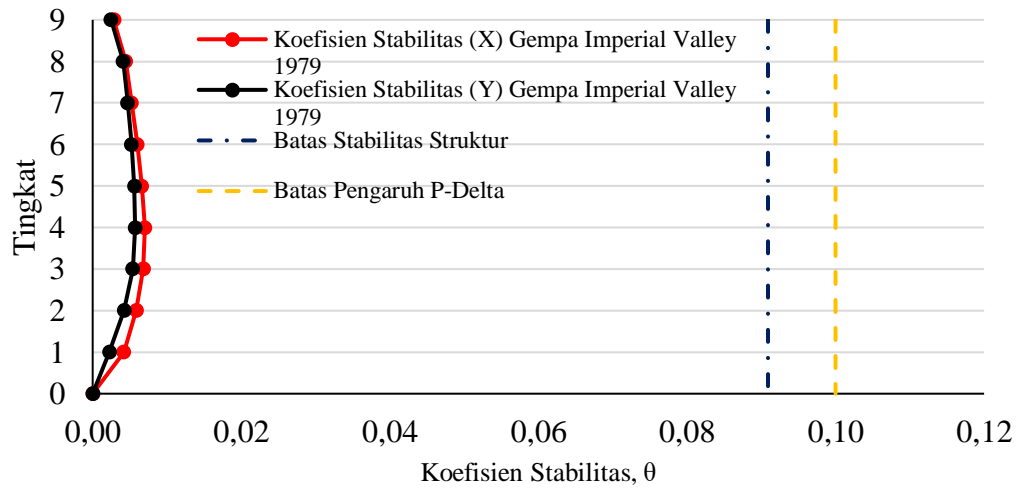
| Tingkat | Simpangan Antar Tingkat |            | Story Forces |            |            | h<br>(mm) | Koefisien Stabilitas |            | Batas Pengaruh P-Delta | Batas Stabilitas Struktur, $\theta_{max}$ | Cek |
|---------|-------------------------|------------|--------------|------------|------------|-----------|----------------------|------------|------------------------|---|-----|
|         | $\Delta_x$              | $\Delta_y$ | P            | $V_x$      | $V_y$      |           | $\theta_X$           | $\theta_Y$ |                        |   |     |
|         | (mm)                    | (mm)       | (kN)         | (kN)       | (kN)       |           |                      |            |                        |   |     |
| 9       | 24,189                  | 23,496     | 4521,3071    | 3285,6493  | 3682,5463  | 3200      | 0,003                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 8       | 32,219                  | 31,222     | 33224,521    | 16361,3395 | 17145,6331 | 4200      | 0,004                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 7       | 33,609                  | 30,991     | 70259,9999   | 29630,089  | 30330,8351 | 4200      | 0,005                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 6       | 34,701                  | 30,386     | 105571,8416  | 39570,6983 | 39723,4789 | 4200      | 0,006                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 5       | 34,635                  | 28,816     | 142405,8664  | 48104,7924 | 47363,3147 | 4200      | 0,007                | 0,006      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 4       | 33,392                  | 26,070     | 185799,9221  | 56746,3167 | 54582,0002 | 4200      | 0,007                | 0,006      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 3       | 29,773                  | 21,795     | 232742,5229  | 65028,9584 | 60360,185  | 4200      | 0,007                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 2       | 28,237                  | 18,132     | 275106,0219  | 71002,0295 | 63597,7976 | 5000      | 0,006                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 1       | 14,102                  | 6,670      | 323950,1726  | 73068,4323 | 64573,0378 | 4000      | 0,004                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 0       | 0                       | 0          | 0            | 0          | 0          | 0         | 0                    | 0          | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |

**Tabel 5.95 Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Gempa Riwayat Waktu 720 Superstition Hills 1987**

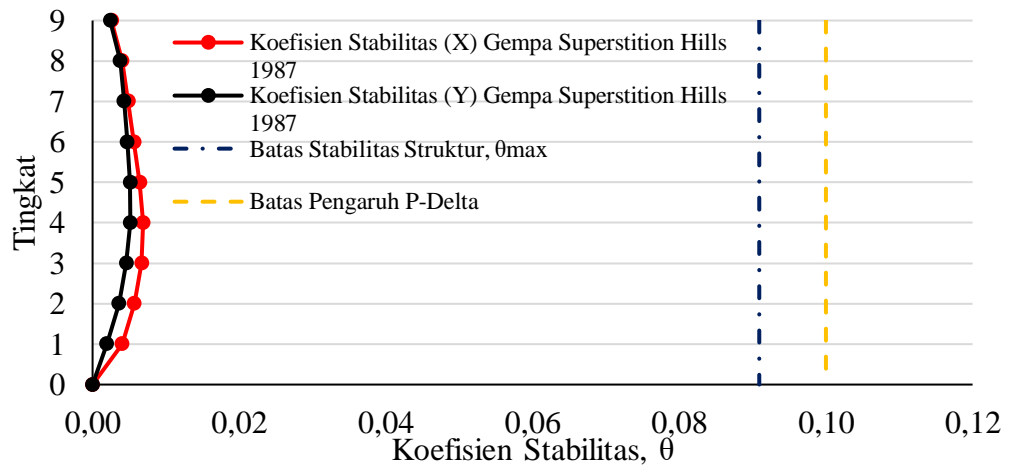
| Tingkat | Simpangan Antar Tingkat |            | Story Forces |           |           | h<br>(mm) | Koefisien Stabilitas |            | Batas Pengaruh P-Delta | Batas Stabilitas Struktur, $\theta_{max}$ | Cek |
|---------|-------------------------|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|------------|------------------------|---|-----|
|         | $\Delta_x$              | $\Delta_y$ | P            | $V_x$     | $V_y$     |           | $\theta_X$           | $\theta_Y$ |                        |   |     |
|         | (mm)                    | (mm)       | (kN)         | (kN)      | (kN)      |           |                      |            |                        |   |     |
| 9       | 18,711                  | 18,957     | 4521,307     | 2803,878  | 3027,486  | 3200      | 0,003                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 8       | 24,959                  | 25,051     | 33224,521    | 13908,124 | 14990,709 | 4200      | 0,004                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 7       | 26,140                  | 24,823     | 70260,000    | 24667,408 | 26529,755 | 4200      | 0,005                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 6       | 26,730                  | 24,094     | 105571,842   | 32486,701 | 34760,245 | 4200      | 0,006                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 5       | 27,031                  | 22,627     | 142405,866   | 38654,026 | 40727,189 | 4200      | 0,006                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 4       | 26,528                  | 19,818     | 185799,922   | 46015,744 | 46081,676 | 4200      | 0,007                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 3       | 24,262                  | 16,779     | 232742,523   | 54067,733 | 54384,563 | 4200      | 0,007                | 0,005      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 2       | 23,210                  | 14,311     | 275106,022   | 60449,371 | 59233,372 | 5000      | 0,006                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 1       | 11,612                  | 5,346      | 323950,173   | 62927,118 | 60735,843 | 4000      | 0,004                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 0       | 0                       | 0          | 0            | 0         | 0         | 0         | 0                    | 0          | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |

**Tabel 5.96 Rekapitulasi Analisis Efek P-Delta akibat Gempa Riwayat Waktu 724 Superstition Hills 1987**

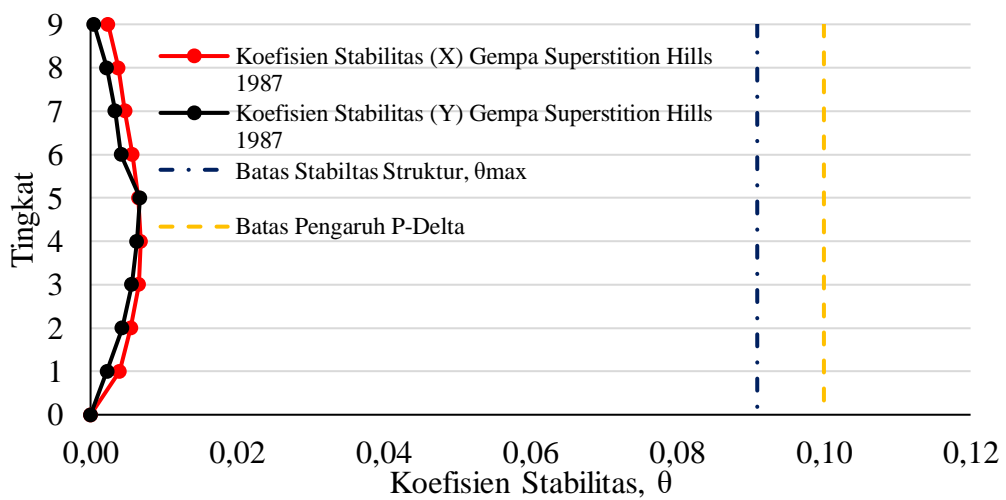
| Tingkat | Simpangan Antar Tingkat |            | <i>Story Forces</i> |            |            | h<br>(mm) | Koefisien Stabilitas |            | Batas Pengaruh P-Delta | Batas Stabilitas Struktur, $\theta_{max}$ | Cek |
|---------|-------------------------|------------|---------------------|------------|------------|-----------|----------------------|------------|------------------------|---|-----|
|         | $\Delta_x$              | $\Delta_y$ | P                   | $V_x$      | $V_y$      |           | $\theta_X$           | $\theta_Y$ |                        |   |     |
|         | (mm)                    | (mm)       | (kN)                | (kN)       | (kN)       |           |                      |            |                        |   |     |
| 9       | 18,869                  | 20,218     | 4521,307            | 3042,6264  | 16458,5394 | 3200      | 0,002                | 0,000      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 8       | 25,230                  | 26,679     | 33224,521           | 15004,1321 | 27219,7028 | 4200      | 0,004                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 7       | 26,330                  | 26,525     | 70260,000           | 25812,6916 | 36398,4322 | 4200      | 0,005                | 0,003      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 6       | 27,504                  | 25,909     | 105571,842          | 33156,1263 | 42593,3742 | 4200      | 0,006                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 5       | 28,090                  | 24,552     | 142405,866          | 39580,323  | 33563,3064 | 4200      | 0,007                | 0,007      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 4       | 27,738                  | 22,308     | 185799,922          | 48448,9311 | 42407,8746 | 4200      | 0,007                | 0,006      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 3       | 25,586                  | 18,869     | 232742,523          | 57956,4022 | 50026,8937 | 4200      | 0,007                | 0,006      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 2       | 24,647                  | 15,946     | 275106,022          | 66716,1696 | 54749,3215 | 5000      | 0,005                | 0,004      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 1       | 12,280                  | 5,889      | 323950,173          | 67525,1299 | 57288,7216 | 4000      | 0,004                | 0,002      | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |
| 0       | 0                       | 0          | 0                   | 0          | 0          | 0         | 0                    | 0          | 0,1                    | 0,0909                                    | OK  |



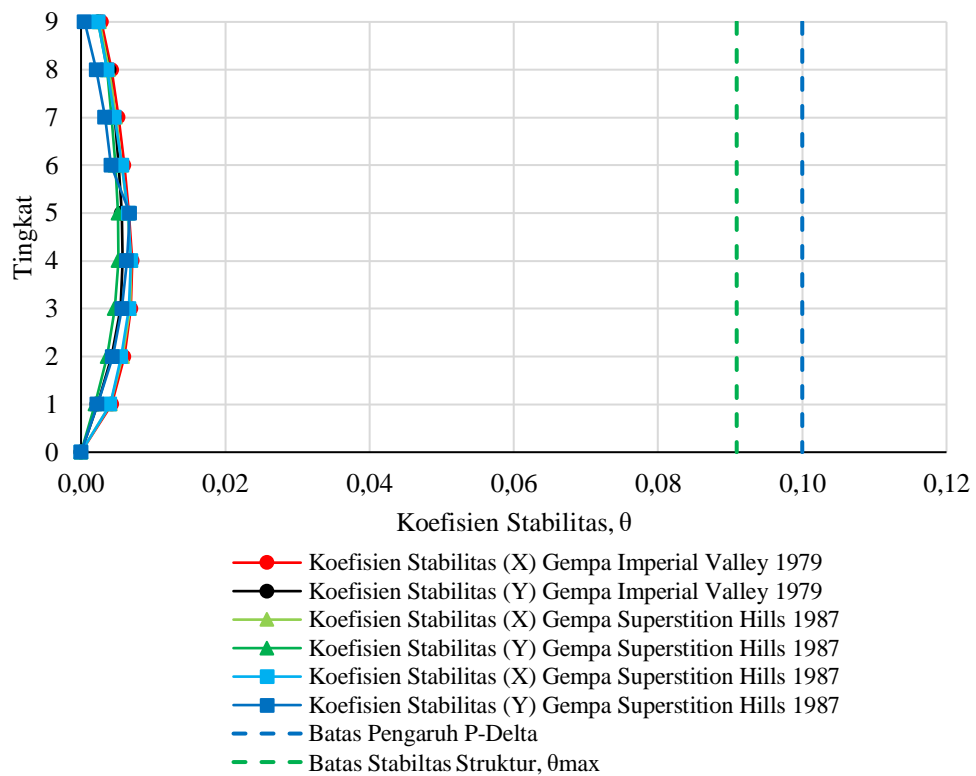
**Gambar 5.40 Grafik Koefisien Stabilitas Gempa Imperial Valley 1979**



**Gambar 5.41 Grafik Koefisien Stabilitas Gempa 720 Superstition Hills 1987**



**Gambar 5.42 Grafik Koefisien Stabilitas Gempa 724 Superstition Hills 1987**



**Gambar 5.43 Grafik Perbandingan Koefisien Stabilitas Gaya akibat Gempa Riwayat Waktu**

Berdasarkan hasil analisis Tabel 5.93 hingga Tabel 5.95 serta mengacu pada ketentuan yang telah dijelaskan 3.3.12 dan SNI 1726:2019, nilai koefisien stabilitas ( $\theta$ ) pada kedua arah akibat beban gempa riwayat waktu seluruhnya berada dibawah batas 0,1. Kondisi ini menunjukkan bahwa efek P-Delta tidak perlu diperhitungkan. Selain itu, nilai koefisien stabilitas arah X dan Y yang diperoleh kurang dari batas stabilitas struktur ( $\theta_{max}$ ), sehingga struktur dapat dinyatakan memiliki tingkat stabilitas yang memadai.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis respons struktur RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu dan Anak akibat beban gempa riwayat waktu, diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai gaya geser dasar (*base shear*) akibat tiga rekaman gempa riwayat waktu menunjukkan nilai gaya geser terbesar pada arah X terjadi akibat gempa Imperial Valley 1979 dengan nilai 73238,095 kN, begitu juga gaya geser terbesar arah Y juga dihasilkan gempa Imperial Valley 1979 dengan nilai 64611,083 kN. Nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh nilai spektral percepatan pada periode struktur yang relatif dominan. Selain itu, analisis linear riwayat waktu menghasilkan nilai lebih besar dari analisis statik ekuivalen karena terdapat modifikasi respons desain yang mempertimbangkan kombinasi respons lintah arah dan torsi tak terduga.
2. Simpangan terbesar terjadi pada tingkat atas dan paling besar dihasilkan oleh gempa Imperial Valley 1979, yaitu 72,318 mm pada arah X dan 59,464 mm pada arah Y terjadi pada tingkat paling atas. Hal ini dapat disebabkan karena gempa Imperial Valley memiliki gerak tanah dengan durasi total dan efektif paling besar, meskipun percepatan tanah lebih kecil dibandingkan dengan Gempa Superstition Hills, sehingga menjadi salah satu faktor menghasilkan simpangan terbesar.
3. Simpangan antar tingkat akibat beban gempa riwayat waktu terbesar terjadi akibat Imperial Valley 1979 dengan nilai 34,73 mm pada arah X dan terjadi pada tingkat 6. Kecocokan karakteristik spektral gempa Imperial Valley dengan periode struktur dapat menjadi salah satu penyebab respons simpangan menjadi lebih dominan dibanding gempa lainnya. Secara keseluruhan nilai simpangan antar tingkat tidak melebihi batas izin, sehingga nilai simpangan antar tingkat memenuhi kriteria SNI 1726:2019 pasal 7.12.1.

4. Nilai koefisien stabilitas P-Delta analisis gempa riwayat waktu berada pada rentang 0,002 hingga 0,007, sehingga efek P-Delta tidak perlu diperhitungkan lebih lanjut, karena seluruh nilai koefisien stabilitas masih berada di bawah batas koefisien stabilitas P-Delta yaitu 0,1. Koefisien stabilitas dengan analisis statik ekuivalen tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Rendahnya nilai koefisien stabilitas dapat disebabkan oleh simpangan antar tingkat yang relatif kecil, sehingga momen tambahan akibat beban aksial ( $P_x$ ) juga bernilai kecil, sementara gaya geser dasar yang bekerja relatif lebih besar.

## 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut

1. Penggunaan lebih dari tiga rekaman gerak tanah untuk memperoleh variasi respons struktur.
2. Memenuhi seluruh hasil konsekuensi dari ketidakberaturan untuk proses analisis.
3. Menyertakan elemen struktur selain beton bertulang untuk mengevaluasi perbedaan sifat material terhadap kinerja seismik bangunan.
4. Menggunakan metode analisis dinamik riwayat waktu nonlinear untuk memperoleh perilaku inelastik struktur.
5. Menggunakan spektrum respons MCER dalam proses melakukan pencocokan spektral untuk merepresantasikan tingkat bahaya gempa maksimum.
6. Menggunakan periode ulang gempa yang lebih besar dalam pemilihan rekaman gerak tanah pada peta deagregasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. 2017. *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1061/9780784414859>.
- American Society of Civil Engineers. 2022. *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784415788>
- Athallah, H.A., Desimaliana, E. dan Nuranita, B. 2023. Evaluasi Kinerja Gedung Rumah Sakit Menggunakan Time History. *FTSP Series*. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019a. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019b. SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2020a. SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2020b. SNI 8899:2020 Tata Cara Pemilihan Dan Modifikasi Gerak Tanah Permukaan Untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2024. Katalog Gempabumi Merusak 1821-2023.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.
- Federal Emergency Management Agency. 2020. FEMA P-2082-1: NEHRP *Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*. Washington D.C.
- Hakim, M.F.N. 2024. Pengaruh Variasi Zonasi Kerawanan Gempa Bumi Terhadap Perilaku Seismik Struktur Bangunan Tahan Gempa Di Yogyakarta (*The Influence Of Variations In Earthquake Vulnerability Zoning On The Seismic*

*Behavior Of Earthquake-Resistant Building Structures In Yogyakarta*).  
Universitas Islam Indonesia.

Istiono, H. dkk. 2024. Seismic Behavior of Building Structures using Time History Analysis (Case Study: RSPAL Surabaya), *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 5(2), hlm. 116–126. Tersedia pada: <https://doi.org/10.31284/j.jtm.2024.v5i2.5944>.

Istiono, H. dan Ramadhan, A.Y. 2020. Analisis Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus Non-Highrise Building), *Jurnal Rekaya Sipil*. 14.

Mudia, T.R. 2023. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Analisis Riwayat Waktu (Studi Kasus: Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung). *Tugas Akhir*. Universitas Lampung.

Pawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Daerah Istimewa Yogyakarta.

Prasetyo, H., Kurniati, D. dan Prihadi, B.K. 2020. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Menggunakan Pushover Analysis Dengan METODE ATC-40 dan FEMA 356, *Jurnal Pensil*, 9(1), hlm. 40–46. Tersedia pada: <https://doi.org/10.21009/jpensil.v9i1.14021>.

Purnomo, E., Purwanto, E. dan Supriyadi, A. 2014. Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Bangunan Hotel Di Semarang), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, hlm. 569.

Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. Peta sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.

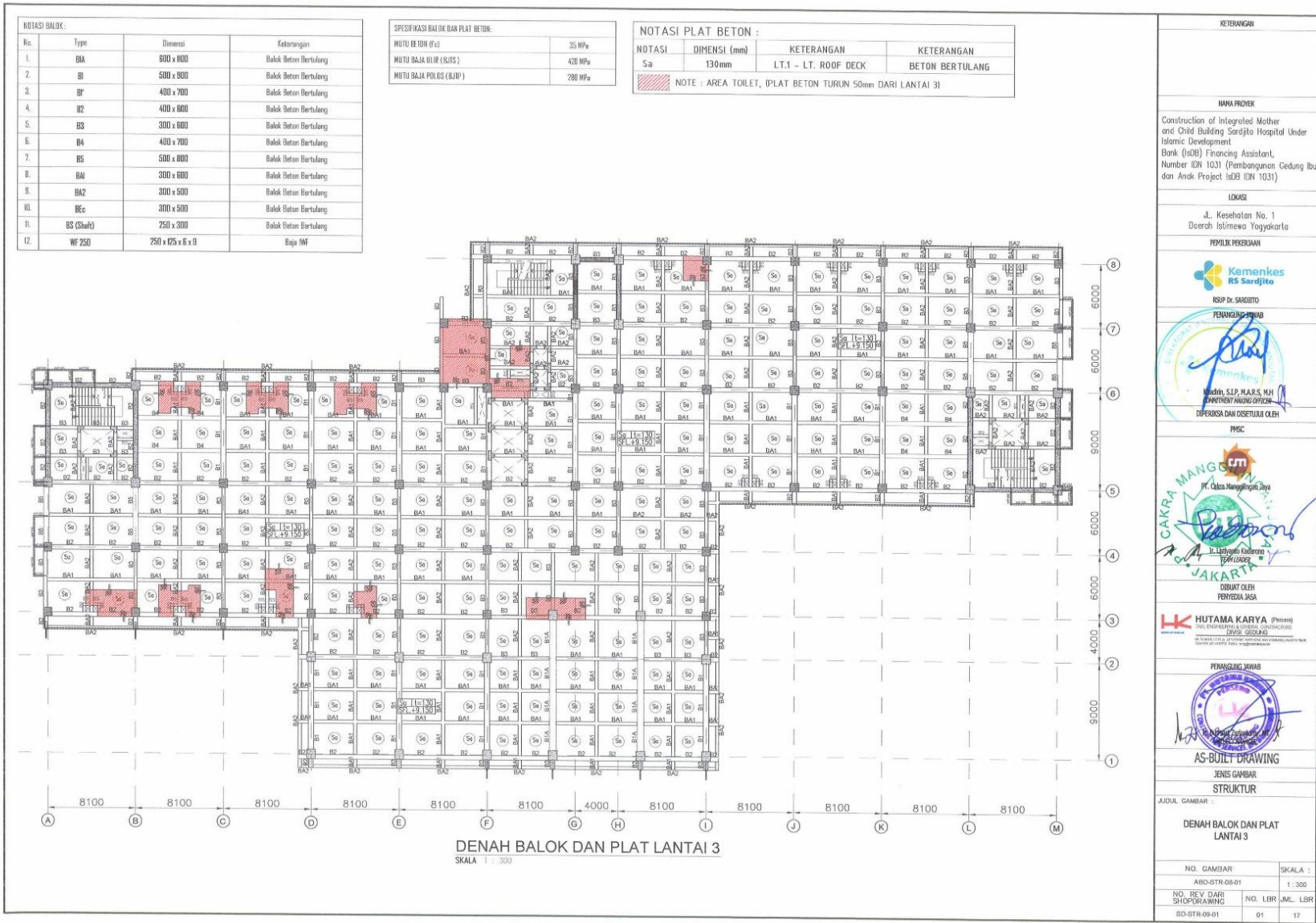
Rifai, M. dkk. 2022. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Time History (Studi Kasus : Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro), *JRSDD*, 10(1), hlm. 99–114.

- Rifandi, I. dan Walujodjati, E. 2020. Analisis Beban Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Gedung IPAL (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung IPAL UT-HO-Jakarta Timur), *Jurnal Konstruksi*, 18(2), hlm. 72-82, <http://jurnal.sttgarut.ac.id/>.
- Sahureka, J.M., Marcheylla, J. 2 dan Metubun, I. 2023. Analisis Kinerja Ketidakberaturan Struktur Gedung Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen dan Time History (Studi Kasus: Gedung Laboratorium Terpadu Pendukung Blok Masela), *Jurnal Manumata*, 9(2).
- Shaleh, A.A. dan Putra, R.R. 2025. Karakteristik Gelombang Gempa Bersumber Crust dan Interface, *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 6(2), hlm. 76. <https://asce.ppj.unp.ac.id/index.php/ASCE/article/view/1242/418>
- Spence, W., Sipkin, S.A. dan Choy, G.L. 1989. *Earthquakes and Volcanoes*, 21 (1), Washington D.C.
- Supit, N.W.A. dkk. 2013. Respon Dinamis Struktur Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Dengan Variasi Orientasi Sumbu Kolom, *Jurnal Sipil Statik*, 1(11), hlm. 696–704.
- Wibowo, N.B. dan Huda, I. 2020. Analisis Amplifikasi, Indeks Kerentanan Seismik Dan Klasifikasi Tanah Berdasarkan Distribusi Vs30 D.I.Yogyakarta Analysis Of Amplification, Seismic Vulnerability Index And Soil Clasification Based On Vs30 In Yogyakarta, *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 1(2), hlm. 21–31.
- Widodo. 2001. *Respons Dinamik Struktur Elastik*. Edisi pertama. Yogyakarta: UII Press.
- Zoback, M.D. 2007. *Reservoir Geomechanics*. New York.

# LAMPIRAN





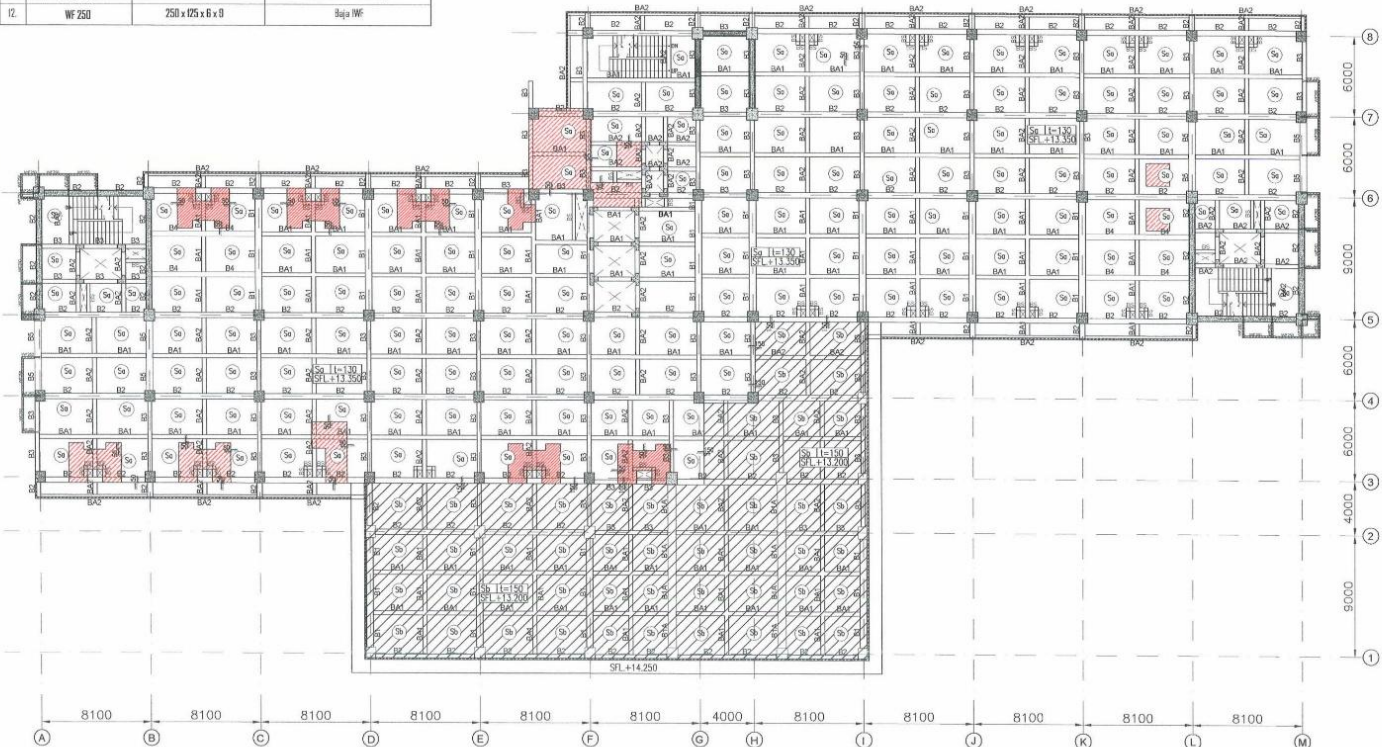


| NOTASI BALOK : |            |                   |                       |
|----------------|------------|-------------------|-----------------------|
| No.            | Type       | Dimensi           | Keterangan            |
| 1.             | BA         | 800 x 1000        | Balok Beton Bertulang |
| 2.             | B1         | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 3.             | B1'        | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 4.             | B2         | 400 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 5.             | B3         | 300 x 600         | Balok Beton Bertulang |
| 6.             | B4         | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 7.             | B5         | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 8.             | BA1        | 300 x 600         | Balok Beton Bertulang |
| 9.             | BA2        | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 10.            | BEc        | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 11.            | B3 (Shelf) | 250 x 300         | Balok Beton Bertulang |
| 12.            | WF 250     | 250 x 125 x 6 x 8 | Baja WF               |

| SPESIFIKASI BALOK DAN PLAT BETON : |         |
|------------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                   | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULUR (B45S)              | 420 MPa |
| MUTU BAJA PILUS (B45P)             | 280 MPa |

| NOTASI PLAT BETON : |              |                      |   |
|---------------------|--------------|----------------------|---|
| NOTASI              | DIMENSI (mm) | KETERANGAN           | KETERANGAN  |
| Sa                  | 130mm        | LT.1 - LT. ROOF DECK | BETON BERTULANG                                       |
| Sh                  | 150mm        | LT. 4                | BETON BERTULANG<br>(PLAT BETON TURUN 150mm DARI LT.4) |

NOTE : AREA TOILET, IPLAT BETON TURUN 50mm DARI LANTAI 4



DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 4 ✓  
SKALA 1 : 300

|   |          |
|---|----------|
| KETERANGAN  |          |
| NAMA PROJEK   |          |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)   |          |
| LOKASI  |          |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |          |
| PEMILIK PEKERJAAN   |          |
| <br>KEMENKES<br>RS SARDJITO<br>RSP Dr. SARDJITO<br>PERANGKAP/AB<br><br>Kadir, S.P. MARS, M.H.<br>CHIEF PROJECT MANAGER/PEKERJA<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PIC<br><br>PT. Cakra Manggala Jaya<br>Mr. Teguh Kadarom<br>MANAGER<br>JAKART<br>DIBUAT OLEH<br>PERENCANA |          |
| <br>HUTAMA KARYA (Pemer)   |          |
| <br>PERANGKAP/AB<br>PERENCANA  |          |
| AS-BUILT DRAWING  |          |
| JENIS GAMBAR  |          |
| STRUKTUR  |          |
| JUDUL GAMBAR :  |          |
| DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 4   |          |
| NO. GAMBAR  | SKALA :  |
| ABD-STR-08-01   | 1 : 300  |
| NO. REV DARI  | NO. LBR  |
| SHODIR/AMING  | JML. LBR |
| SD-STR-10-01  | 01 16    |

**NOTASI BALOK :**

| No. | Type      | Dimensi           | Keterangan            |
|-----|-----------|-------------------|-----------------------|
| 1.  | BA        | 600 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 2.  | BI        | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 3.  | BI'       | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 4.  | B2        | 400 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 5.  | B3        | 300 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 6.  | B4        | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 7.  | B5        | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 8.  | BA1       | 300 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 9.  | BA2       | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 10. | BEc       | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 11. | BS (Shft) | 250 x 300         | Balok Beton Bertulang |
| 12. | WF 250    | 250 x 125 x 6 x 0 | Baja WF               |

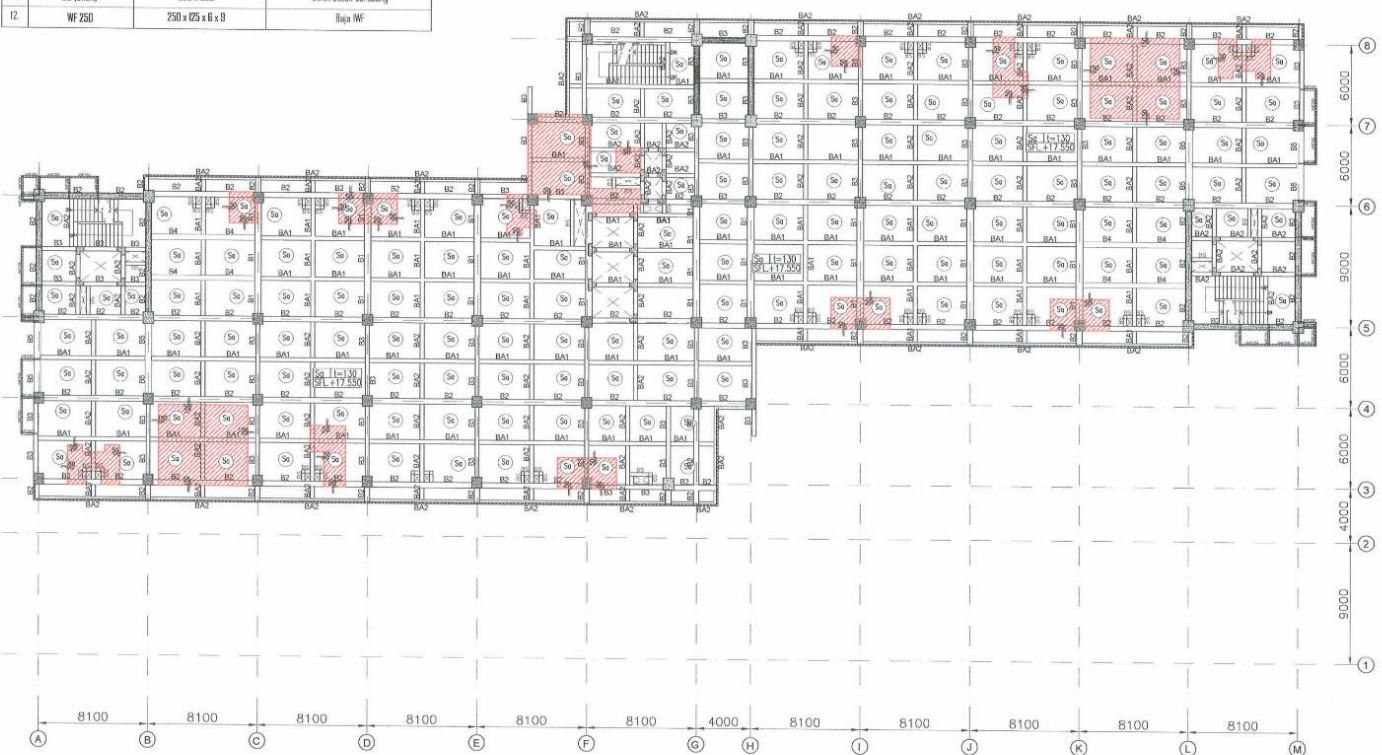
**SPEKIFIKASI BALOK DAN PLAT BETON :**

|                        |         |
|------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)       | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (f'ys)  | 420 MPa |
| MUTU BAJA PILOS (f'yp) | 280 MPa |

**NOTASI PLAT BETON :**

| NOTASI | DIMENSI (mm) | KETERANGAN           | KETERANGAN      |
|--------|--------------|----------------------|-----------------|
| Sa     | 130mm        | LT.1 - LT. ROOF DECK | BETON BERTULANG |

NOTE : AREA TOILET, (PLAT BETON TURUN 50mm DARI LANTAI 5)



**DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 5**  
SKALA : 1 : 300

**KETERANGAN**

**NAMA PROJEK**  
Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (ISIB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISIB IDN 1031)

**LOKASI**  
Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

**PEMILIK PEKERJAAN**  
Kemenkes  
RS Sardjito  
RSIP Dr. SARDJITO  
PENANGKAP JAWAB  
KEMENTERIAN KESEHATAN RI  
DIPERIKSA DAN DIBETUI OLEH  
PESAC  
PT. CAKRA MANGROVE  
PT. CAKRA MANGROVE  
DIBUAT OLEH  
PENGEJAJA  
HUTAMA KARYA (Pernah)  
DIPERIKSA DAN DIBETUI OLEH  
PENANGKAP JAWAB  
AS-BUILT DRAWING  
JENIS GAMBAR  
STRUKTUR  
JUDUL GAMBAR :  
DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 5

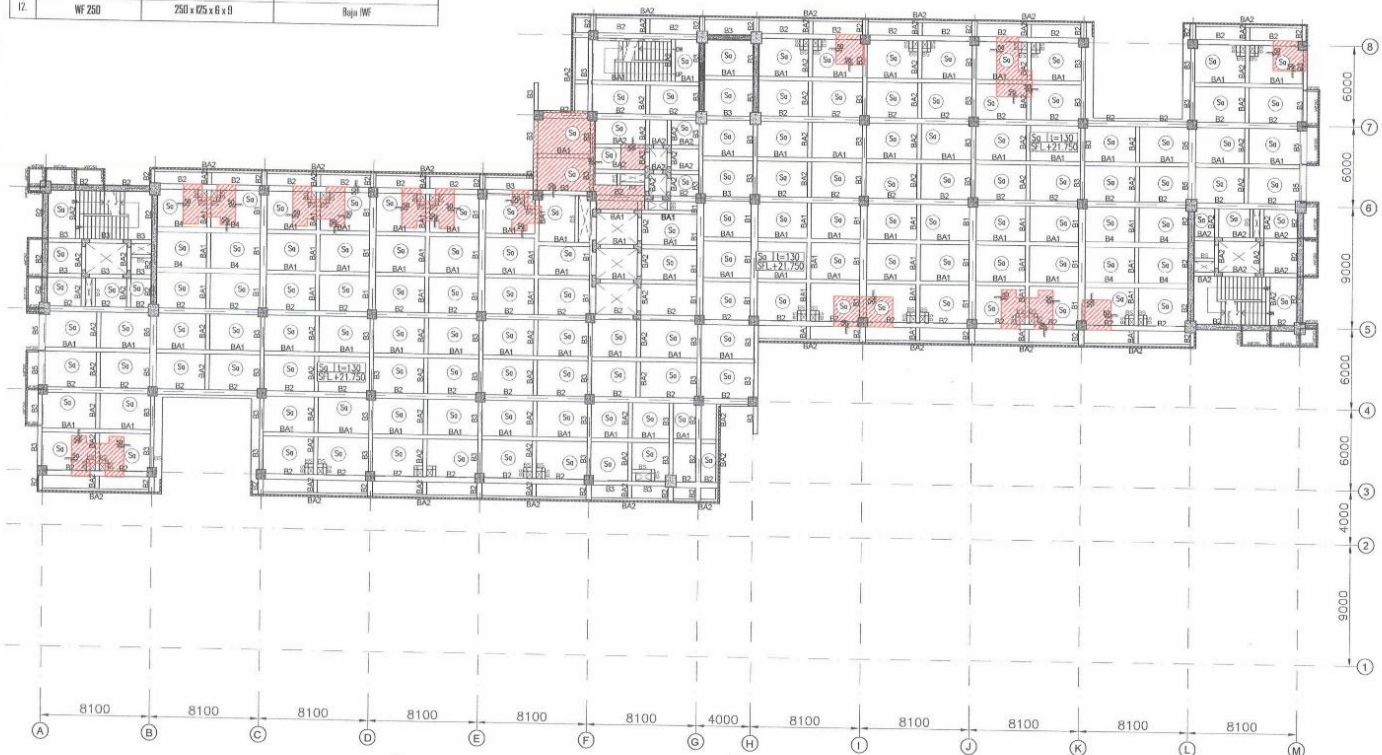
| NO. GAMBAR                | SKALA :          |
|---------------------------|------------------|
| ABD-STR-10-01             | 1 : 300          |
| NO. REV DARI SHEKIP/AMING | NO. LBR /ML /LBR |
| SD-STR-11-01              | 01 / 18          |

| NOTASI BALOK : |            |                  |                       |
|----------------|------------|------------------|-----------------------|
| No.            | Type       | Dimensi          | Keterangan            |
| 1.             | B1A        | 600 x 1000       | Balok Beton Bertulang |
| 2.             | B1         | 500 x 900        | Balok Beton Bertulang |
| 3.             | B1'        | 400 x 700        | Balok Beton Bertulang |
| 4.             | B2         | 400 x 800        | Balok Beton Bertulang |
| 5.             | B3         | 300 x 600        | Balok Beton Bertulang |
| 6.             | B4         | 400 x 700        | Balok Beton Bertulang |
| 7.             | B5         | 500 x 800        | Balok Beton Bertulang |
| 8.             | B1A'       | 300 x 600        | Balok Beton Bertulang |
| 9.             | B2A        | 200 x 500        | Balok Beton Bertulang |
| 10.            | B2c        | 300 x 500        | Balok Beton Bertulang |
| 11.            | B3 (Shaft) | 250 x 300        | Balok Beton Bertulang |
| 12.            | WF 250     | 250 x 65 x 6 x 9 | Baja WF               |

| SPESIFIKASI BALOK DAN PLAT BETON |         |
|----------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                 | 35 MPa  |
| MUTU BAJA LULUR (Sjts)           | 420 MPa |
| MUTU BAJA PILIHS (Sjtp)          | 280 MPa |

| NOTASI PLAT BETON : |              |                      |                 |
|---------------------|--------------|----------------------|-----------------|
| NOTASI              | DIMENSI (mm) | KETERANGAN           | KETERANGAN      |
| Sa                  | 130mm        | LT.1 - LT. ROOF DECK | BETON BERTULANG |

NOTE : AREA TOILET, IPLAT BETON TURUN 50mm DARI LANTAI 6



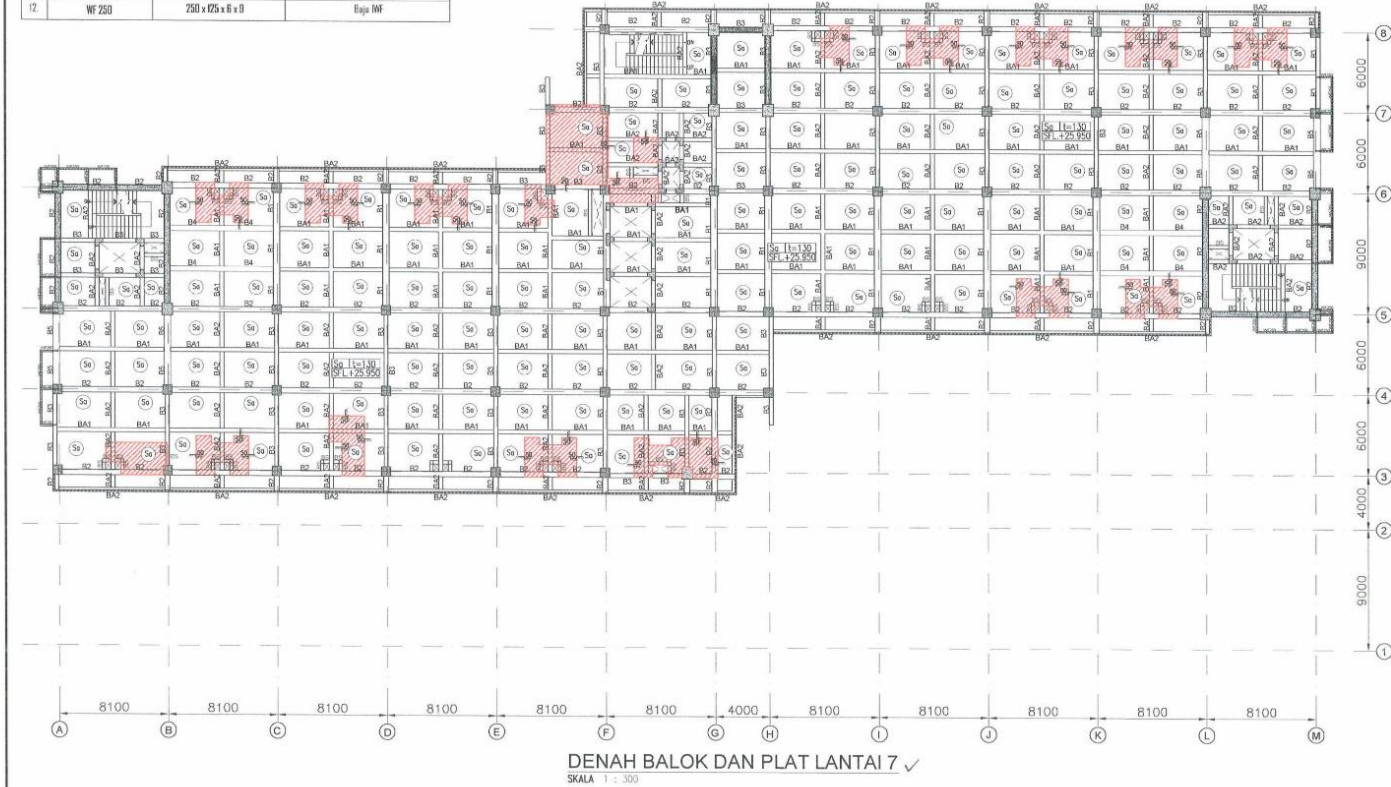
DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 6  
SKALA 1 : 300

| KETERANGAN  |                   |
|---|-------------------|
| NAMA PROJEK   |                   |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (ISB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISB IDN 1031)   |                   |
| LOKASI  |                   |
| J. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta  |                   |
| PEMILIK PERUMAHAN   |                   |
| <br>PT. Cakra Manggala Jaya<br>ISUP Dr. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>Rizwan, S.P. MARS, M.H.<br>COMPANY MANAGING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISERTUJUI OLEH<br>PMS |                   |
| <br>PT. Hutama Karya (Persero)<br>CIVIL ENGINEER AND ARCHITECTURE CONTRACTOR<br>CAKUPAN GIGI<br>Dr. Nugroho Sutrisno, Ph.D.<br>PROJECT MANAGER<br>DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA  |                   |
| <br>PT. Hutama Karya (Persero)<br>CIVIL ENGINEER AND ARCHITECTURE CONTRACTOR<br>CAKUPAN GIGI<br>Dr. Nugroho Sutrisno, Ph.D.<br>PROJECT MANAGER<br>DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA   |                   |
| AS-BUILT DRAWING<br>JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR<br>JUDUL GAMBAR :<br>DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 6   |                   |
| NO. GAMBAR  | SKALA :           |
| SD-STR-11-01  | 1:300             |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING   | NO. LBR. JML. LBR |
| SD-STR-12-01  | 01 13             |

| NOTASI BALOK : |            |                   |                       |
|----------------|------------|-------------------|-----------------------|
| No.            | Type       | Dimensi           | Keterangan            |
| 1.             | B1A        | 800 x 1000        | Balok Beton Bertulang |
| 2.             | B1         | 500 x 300         | Balok Beton Bertulang |
| 3.             | B1'        | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 4.             | B2         | 400 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 5.             | B3         | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 6.             | B4         | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 7.             | B5         | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 8.             | B1A1       | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 9.             | B1A2       | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 10.            | B1A3       | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 11.            | B5 (Slope) | 250 x 300         | Balok Beton Bertulang |
| 12.            | WF 250     | 250 x 125 x 6 x 9 | Elage WF              |

| SPESIFIKASI BALOK DAN PLAT BETON : |         |
|------------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                   | 35 MPa  |
| MUTU BAJA HULIR (B.JS)             | 420 MPa |
| MUTU BAJA POLS (B.JP)              | 280 MPa |

| NOTASI PLAT BETON :   |              |                      |                 |
|---|--------------|----------------------|-----------------|
| NOTASI  | DIMENSI (mm) | KETERANGAN           | KETERANGAN      |
| Sa  | 130mm        | LT.1 - LT. ROOF DECK | BETON BERTULANG |
|  NOTE : AREA TOILET, (PLAT BETON TURUN 50mm DARI LANTAI 7) |              |                      |                 |



|  |         |
|--|---------|
| KETERANGAN   |         |
| NAMA PROYEK  |         |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (ISIB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISIB IDN 1031)  |         |
| LOKASI   |         |
| J. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |         |
| PEMILIK PERUMAHAN  |         |
| <br>RSUP Dr. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB   |         |
| <br>K. H. S. P. M. A. S. M. H.<br>CHIEF ARCHITECT<br>DIPERIKSA DAN DISetujui OLEH   |         |
| PMSC   |         |
| <br>PT. Citra Mangrove Jaya<br><br>P. H. S. M. A. S. M. H.<br>MANAJER PROJEK<br>JAKARTTA |         |
| DIBUAT OLEH  |         |
| PENYEDIA JASA  |         |
| <br>HUTAMA KARYA (Persero)<br>KONSULTAN STRUKTUR DAN GEOTEKNIK<br>DIVISI GEOTEKNIK<br>Jl. Pemuda No. 100, Yogyakarta  |         |
| <br>P. H. S. M. A. S. M. H.<br>INGENIUR SIPERENCANA<br>No. 123456789<br>10/10/2010  |         |
| AS-BUILT DRAWING   |         |
| JENIS GAMBAR   |         |
| STRUKTUR   |         |
| JUDUL GAMBAR :   |         |
| DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI 7  |         |
| NO. GAMBAR   | SKALA : |
| ASD-STR-12-01  | 1 : 300 |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING  | NO. LBR |
| SD-STR-13-01   | 01      |
| JML. LBR   | 16      |

| NOTASI BALOK : |            |                   |                       |
|----------------|------------|-------------------|-----------------------|
| No.            | Tipe       | Dimensi           | Keterangan            |
| 1.             | B1A        | 600 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 2.             | B1         | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 3.             | B1P        | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 4.             | B2         | 400 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 5.             | B3         | 300 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 6.             | B4         | 400 x 700         | Balok Beton Bertulang |
| 7.             | B5         | 500 x 800         | Balok Beton Bertulang |
| 8.             | B4I        | 300 x 600         | Balok Beton Bertulang |
| 9.             | B4Z        | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 10.            | B5c        | 300 x 500         | Balok Beton Bertulang |
| 11.            | B5 (Shaft) | 750 x 300         | Balok Beton Bertulang |
| 12.            | WF 250     | 250 x 125 x 6 x 9 | Baja WF               |

| SPESIFIKASI BALOK DAN PLAT BETON : |         |
|------------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                   | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (B17S)              | 420 MPa |
| MUTU BAJA POLIS (B1P1)             | 280 MPa |

| NOTASI PLAT BETON : |              |                      |                 |
|---------------------|--------------|----------------------|-----------------|
| NOTASI              | DIMENSI (mm) | KETERANGAN           | KETERANGAN      |
| Sa                  | 130mm        | LT.1 - LT. ROOF DECK | BETON BERTULANG |
|                     | 150mm        | LT. ROOF DECK        | BETON BERTULANG |



DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI ROOF DECK ✓  
SKALA 1 : 300

**KETERANGAN**

**NAMA PROJEK**  
Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  
Bank (SDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project keDB IDN 1031)

**LOKASI**  
Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

**PEMILIK PERUMAHAN**  
  
RSIP Dr. SARDJITO  
PEMANGGUNG JAWAB

Khadin, S.P., M.A.R.S., M.H.  
CONSTRUCTION MANAGING OFFICER  
DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH  
PHSC

PT. Cakra Manggala Sijaya

H. Liliyana Kalamand  
TEKNIKUS  
DI BUAT OLEH  
PERVEKIA JAGA

**HUTAMA KARYA (P) (Private)**  
ARCHITECTURAL DESIGN CONSULTING  
DIVISI GEDUNG  
Jl. Tugu Pahlawan No. 100, Yogyakarta, Indonesia  
Telp. (0271) 527121, Fax: (0271) 527122

**PEMANGGUNG JAWAB**

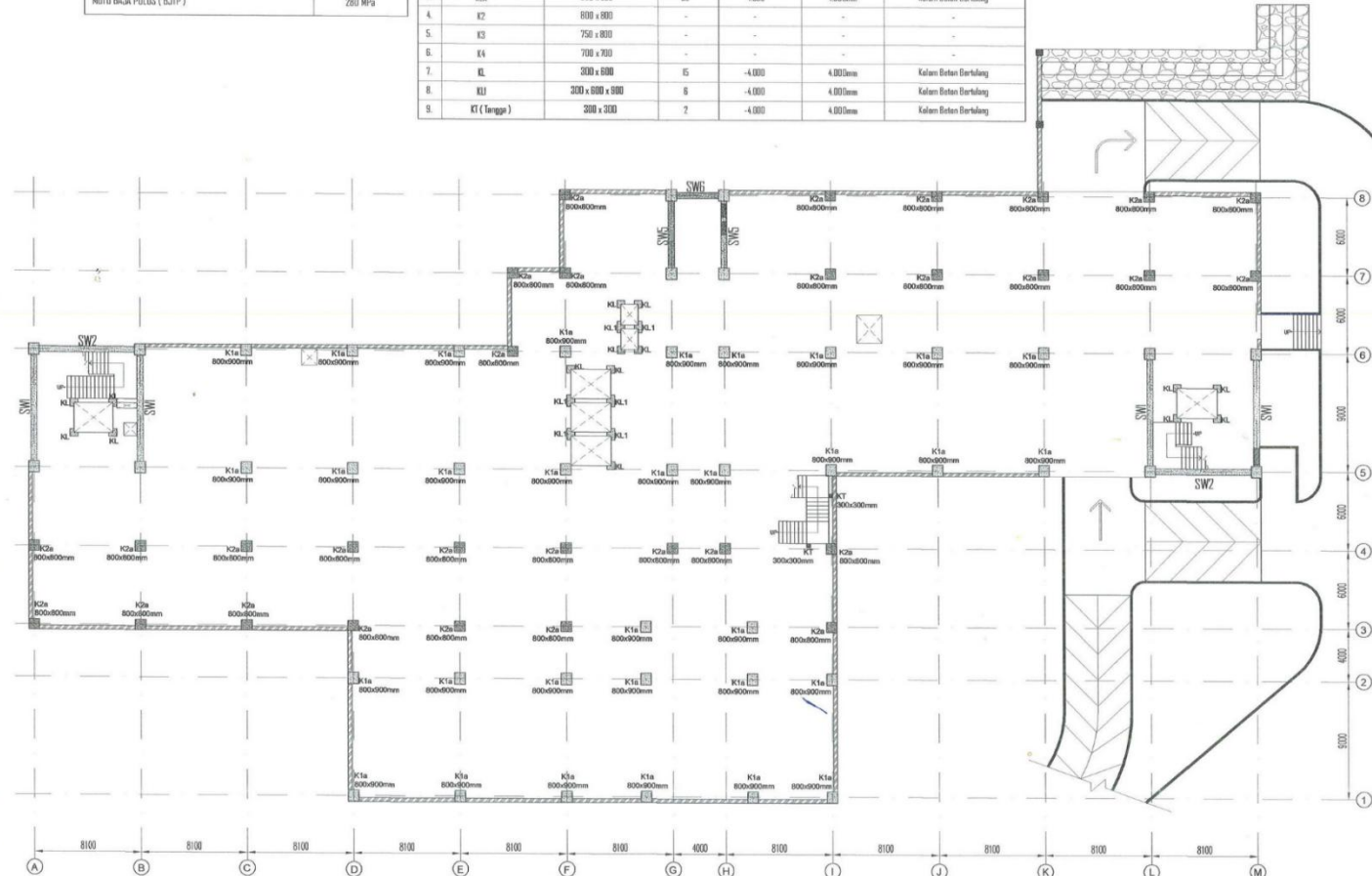
**AS-BUILT DRAWING**  
JENIS GAMBAR  
STRUKTUR

JUDUL GAMBAR :  
DENAH BALOK DAN PLAT LANTAI ROOF DECK

|                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| NO. GAMBAR               | SKALA :            |
| ABD-STR-13-01            | 1 : 300            |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING | NO. LBR. JML. LBR. |
| BD-STR-14-01             | 01 09              |

| SPESIFIKASI KOLOM DAN SHEAR WALL: |         |
|-----------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f <sub>c</sub> )      | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (B1TS)             | 420 MPa |
| MUTU BAJA PILOS (B1TP)            | 280 MPa |

| NETAS KOLOM LT. LOWER GROUND: |             |                 |        |                |              |                       |
|-------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------------|--------------|-----------------------|
| No.                           | Type        | Dimensi         | Jumlah | Elevasi Lantai | Tinggi Kolom | Keterangan            |
| 1.                            | K1A         | 800 x 800       | 22     | -4.000         | 4.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 2.                            | K1          | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 3.                            | K2A         | 800 x 800       | 30     | -4.000         | 4.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 4.                            | K2          | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 5.                            | K3          | 750 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 6.                            | K4          | 700 x 700       | -      | -              | -            | -                     |
| 7.                            | KL          | 300 x 800       | 15     | -4.000         | 4.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 8.                            | KJ          | 300 x 800 x 200 | 8      | -4.000         | 4.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 9.                            | KT (Tangga) | 300 x 300       | 2      | -4.000         | 4.000mm      | Kolom Beton Bertulang |



DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL DAN SHEAR WALL LANTAI LOWER GROUND ✓  
SKALA 1 : 300

**KETERANGAN**

**NAMA PROYEK**  
Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  
Bank (i-DB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project i-DB IDN 1031)

**LOKASI**  
Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

**PEMILIK PEKERJAAN**  
Kemankes RS Sardjito  
RSUP Dr. SARDJITO

**PENANGGUNG JAWAB**  
Kusnadi, S.P., M.A.R.S., M.H.  
CONSULTANT MANAGING OFFICER  
DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH  
PNSIC

**DIBUAT OLEH**  
PENYEDIA JASA  
HUTAMA KARYA (Pemerin)  
Civil Engineering & Architecture  
DESIGN CREATING  
PT. CAKRA MANGROVE MANULU JAKARTA

**PEMBAHASA RIBUN**  
K. Ramang Galangany, M.T.  
SANGGUP MANAGER

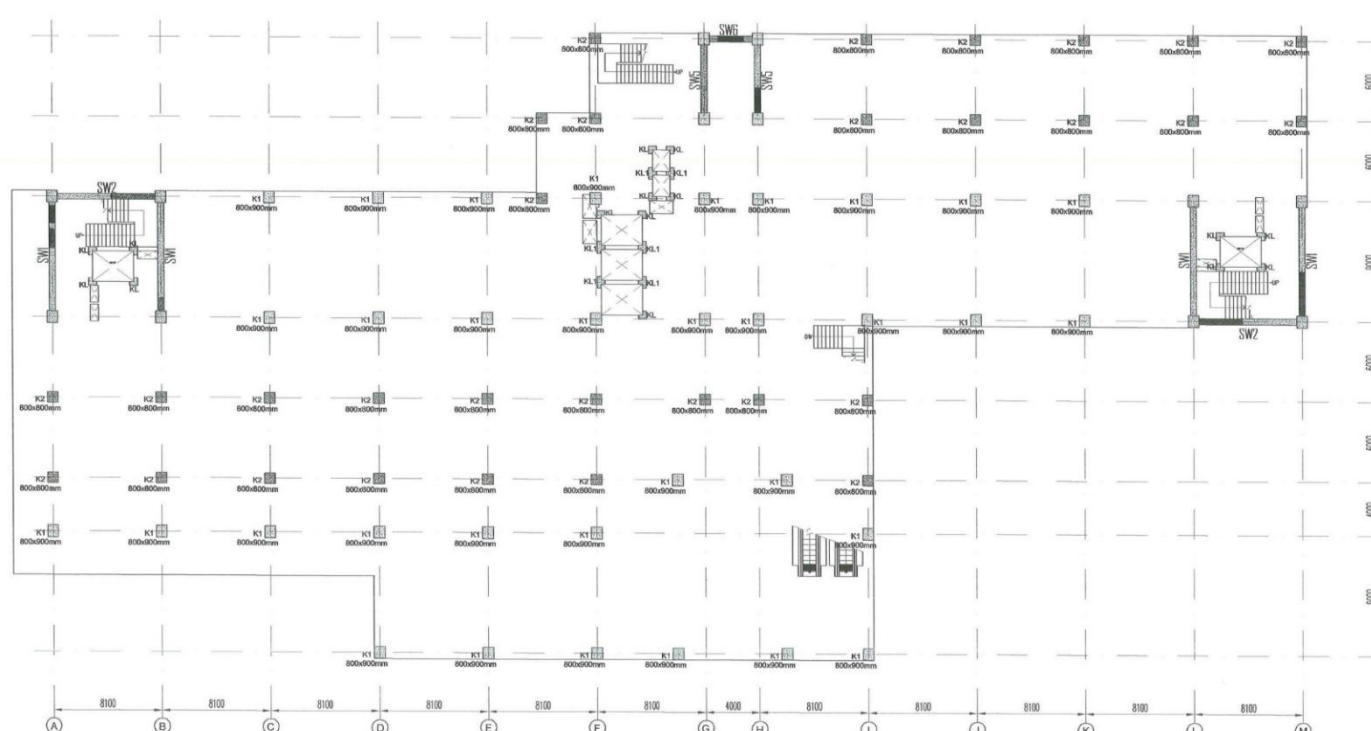
**AS-BUILT DRAWING**  
JENIS GAMBAR  
STRUKTUR

JUJUL GAMBAR :  
DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI LOWER GROUND

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| NO. GAMBAR               | SKALA :  |
| SD-STR-16-01             | 1 : 300  |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING | NO. LBR  |
| SD-STR-06-01             | 01       |
|                          | JML. LBR |
|                          | 64       |

| SPESIFIKASI KOLOM DAN SHEAR WALL: |         |
|-----------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                  | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (BJTS)             | 420 MPa |
| MUTU BAJA POLIS (BJTP)            | 280 MPa |

| REKAM KOLEM L1 1st FLOOR PLAN: |             |                 |        |                |              |                       |
|--------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------------|--------------|-----------------------|
| No.                            | Type        | Dimensi         | Jumlah | Elevasi Lantai | Tinggi Kolom | Keterangan            |
| 1.                             | K1A         | 800 x 900       | -      | -              | -            | -                     |
| 2.                             | K1          | 800 x 900       | 33     | +0.000         | 5.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 3.                             | K2A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 4.                             | K2          | 800 x 800       | 30     | +0.000         | 5.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 5.                             | K3          | 750 x 900       | -      | -              | -            | -                     |
| 6.                             | K4          | 700 x 700       | -      | -              | -            | -                     |
| 7.                             | KL          | 300 x 600       | 15     | +0.000         | 5.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 8.                             | K11         | 300 x 800 x 300 | 6      | +0.000         | 5.000mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 9.                             | K1 (Tangga) | 300 x 300       | -      | -              | -            | -                     |



DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 1  
SKALA 1 : 300

**KETERANGAN**

**NAMA PROJEK**  
Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsIB) Financing Assistant, Number IKN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsIB IKN 1031)

**LOKASI**  
Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

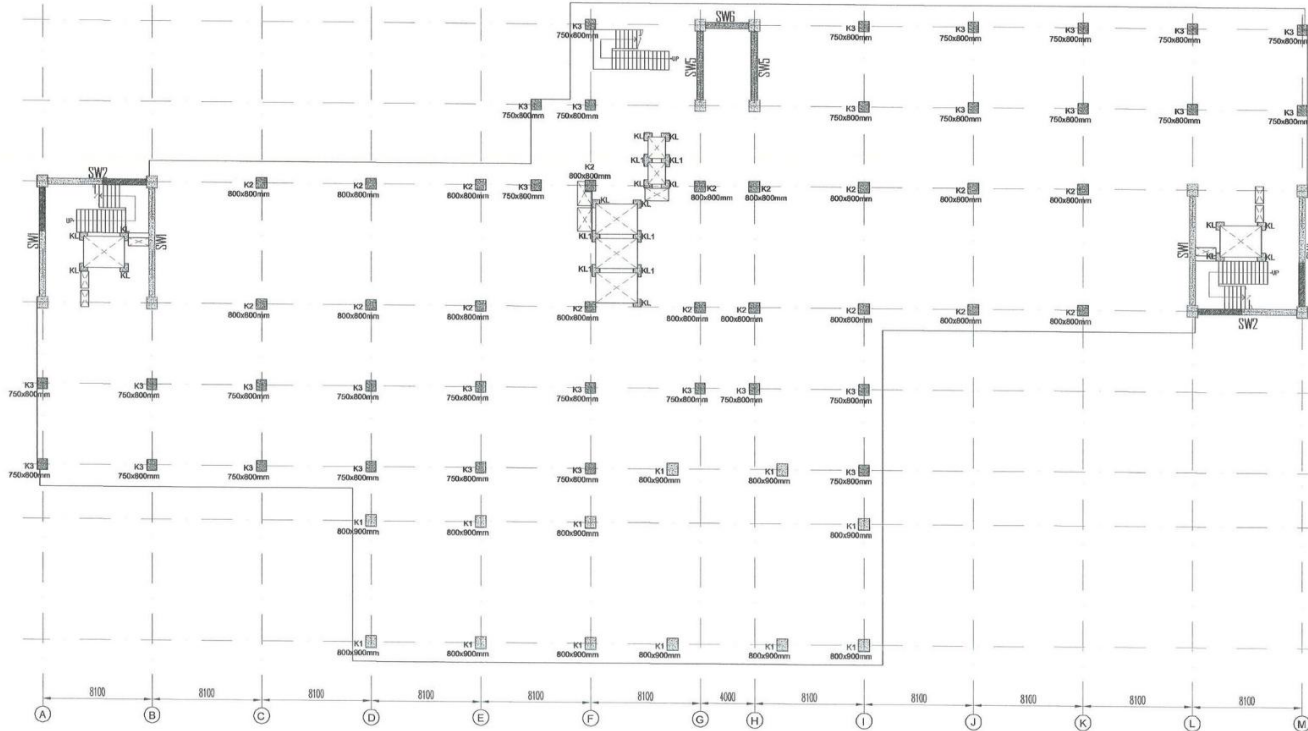
**PEMILIK PEKERJAAN**  
Kemenkes  
RS Sardjito  
RSUP Dr. SARDJITO  
PENANGGUNG JAWAB  
Khaerun, SLP, MARS, M.H.  
DIPERIKSA DAN DISetujui OLEH  
PNSIC  
PT. Cakra Mangrove  
PT. Cakra Mangrove  
DIBUAT OLEH  
PENGEDIA JASA  
HUTAMA KARYA  
PENANGGUNG JAWAB  
AS-BUILT DRAWING  
JENIS GAMBAR  
STRUKTUR  
JUDUL GAMBAR :  
DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 1

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| NO. GAMBAR                | SKALA :   |
| SD-STR-16-05              | 1 : 300   |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING | NO. LEBR  |
| SD-STR-06-05              | 05        |
|                           | JML. LEBR |
|                           | 64        |



| SPESIFIKASI KOLOM DAN SHEAR WALL: |         |
|-----------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                  | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (BUTS)             | 420 MPa |
| MUTU BAJA PILOS (BLJFP)           | 280 MPa |

| NOTASI KOLOM L1 3rd FLOOR PLAN: |             |                 |        |                |              |                       |
|---------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------------|--------------|-----------------------|
| No.                             | Type        | Dimensi         | Jumlah | Elevasi Lantai | Tinggi Kolom | Keterangan            |
| 1.                              | K1A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 2.                              | K1          | 800 x 800       | 12     | +9.200         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 3.                              | K2A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 4.                              | K2          | 800 x 800       | 18     | +9.200         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 5.                              | K3          | 750 x 800       | 30     | +9.200         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 6.                              | K4          | 700 x 700       | -      | -              | -            | -                     |
| 7.                              | KL          | 300 x 600       | 15     | +9.200         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 8.                              | KL1         | 300 x 600 x 300 | 6      | +9.200         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 9.                              | KT (Tangga) | 300 x 300       | -      | -              | -            | -                     |



DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 3 ✓  
SKALA 1 : 300

KETERANGAN

NAMA PROJEK

Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)

LOKASI

Jl. Kesehatan No. 1 Daerah Istimewa Yogyakarta

PELILIK PEKERJAAN



RSP Dr. SARDJITO

PENANGGUNG JAWAB



DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH

PASC



DIBUAT OLEH

PERWEDA JASA



DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH



AS-BUILT DRAWING

JENIS GAMBAR

STRUKTUR

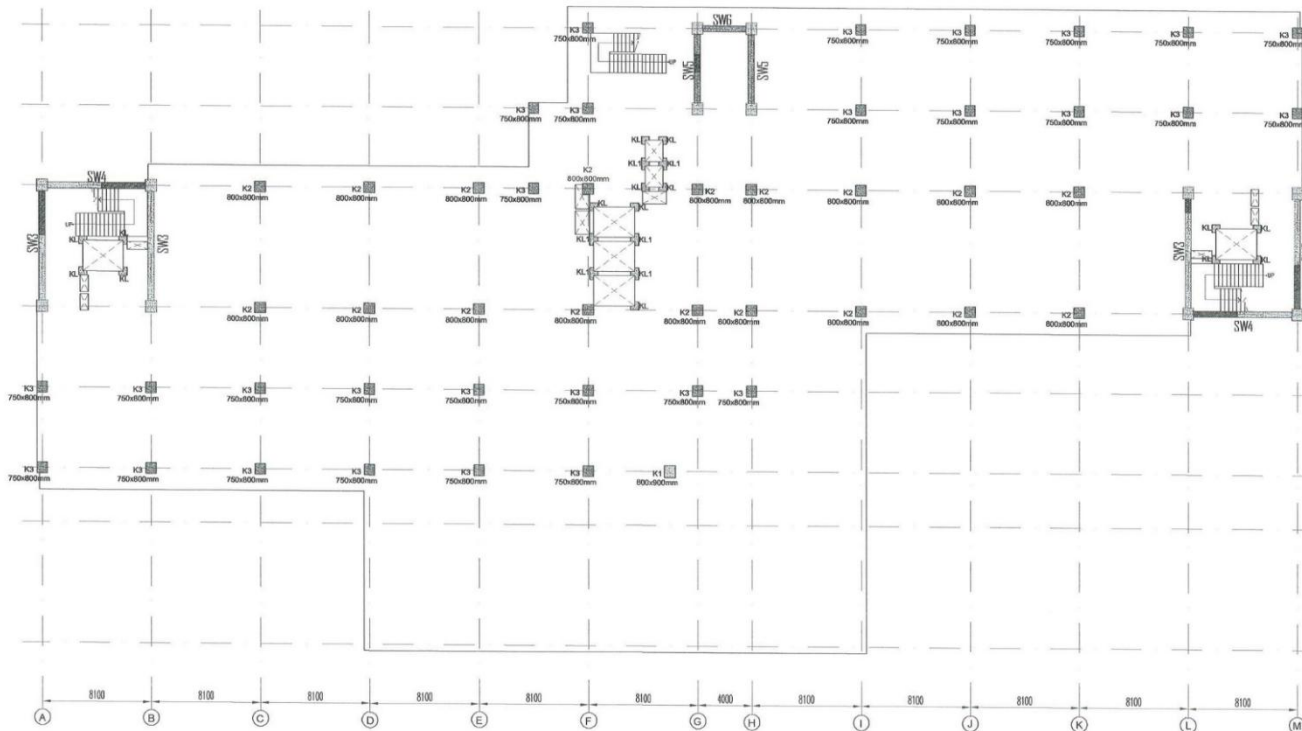
AJUKUL GAMBAR :

DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 3

| NO. GAMBAR    | SKALA : |      |     |
|---------------|---------|------|-----|
| SD-STR-16-13  | 1 : 300 |      |     |
| NO. REV. DARS | NO. LBR | JML. | LBR |
| SD-STR-06-13  | 13      |      | 64  |

| SPESIFIKASI KOLOM DAN SHEAR WALL: |         |
|-----------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f <sub>c</sub> )      | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (BJTS)             | 420 MPa |
| MUTU BAJA PELOS (BJTP)            | 280 MPa |

| NOTASI KOLOM L1, 4th FLOOR PLAN: |             |                 |        |                |              |                       |
|----------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------------|--------------|-----------------------|
| No.                              | Type        | Dimensi         | Jumlah | Elevasi Lantai | Tinggi Kolom | Keterangan            |
| 1.                               | K1          | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 2.                               | K1          | 800 x 800       | 1      | +0.400         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 3.                               | K2A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 4.                               | K2          | 800 x 800       | 18     | +0.400         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 5.                               | K3          | 750 x 800       | 28     | +0.400         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 6.                               | K4          | 700 x 700       | -      | -              | -            | -                     |
| 7.                               | KL          | 300 x 600       | 5      | +0.400         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 8.                               | KU          | 300 x 600 x 300 | 6      | +0.400         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 9.                               | K1 (Tangga) | 300 x 300       | -      | -              | -            | -                     |



DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 4  
SKALA 1 : 300

KETERANGAN

NAMA PROYEK

Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  
Bank (ISDB) Financing Assistant,  
Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISDB IDN 1031)

LOKASI

Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

PELAKSANAAN



RSP Dr. SARDJITO

PENANGUNG JAWAB



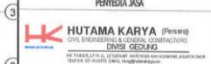
DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH

PHSC



DIBUAT OLEH

PERENCANA JASA



PENANGUNG JAWAB



AS-BUILT DRAWING

JENIS GAMBAR

STRUKTUR

JUDUL GAMBAR

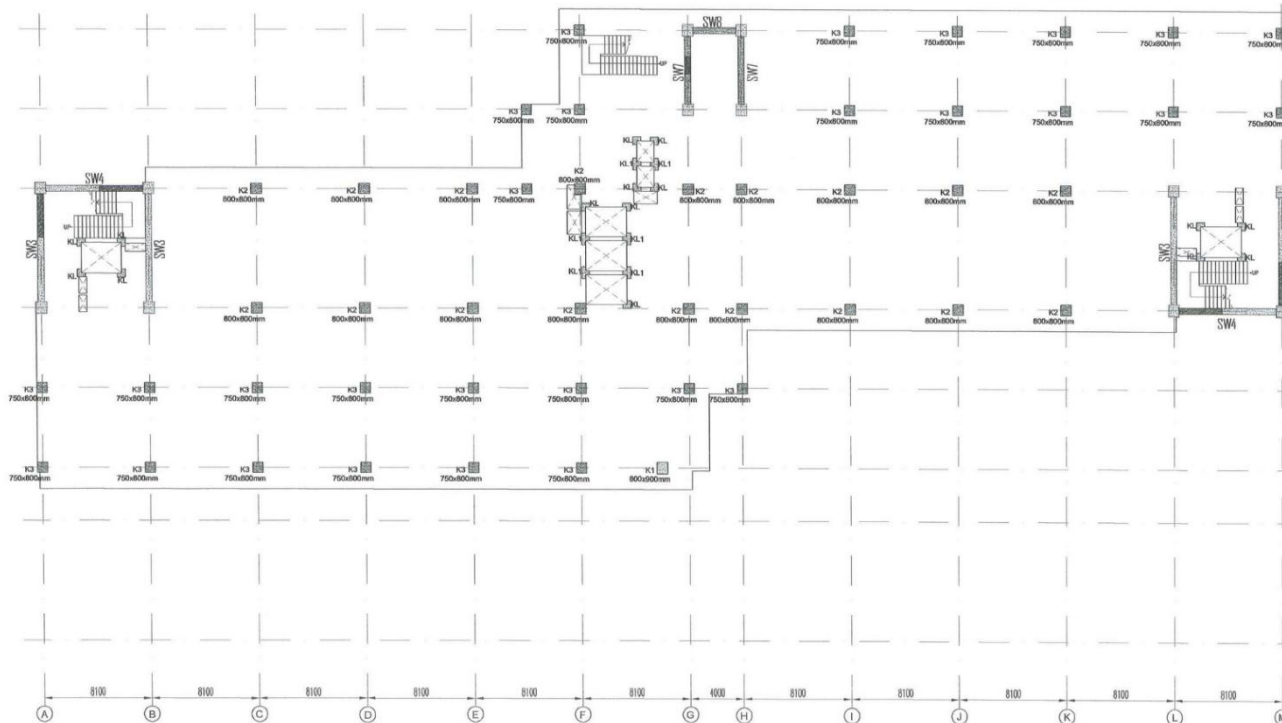
DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL

LANTAI 4

| NO. GAMBAR                |    | SKALA :          |
|---------------------------|----|------------------|
| SD-BTR-16-17              |    | 1 : 300          |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING |    | NO. LBR JML. LBR |
| SD-BTR-06-17              | 17 | 64               |

| SPESIFIKASI KOLOM DAN SHEAR WALL |         |
|----------------------------------|---------|
| MITU BETON (Pc)                  | 35 MPa  |
| MITU BAJA ULIR (BJS)             | 420 MPa |
| MITU BAJA PELOS (BJP)            | 280 MPa |

| MITASI KOLOM L1 5th FLOOR PLAN |             |                 |        |                |              |                       |
|--------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------------|--------------|-----------------------|
| No.                            | Type        | Dimensi         | Jumlah | Elevasi Lantai | Tinggi Kolom | Keterangan            |
| 1.                             | K1A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 2.                             | K1          | 800 x 800       | 1      | +7.500         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 3.                             | K2A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 4.                             | K2          | 800 x 800       | 18     | +7.500         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 5.                             | K3          | 750 x 800       | 28     | +7.500         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 6.                             | K4          | 700 x 700       | -      | -              | -            | -                     |
| 7.                             | K5          | 300 x 300       | 15     | +7.500         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 8.                             | K11         | 300 x 300 x 300 | 5      | +7.500         | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 9.                             | K1 (Tangga) | 300 x 300       | -      | -              | -            | -                     |



DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 5  
SKALA 1 : 300

KETERANGAN

NAMA PROJEK

Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project t&D IDN 1031)

LOKASI

J. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

PEMILIK PERUMAHAN



RSP Dr. SARDITO

PENANGGUNG JAWAB



Makhsin, S.P., M.A.R.S., M.H.  
CONTRACT MANAGER OFFICE

DEPERKSA DAN DISETUJAI OLEH

PNBC



DI BUAT OLEH

PERENCANA JASA



PENANGGUNG JAWAB



AS-BUILT DRAWING

JENIS GAMBAR

STRUKTUR

JUDUL GAMBAR :

DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL

LANTAI 5

NO. GAMBAR

SKALA :

SD-STR-16-21 1 : 300

NO. REV. DARI

NO. LBR

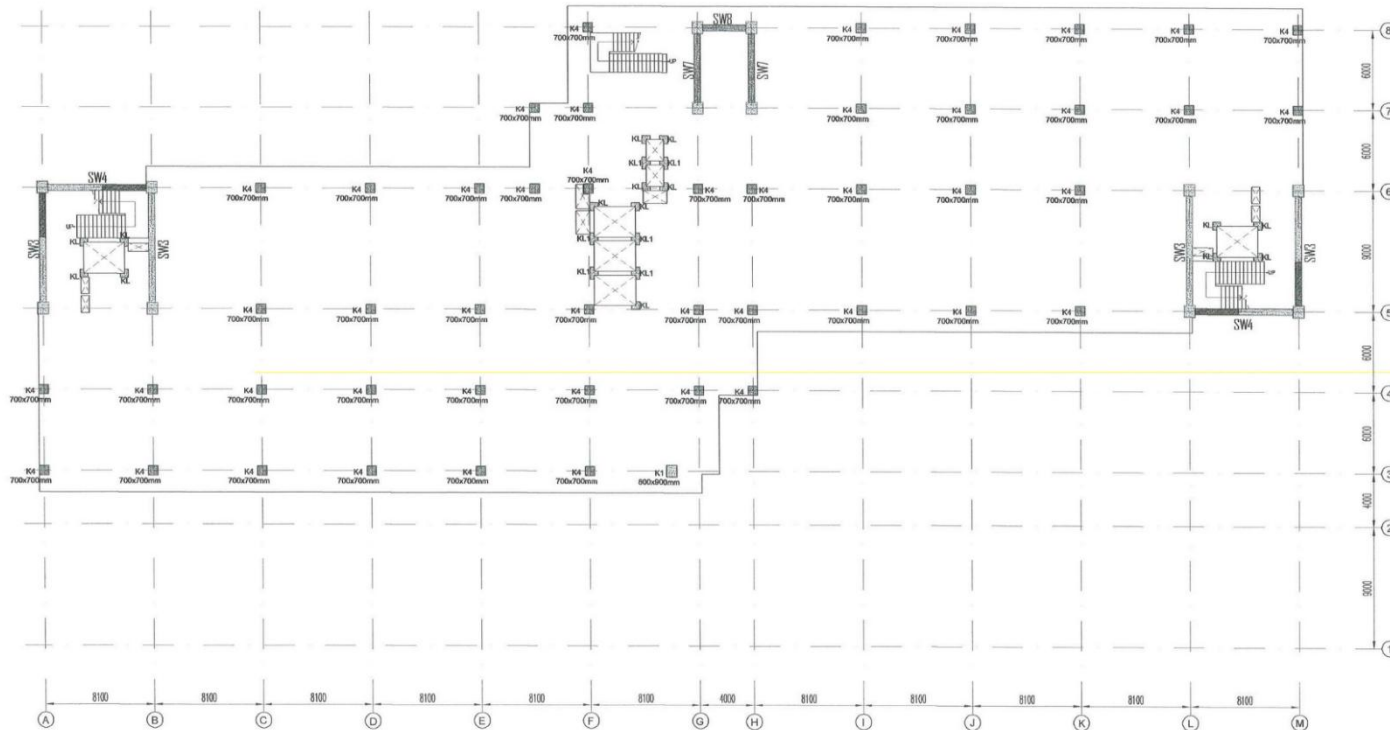
JML. LBR

SD-STR-06-21 21 64



| SPESIFIKASI KOLOM DAN SHEAR WALL: |         |
|-----------------------------------|---------|
| MUTU BETON (f'c)                  | 35 MPa  |
| MUTU BAJA ULIR (BJTS)             | 420 MPa |
| MUTU BAJA POLOS (BJTP)            | 280 MPa |

| NOTASI KOLOM LT 7th FLOOR PLAN: |             |                 |        |                |              |                       |
|---------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------------|--------------|-----------------------|
| No.                             | Type        | Dimensi         | Jumlah | Elevasi Lantai | Tinggi Kolom | Keterangan            |
| 1.                              | K1A         | 800 x 900       | -      | -              | -            | -                     |
| 2.                              | K1          | 800 x 900       | 1      | -25.800        | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 3.                              | K2A         | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 4.                              | K2          | 800 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 5.                              | K3          | 750 x 800       | -      | -              | -            | -                     |
| 6.                              | K4          | 700 x 700       | 46     | -25.800        | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 7.                              | KL          | 300 x 600 x 900 | 15     | -25.800        | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 8.                              | KJ1         | 300 x 600 x 900 | 6      | -25.800        | 4.200mm      | Kolom Beton Bertulang |
| 9.                              | KT (Tangga) | 300 x 300       | -      | -              | -            | -                     |



DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI 7 ✓  
SKALA 1 : 300

KETERANGAN

NAMA PROYEK

Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  
Bank (ISDB) Financing Assistant,  
Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISDB IDN 1031)

LOKASI

Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

PEMILIK PEKERJAAN



RSIP Dr. SARDJITO

PEMANGKUP JAWAB



DIBUAT DAN DISERAHKAN OLEH



DIBUAT OLEH



PERMANEN STAMP



AS-BUILT DRAWING

JENIS GAMBAR

STRUKTUR

JUDUL GAMBAR :

DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL

LANTAI 7

NO. GAMBAR

SD-STR-16-29

SKALA :

1 : 300

NO. REV DARI SHOP-DRAWING

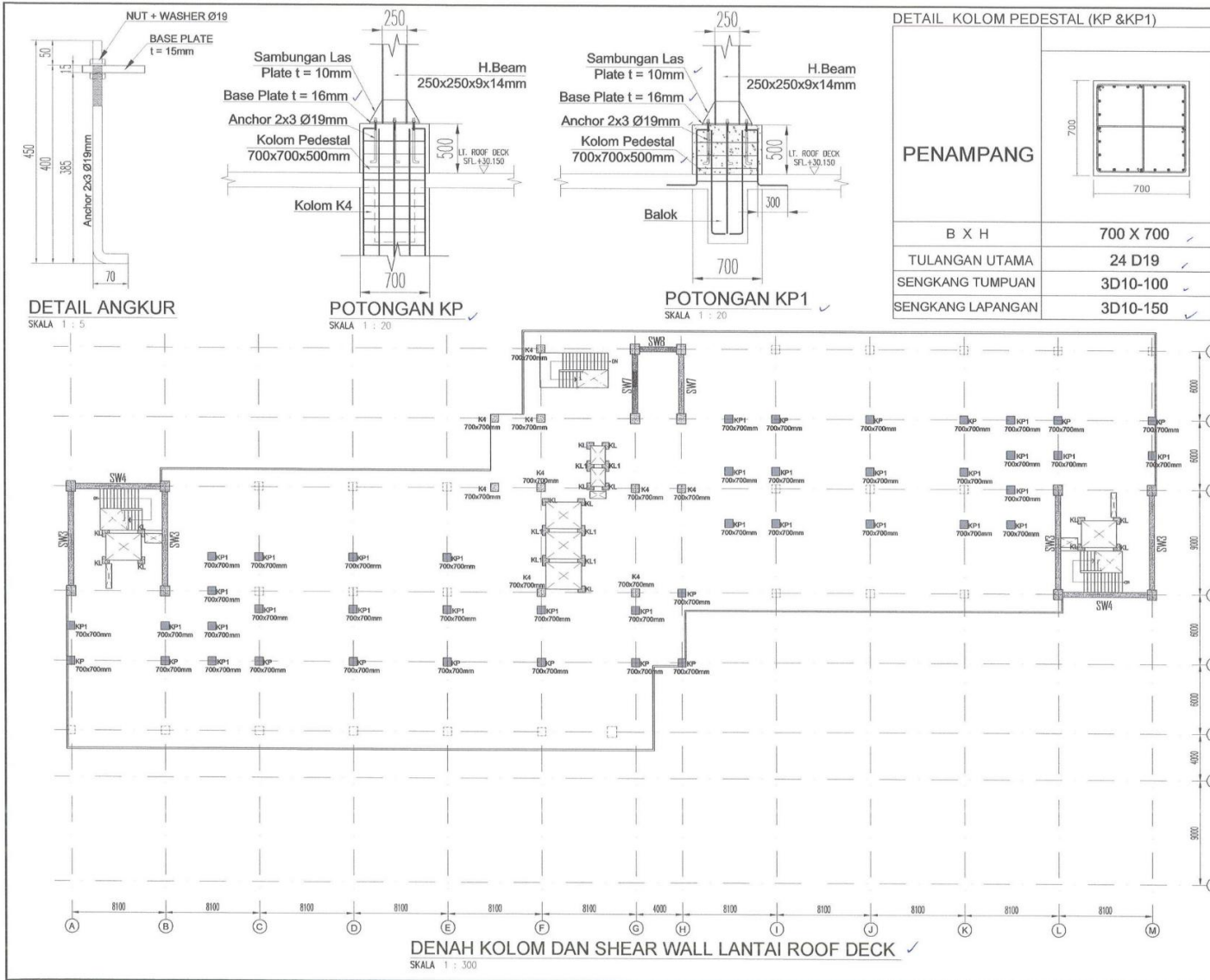
SD-STR-06-29

NO. LBR

29

JML. LBR

64



|   |                  |
|---|------------------|
| KETERANGAN  |                  |
| MAMA PROJEK   |                  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IsDB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031) |                  |
| LOKASI  |                  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                  |
| PEMILIK PERIZINAN   |                  |
|   |                  |
| RSIP Dr. SARDJITO   |                  |
| PENANGGUNG JAWAB  |                  |
|   |                  |
| Khairin, S.P., M.A.S., M.H.<br>ENGINEER / ARSITEK / SIPREK<br>DIPERUSAHA DAN DISETUJUI OLEH   |                  |
| PHSC  |                  |
|   |                  |
| PT. CAKRA MANGROVE JAYA<br>   |                  |
| Ir. Luthianto Kabang<br>PEJABAT LEGAL   |                  |
| DIBUAT OLEH   |                  |
| PENYEDIA JASA   |                  |
|   |                  |
| HUTAMA KARYA (PERSERO)<br>ONE STOP SERVICE ENGINEERING, CONSTRUCTION,<br>DESIGN, GEOTECHNICAL<br>AND SURVEYING<br>PT. HUTAMA KARYA (PERSERO) Tbk. dan Anak Perusahaan   |                  |
| PENANGGUNG JAWAB  |                  |
|   |                  |
| PT. WILUMBA KARYA PERSERO<br>PT. WILUMBA KARYA PERSERO<br>PT. WILUMBA KARYA PERSERO   |                  |
| AS-BUILT DRAWING  |                  |
| JENIS GAMBAR  |                  |
| STRUKTUR  |                  |
| JUDUL GAMBAR :  |                  |
| DENAH KOLOM DAN SHEAR WALL LANTAI ROOF DECK   |                  |
| NO. GAMBAR  | SKALA :          |
| SD-STR-16-33  | 1 : 300          |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING  | NO. LBR JML. LBR |
| SD-STR-06-33  | 33 64            |

|                           |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|---------------------------|------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----------|----|-----------|-----------------|-------------|
| LANTAI 4<br>SFL+13.400    |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 | 750 X 800 |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    | 28 D22    |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  | 3D10-100  |    | D10-100   | D10-100         |             |
| LANTAI 3<br>SFL+9.200     |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |           |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |           |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  |           |    | D10-100   | D10-100         |             |
| LANTAI 2<br>SFL+5.000     |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |           |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |           |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  |           |    | D10-100   | D10-100         |             |
| LANTAI 2<br>SFL+5.000     |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |           |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |           |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  |           |    | D10-100   | D10-100         |             |
| LANTAI 1<br>SFL-0.050     |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |           |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 | 300 X 300   |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |           |    | 28 D19    | 36 D19          | 8 D19       |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D13-100  |     | 4D13-100  |           |    | D10-100   | D10-100         | 2D10-100    |
| LOWER GROUND<br>SFL-4.050 |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |           |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 | 300 X 300   |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |           |    | 28 D19    | 36 D19          | 8 D19       |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D13-100  |     | 4D13-100  |           |    | D10-100   | D10-100         | 2D10-100    |
| LOWER GROUND<br>SFL-4.050 |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |           |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 | 300 X 300   |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |           |    | 28 D19    | 36 D19          | 8 D19       |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D13-100  |     | 4D13-100  |           |    | D10-100   | D10-100         | 2D10-100    |

DETAIL KOLOM LANTAI 2 - LANTAI 3 ✓  
SKALA HTS

|                           |                  |     |           |     |           |    |    |           |                 |             |
|---------------------------|------------------|-----|-----------|-----|-----------|----|----|-----------|-----------------|-------------|
| LANTAI 2<br>SFL+5.000     |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3 | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |    |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |    |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |    |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  |    |    | D10-100   | D10-100         |             |
| LANTAI 1<br>SFL-0.050     |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3 | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |    |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |    |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 | 300 X 300   |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |    |    | 28 D19    | 36 D19          | 8 D19       |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D13-100  |     | 4D13-100  |    |    | D10-100   | D10-100         | 2D10-100    |
| LOWER GROUND<br>SFL-4.050 |                  | K1a | K1        | K2a | K2        | K3 | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
| PENAMPANG                 |                  |     |           |     |           |    |    |           |                 |             |
|                           | B X H            |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 |    |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 | 300 X 300   |
|                           | TULANGAN UTAMA   |     | 30 D25    |     | 28 D22    |    |    | 28 D19    | 36 D19          | 8 D19       |
|                           | SENGKANG TUMPUAN |     | 4D13-100  |     | 4D13-100  |    |    | D10-100   | D10-100         | 2D10-100    |

DETAIL KOLOM LT.LOWER GROUND-LT.SATU ✓  
SKALA HTS

KETERANGAN

MANA PROYEK  
Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (Iadb) Financing Assistant, Number IIN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IADB IIN 1031)

LOKASI  
Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

PEMILIK PERIZINAN  
Kemenkes  
RS Sardjito  
RSIP Dr. Sardjito  
PENANGGUNG JAWAB  
Kusnadi, S.P., MARS, M.H.  
CAHAYANING MARGA SP.STR  
DIPERUSAHA DAN DISETUJUKAN OLEH  
PNSC

PT. Cakra Manggalingga Jaya  
Dr. Lutfianto Radarso  
TUMBUKAWATI  
JAKARTAH  
DIBUAT OLEH  
PENYEDIA JASA  
HUTAMA KARYA (Pemerit)  
CIVIL ENGINEERING & SPECIAL CONSTRUCTION  
DIPER. SINDHARTO

PENANGGUNG JAWAB  
Dr. Bambang Sulandari, M.C.  
Maha Cakrawala  
AS-BUILT DRAWING  
JENIS GAMBAR  
STRUKTUR  
AUCUL GAMBAR :  
DETAIL KOLOM  
LANTAI LOWER GROUND - LANTAI 3

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| NO. GAMBAR                  | SKALA : |
| SD-STR-16-37                | HTS     |
| NO. REV. DARI SHOPS DRAWING | NO. LBR |
| SD-STR-06-37                | 37 64   |

|                          |                   |     |           |     |    |    |           |           |                 |             |  |
|--------------------------|-------------------|-----|-----------|-----|----|----|-----------|-----------|-----------------|-------------|--|
| ROOF DECK<br>SFL.+30.200 |                   |     |           |     |    |    |           |           |                 |             |  |
| LANTAI 7<br>SFL.+26.000  | PENAMPANG         | K1a | K1        | K2a | K2 | K3 | K4        | KL        | KL1             | KT (Tangga) |  |
|                          | B X H             |     | 800 X 900 |     |    |    | 700 X 700 | 300 X 600 | 300 X 800 X 900 |             |  |
|                          | TULANGAN UTAMA    |     | 30 D25    |     |    |    | 24 D19    | 28 D19    | 36 D19          |             |  |
|                          | SENGKANG TUMPUAN  |     | 4D10-100  |     |    |    | 3D10-100  | D10-100   | D10-100         |             |  |
|                          | SENGKANG LAPANGAN |     | 4D10-150  |     |    |    | 3D10-150  | D10-150   | D10-150         |             |  |
| LANTAI 6<br>SFL.+21.800  | PENAMPANG         | K1a | K1        | K2a | K2 | K3 | K4        | KL        | KL1             | KT (Tangga) |  |
|                          | B X H             |     | 800 X 900 |     |    |    | 700 X 700 | 300 X 600 | 300 X 800 X 900 |             |  |
|                          | TULANGAN UTAMA    |     | 30 D25    |     |    |    | 24 D19    | 28 D19    | 36 D19          |             |  |
|                          | SENGKANG TUMPUAN  |     | 4D10-100  |     |    |    | 3D10-100  | D10-100   | D10-100         |             |  |
|                          | SENGKANG LAPANGAN |     | 4D10-150  |     |    |    | 3D10-150  | D10-150   | D10-150         |             |  |

DETAIL KOLOM LANTAI 6 - LANTAI 7 ✓  
SKALA NTS

|                         |                   |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
|-------------------------|-------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----------|----|-----------|-----------------|-------------|
| LANTAI 6<br>SFL.+21.800 |                   |     |           |     |           |           |    |           |                 |             |
| LANTAI 5<br>SFL.+17.600 | PENAMPANG         | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
|                         | B X H             |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 | 750 X 800 |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                         | TULANGAN UTAMA    |     | 30 D25    |     | 28 D22    | 26 D22    |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                         | SENGKANG TUMPUAN  |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  | 3D10-100  |    | D10-100   | D10-100         |             |
|                         | SENGKANG LAPANGAN |     | 4D10-150  |     | 4D10-150  | 3D10-150  |    | D10-150   | D10-150         |             |
| LANTAI 4<br>SFL.+13.400 | PENAMPANG         | K1a | K1        | K2a | K2        | K3        | K4 | KL        | KL1             | KT (Tangga) |
|                         | B X H             |     | 800 X 900 |     | 800 X 800 | 750 X 800 |    | 300 X 600 | 300 X 600 X 900 |             |
|                         | TULANGAN UTAMA    |     | 30 D25    |     | 28 D22    | 26 D22    |    | 28 D19    | 36 D19          |             |
|                         | SENGKANG TUMPUAN  |     | 4D10-100  |     | 4D10-100  | 3D10-200  |    | D10-100   | D10-100         |             |
|                         | SENGKANG LAPANGAN |     | 4D10-150  |     | 4D10-150  | 3D10-250  |    | D10-150   | D10-150         |             |

DETAIL KOLOM LANTAI 4 - LANTAI 5 ✓  
SKALA NTS

KETERANGAN

---

NAMA PROYEK  
Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)

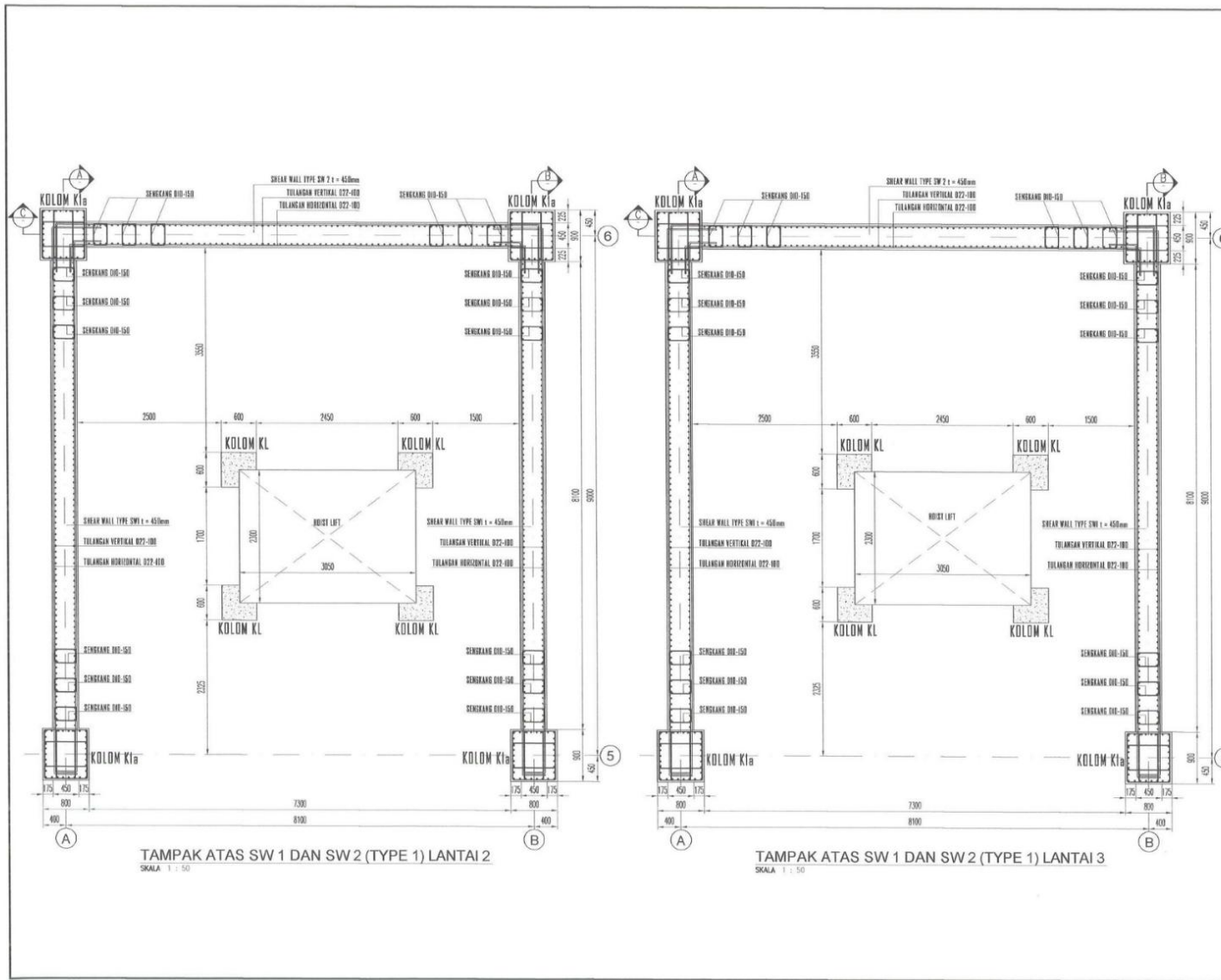
LOKASI  
Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

PEMILIK PEKERJAAN  
Kemenkes RS Sardjito  
RSIP Dr. SARDJITO  
PENANGGUNG JAWAB  
  
Khamid S.I.P, M.A.R.S, M.H.  
COMPETENT WORKING OFFICER  
DIPERIKSA DAN DISETUXI OLEH  
PISC

PT. Cakra Manggala Jaya  
PT. Cakra Manggala Jaya  
JAKARTE  
DIBUAT OLEH  
PENYEDIA JASA  
HUTAMA KARYA (Peningkat dan Pengembang Kualitas dan Efisiensi Biaya)  
DINAS GEOTEKNIK  
No. 10000/01/2018/PT.01/01/2018  
DIBUAT OLEH  
PENYEDIA JAWAB  
  
H. Ruswandi Djalantjaja, M.T., M.Eng, M.Sc., Ph.D.  
AS-BUILT DRAWING  
JENIS GAMBAR  
STRUKTUR  
JUDUL GAMBAR :  
DETAIL KOLOM LANTAI 4 - LANTAI 7

NO. GAMBAR : SD-STR-19-38  
NO. REV DARI SHOPDRAWING :  
NO. LBR : 38  
JML. LBR : 64  
SKALA : 1 : 35

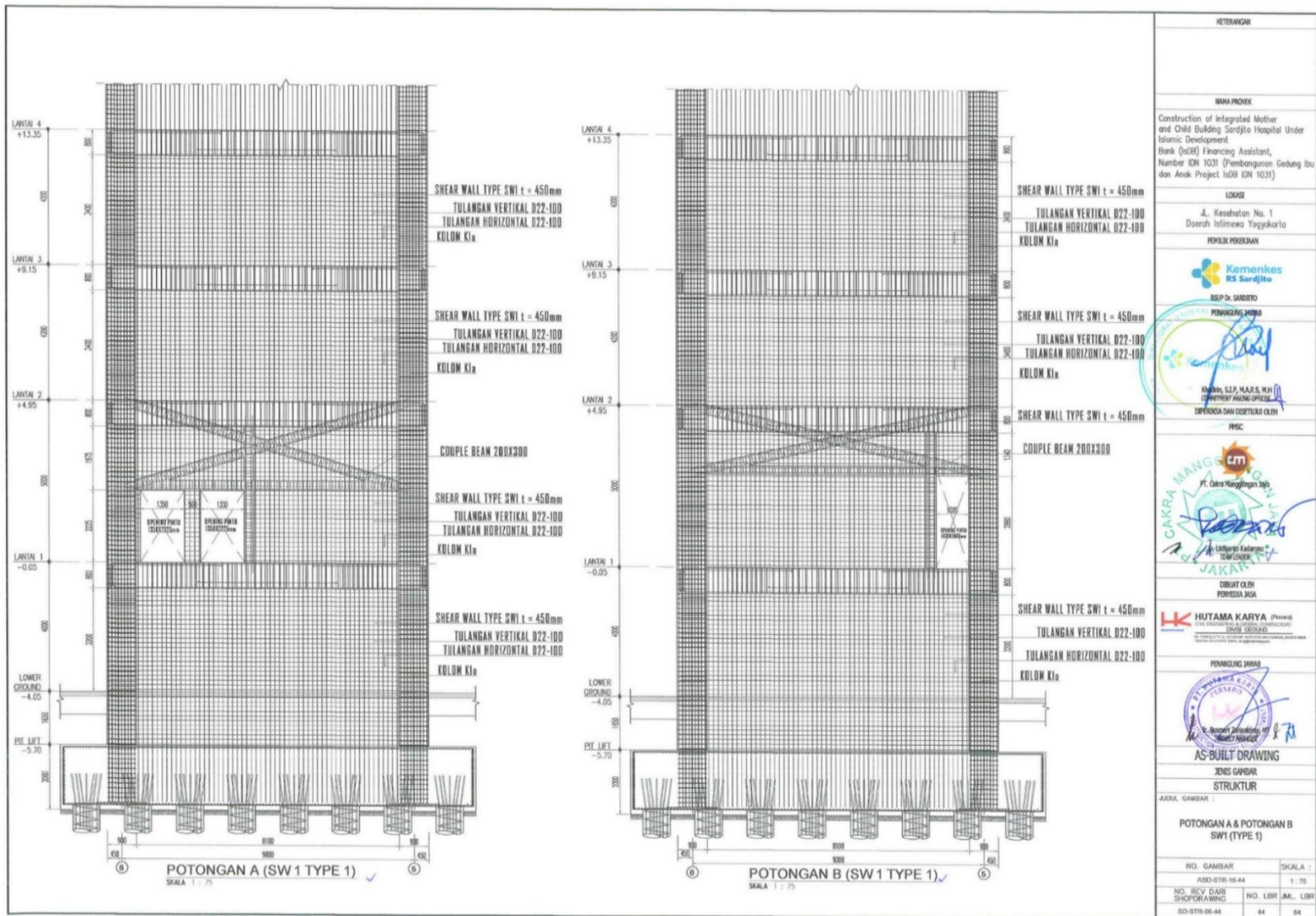




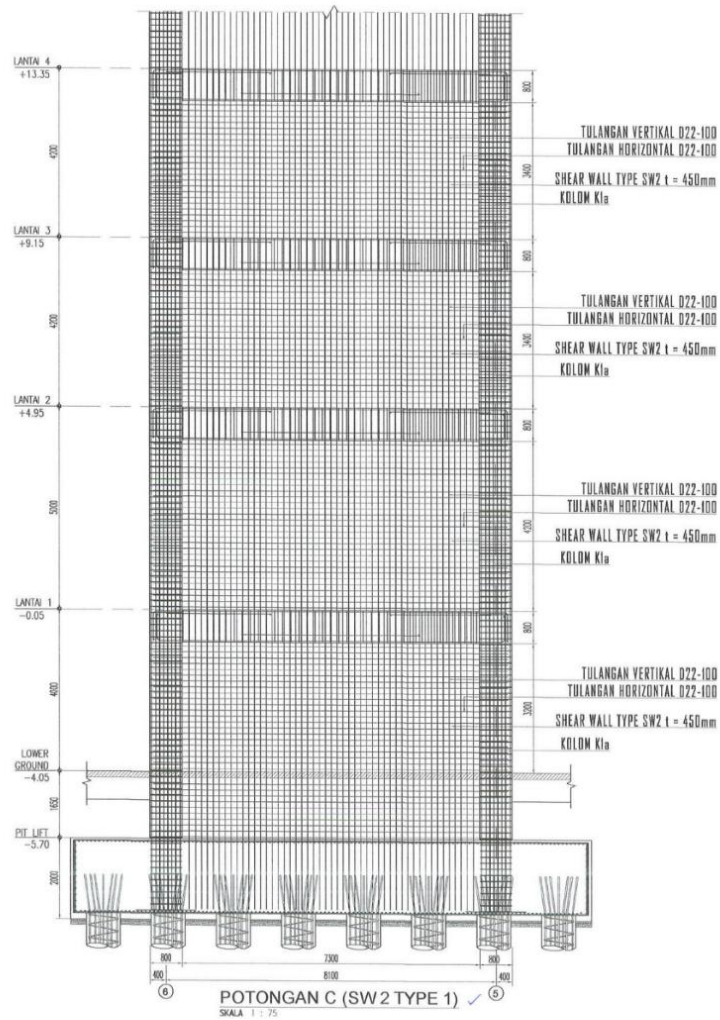
TAMPAK ATAS SW 1 DAN SW 2 (TYPE 1) LANTAI 2  
SKALA 1 : 50

TAMPAK ATAS SW 1 DAN SW 2 (TYPE 1) LANTAI 3  
SKALA 1 : 50

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| KETERANGAN   |                             |
| NAMA PROJEK<br>Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (I+IB) Financing Assistant,<br>Number IKN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IKN 1031) |                             |
| LOKASI<br>Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta  |                             |
| PEMILIK PERKERJAAN<br><br>RSIP Dr. SARDJITO   |                             |
| PENANGGUNG JAWAB<br><br>M. S.P. HAKAS, M.Eng.<br>COMPANY ENGINEER/ARCHITECT<br>DIPERUBAH DAN DISETELIH OLEH<br>PMEC                         |                             |
| DIBUAT OLEH PERUBHA JASA<br><br>Dr. Estiyanto Kabiraga<br>TEKNIK SIPIL<br>JAKARTA   |                             |
| DIBUAT OLEH PERUBHA JASA<br><br>HUTAMA KARYA (Pernyataan)<br>CONSULTING ENGINEER & ARCHITECTS<br>KONTR. STRUKTUR                          |                             |
| PENANGGUNG JAWAB<br><br>R. HUTAMA KARYA   |                             |
| AS-BUILT DRAWING   |                             |
| JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR   |                             |
| JUDUL GAMBAR :<br>TAMPAK ATAS SW 1 DAN SW 2 (TYPE 1)<br>LANTAI 2 - LANTAI 3  |                             |
| NO. GAMBAR<br>ABD-STR-10-43  | SKALA :<br>1 : 50           |
| NO. REV. DARI<br>SOP/PERKERJAAN  | NO. LEM. JML. LEM.<br>43 04 |

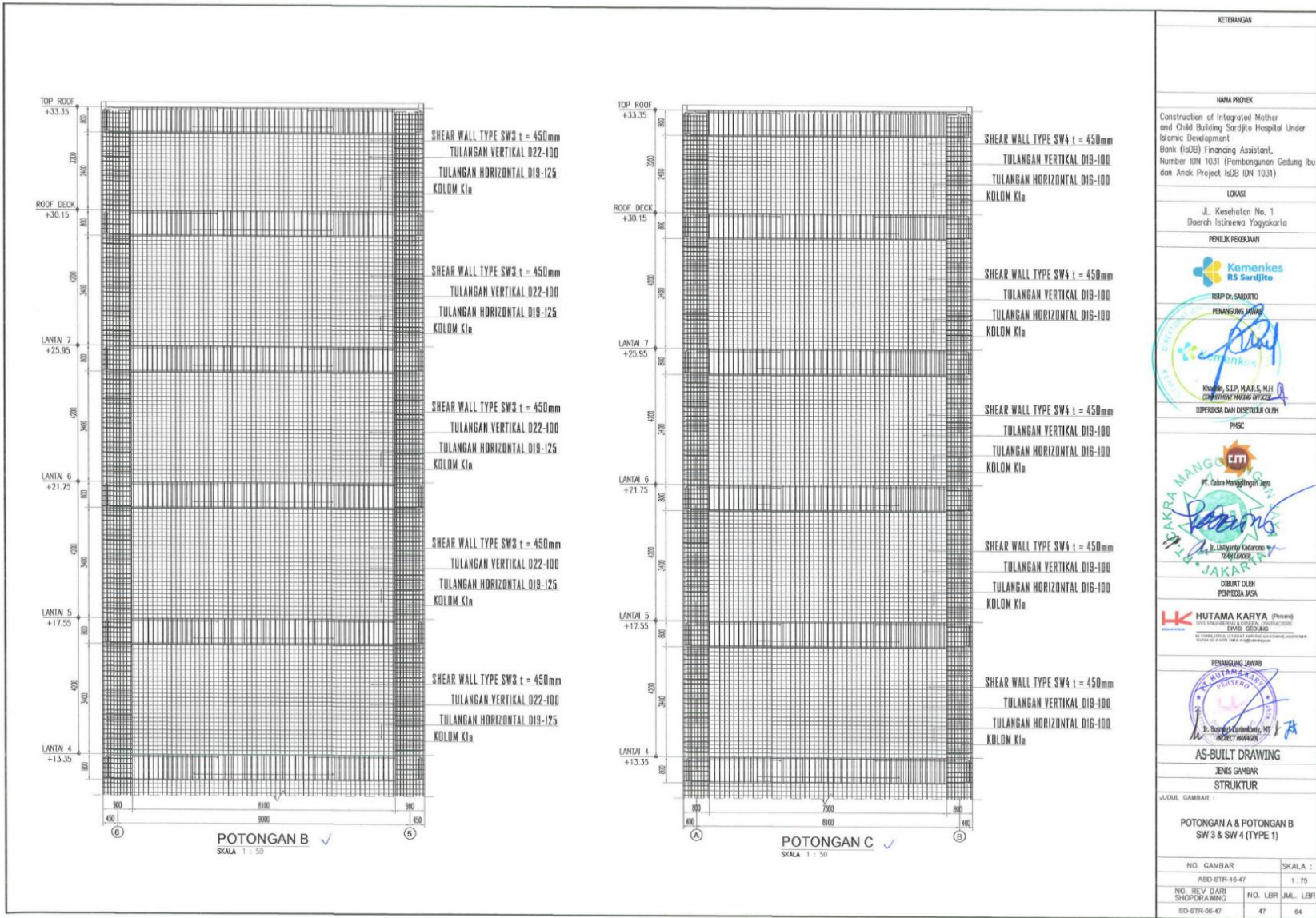


|   |         |
|---|---------|
| <b>KETERANGAN</b>   |         |
| <b>MANA PROJEK</b><br>Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (ISIB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISIB IDN 1031)   |         |
| <b>LOKASI</b><br>Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta  |         |
| <b>PEMILIK PERIZINAN</b><br><br>DRIP Dr. SANDITO<br><b>PENYANGGUNG JAWAB</b><br><br>Khusni, S.P., M.A.S., M.H.<br>CAHAYAN HARJO PRATIWI<br>DIPERIKSA DAN COSETUKEI OLEH<br>PISC |         |
| <br>PT. Citra Manggilingan Jaya<br><br>H. Lutfianto Kadono<br>TEAM LEADER   |         |
| DIBUAT OLEH<br>PERHEDA JAGA<br><br><b>HUTAMA KARYA</b> (Pte) Ltd<br>CIVIL ENGINEERING & ARCHITECTURE<br>Jember, Indonesia  |         |
| <b>PENYANGGUNG JAWAB</b><br><br>H. Haryanto<br>MANAGER   |         |
| <b>AS-BUILT DRAWING</b><br>JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR<br>JUDUL GAMBAR :   |         |
| <b>POTONGAN A &amp; POTONGAN B</b><br><b>SW1 (TYPE 1)</b>   |         |
| NO. GAMBAR  | SKALA : |
| ABD-STR-16-44   | 1 : 25  |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING  | NO. LBR |
| SD-STR-06-44  | 44      |
|   | 64      |



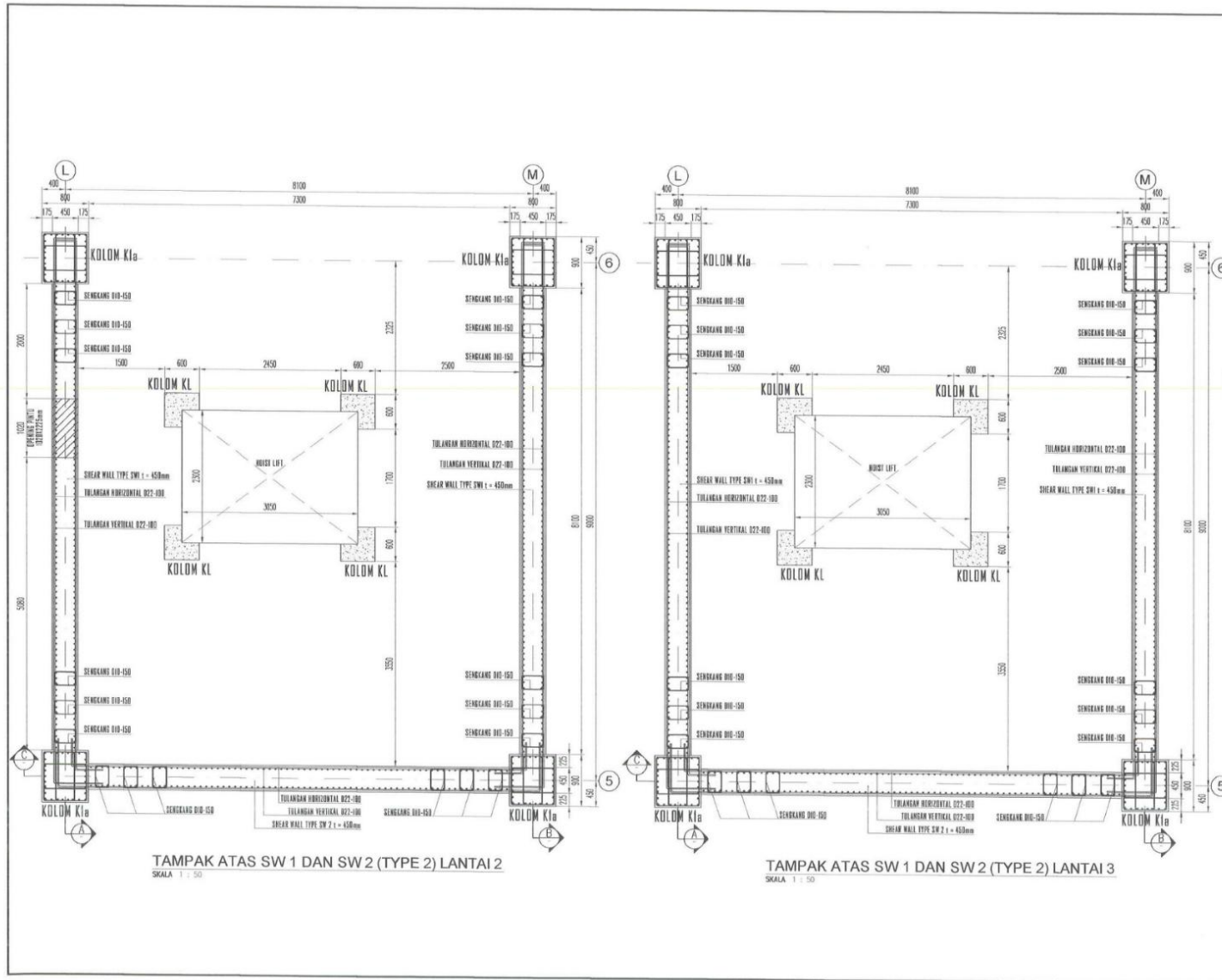
|  |                   |
|--|-------------------|
| KETERANGAN   |                   |
| NAMA PROYEK  |                   |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (sdB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsdB IDN 1031)                                |                   |
| LOKASI   |                   |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Isirnewa Yogyakarta  |                   |
| PEMILIK PEKERJAAN  |                   |
| <br>KEMENKES RI<br>RS Sardjito  |                   |
| RESP. DR. SARJITO  |                   |
| PENANGGUNG JAWAB   |                   |
| <br>Kaidir S.P., M.A.S., M.H.<br>COMPANY MANAGING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH   |                   |
| PISC   |                   |
| <br>PT. CAKRA MANGGALAMA<br>JAKARTE   |                   |
| DIBIKUT OLEH PENYEDIA JASA   |                   |
| <br>HUTAMA KARYA (Pernyatai)<br>CIVIL ENGINEERING & ARCHITECTURE<br>DM751 CENDAS<br>JALAN KH. LUDJANATA SUDARMA<br>NO. 101/101A, KEMENKES, YOGYAKARTA |                   |
| PENANGGUNG JAWAB   |                   |
| <br>R. D. Pratiwi<br>MANAGER  |                   |
| AS-BUILT DRAWING   |                   |
| JENIS GAMBAR   |                   |
| STRUKTUR   |                   |
| JUDUL GAMBAR :   |                   |
| POTONGAN C<br>SW1 (TYPE 1)   |                   |
| NO. GAMBAR   | SKALA :           |
| ABD-STR-16-45  | 1 : 75            |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING  | NO. LER. JML. LER |
| SD-STR-66-45   | 45 64             |



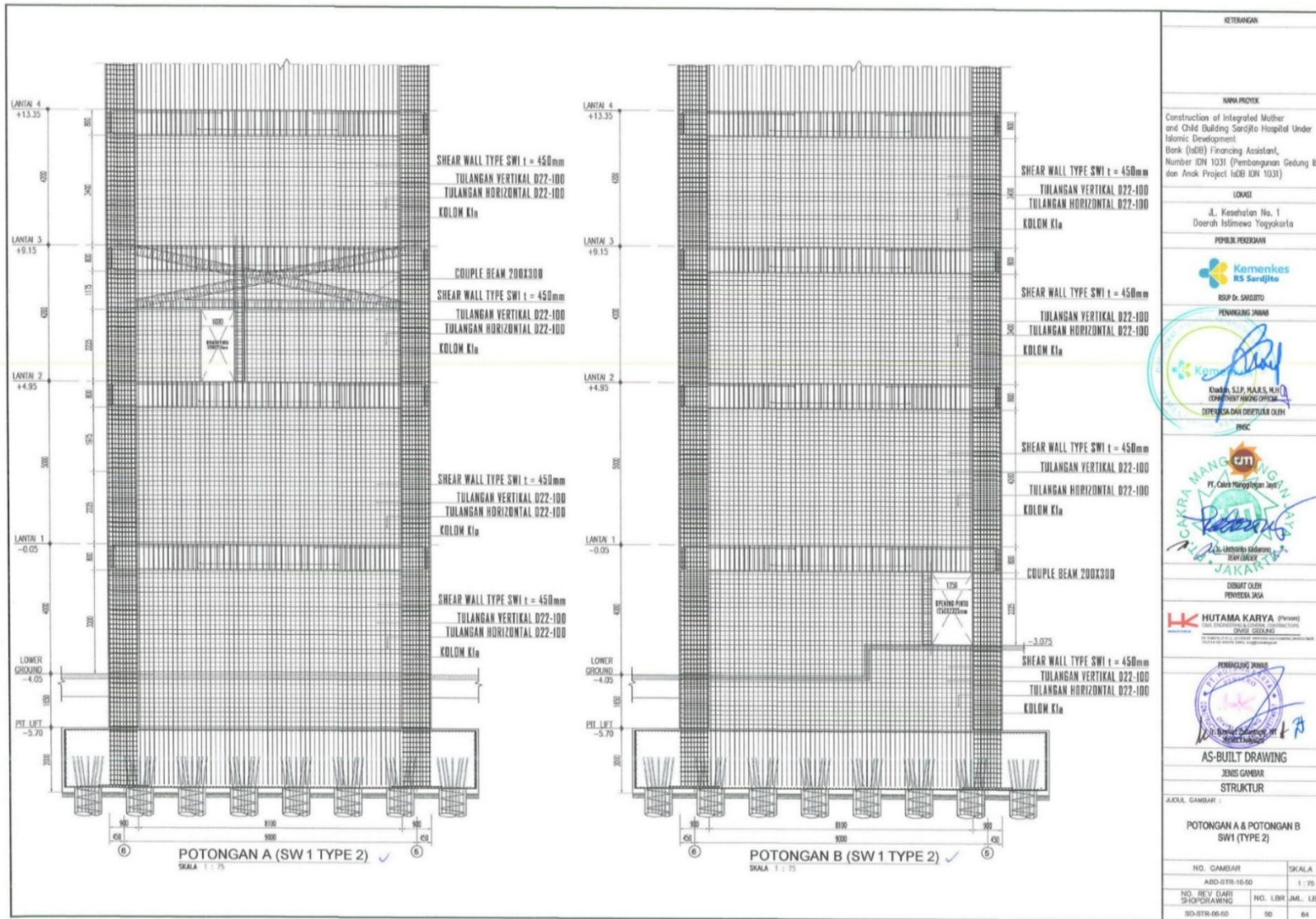


|  |  |
|--|--|
| KETERANGAN   |  |
| NAMA PROJEK  |  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)  |  |
| LOKASI   |  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istisnawa Yogyakarta   |  |
| PEMILIK PEKERJAAN  |  |
| <br>KEMENKES<br>RS SARDJITO<br>RUMAH SAKIT<br>SARDJITO<br>YOGYAKARTA<br>KEP. DR. SARDJITO<br>PEMANGUNG JAWAB<br><br>Khairi, S.P., MARS, M.H.<br>COORDINATOR PROJECT<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PISC<br><br>PT. Ceko Mangrove Jaya<br><br>Dr. Luthfiyanto<br>10/04/2024<br>JAKARTTA<br>DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA<br><br>HUTAMA KARYA (Pemeran)<br>CIVIL ENGINEERING & DESIGN CONSULTANTS<br>EMISI GEOLING<br>PERANGKANG JAWAB<br><br>Dr. Dedy Kurniawan, MT<br>PROJECT MANAGER<br>AS-BUILT DRAWING<br>JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR<br>JUDUL GAMBAR :<br>POTONGAN A & POTONGAN B<br>SW 3 & SW 4 (TYPE 1)<br>NO. GAMBAR<br>AIBD-STR-16-47<br>NO. REV. DARI<br>SD-STR-06-47<br>SKALA :<br>1 : 75<br>NO. LBR<br>47<br>JML. LBR<br>64 |  |

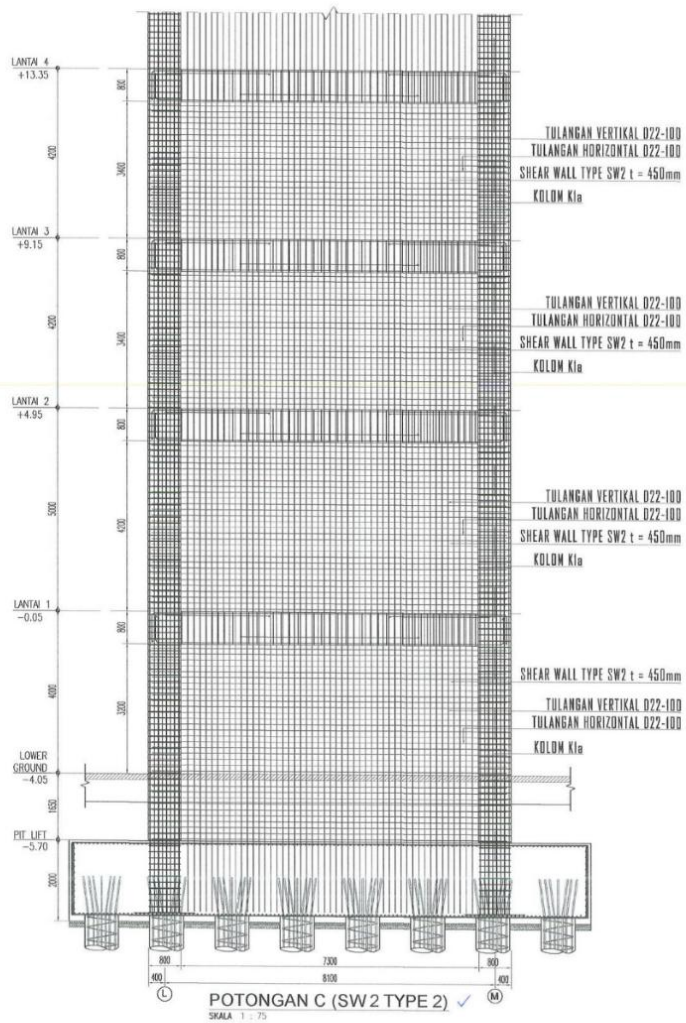




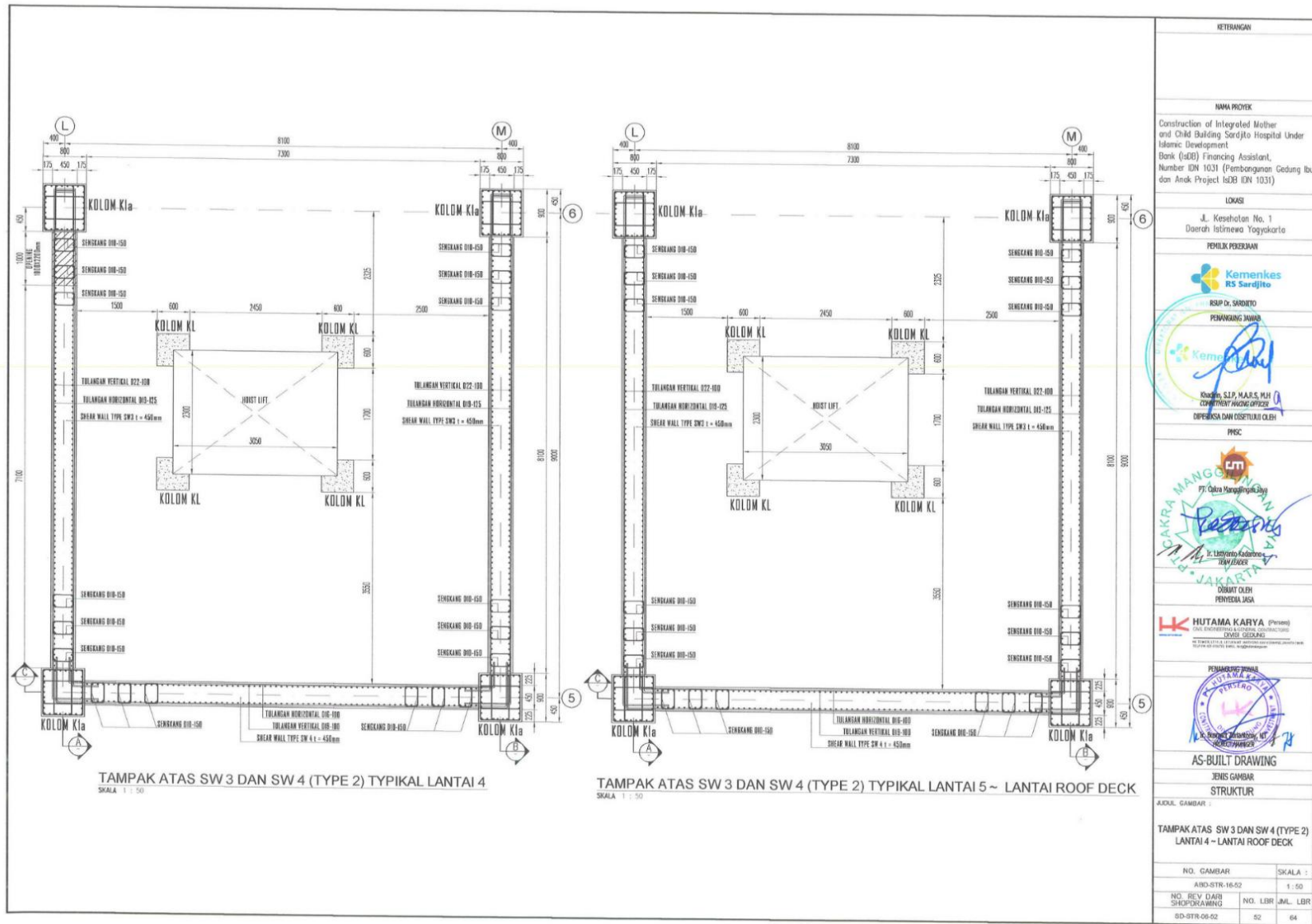
|   |          |
|---|----------|
| KETERANGAN  |          |
| NAMA PROJEK   |          |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)   |          |
| LOKASI  |          |
| Jl. Kesehatan No. 1 Daerah Istimewa Yogyakarta  |          |
| PEMILIK PEKERJAAN   |          |
| <br>KEMENKES RS SARDJITO<br>RSP Dr. SARDJITO<br>PENANGGANG JAWAB<br><br>Khairi, S.P., M.A.S., M.H.<br>KEPALA BIDANG GIGI DAN ORAL DAN BAHASA DAN DISYUPLU CEHAT<br>PISC |          |
| <br>PT. Cahya Mangrove Indonesia<br><br>Ir. Lichyoko Kusuma<br>MANAJER<br>JAKARTA   |          |
| DIBUAT OLEH   |          |
| PENYEDIA JASA   |          |
| <br>HUTAMA KARYA (Pernoda)<br>PT. HUTAMA KARYA (Pernoda) PT. HUTAMA KARYA (Pernoda)<br>PT. HUTAMA KARYA (Pernoda) PT. HUTAMA KARYA (Pernoda)<br>PT. HUTAMA KARYA (Pernoda) PT. HUTAMA KARYA (Pernoda)  |          |
| PENANGGANG JAWAB  |          |
| <br>PT. WOLAMA PROJEK<br>PT. WOLAMA PROJEK<br>PT. WOLAMA PROJEK<br>PT. WOLAMA PROJEK<br>PT. WOLAMA PROJEK<br>AS-BUILT DRAWING<br>JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR  |          |
| AUKUL GAMBAR :  |          |
| TAMPAK ATAS SW 1 DAN SW 2 (TYPE 2) LANTAI 2 - LANTAI 3  |          |
| NO. GAMBAR  | SKALA :  |
| ARD-STR-16-49   | 1 : 50   |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING  | NO. LBR  |
| BD-STR-06-49  | JML. LBR |
|   | 40       |
|   | 64       |



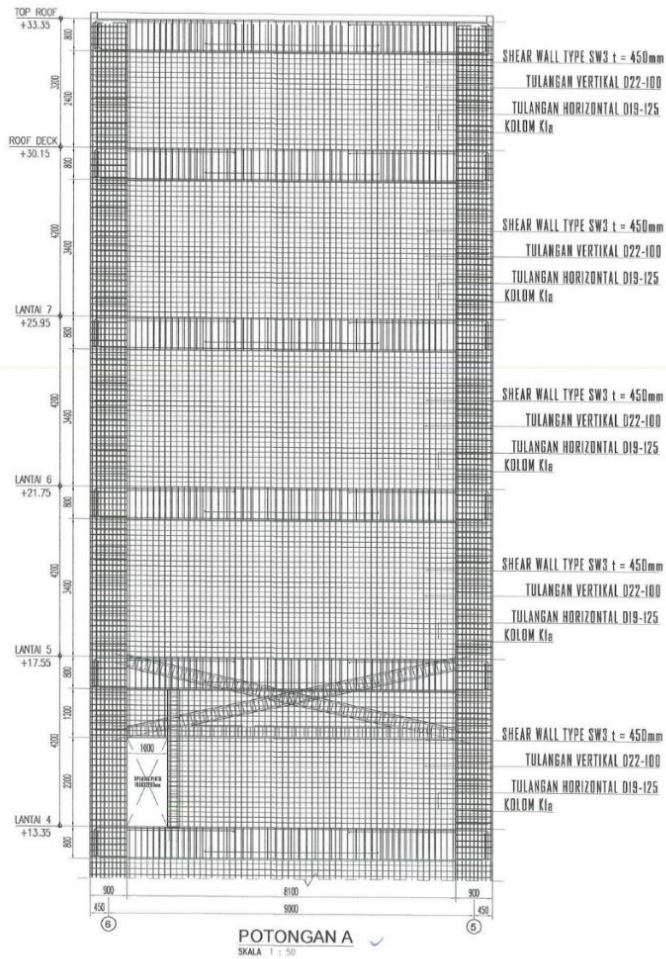
|   |                    |
|---|--------------------|
| KETERANGAN  |                    |
| NAMA PROJEK   |                    |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  |                    |
| Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)  |                    |
| LOKASI  |                    |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                    |
| PEMILIK PEKERJAAN   |                    |
| <br>PT. SARANIKA RS SARDJITO   |                    |
| PENYANGGUNG JAWAB   |                    |
| <br>Khusni S.P.P., M.A.S., N.H.K.<br>CONSULTANT ARCHITECT OFFICE<br>DIPERIKSA DAN DIBENARKELEH OLEH<br>PIRSC |                    |
| <br>PT. CAHYA MANGROVE   |                    |
| DIBUAT OLEH   |                    |
| <br>HUTAMA KARYA (PERS)  |                    |
| <br>PENANGGUNG JAWAB   |                    |
| AS-BUILT DRAWING  |                    |
| JENIS GAMBAR  |                    |
| STRUKTUR  |                    |
| JUDUL GAMBAR :  |                    |
| POTONGAN A & POTONGAN B<br>SW1 (TYPE 2)   |                    |
| NO. GAMBAR  | SKALA :            |
| ABD-STR-16-50   | 1 : 75             |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING   | NO. LBR. JML. LBR. |
| SD-STR-06-50  | 50 64              |



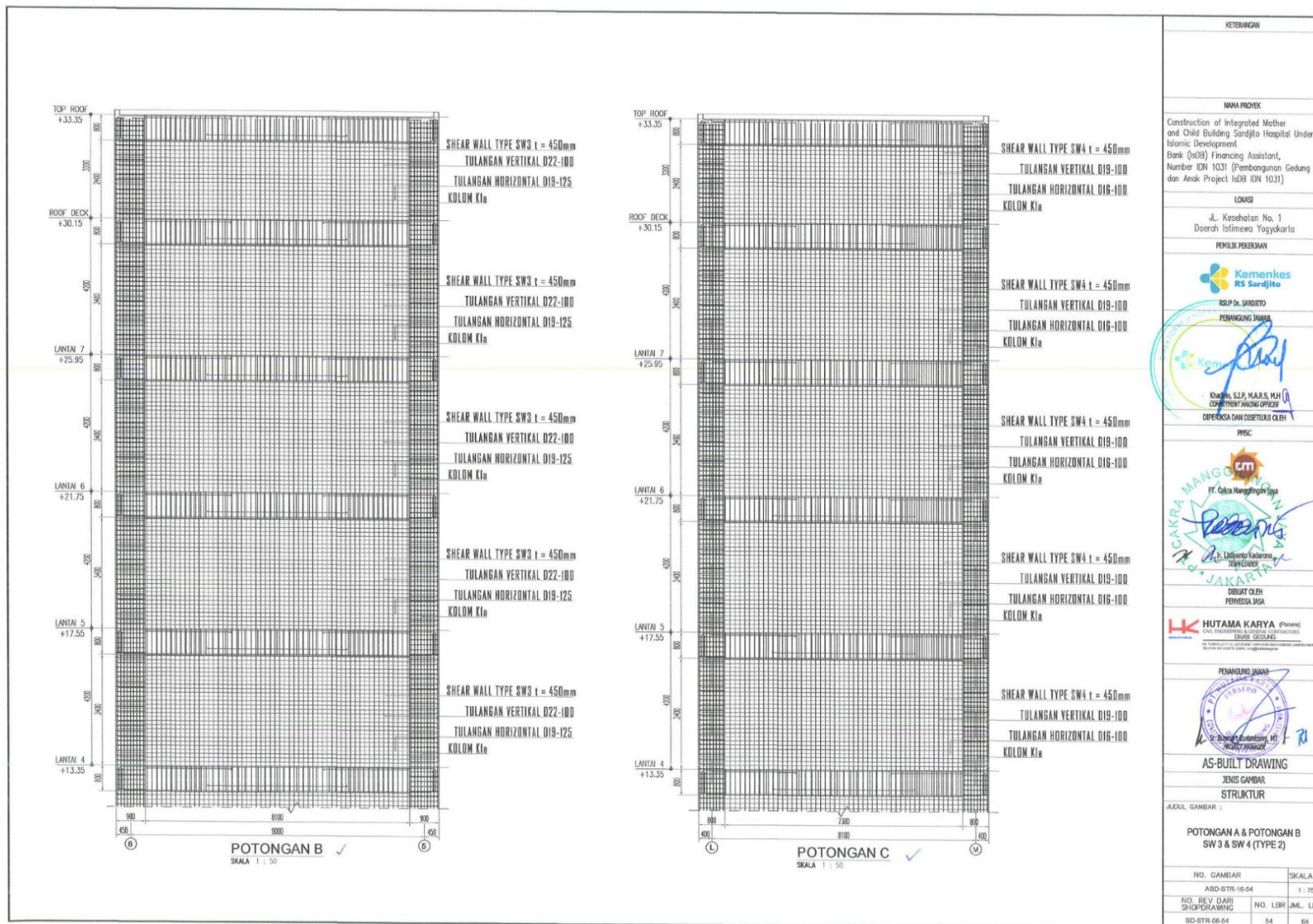
|   |                     |
|---|---------------------|
| KETERANGAN  |                     |
| NAMA PROJEK   |                     |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IsDB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031) |                     |
| LOKASI  |                     |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Islimewa Yogyakarta   |                     |
| PEMILIK PEKERJAAN   |                     |
| <br>KEMENTERIAN KESEHATAN RI<br>RSUP Dr. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB  |                     |
| <br>Khotim, S.P., M.A.R.S., M.H.<br>COMMUNITY MANAGING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISERTUKAN OLEH                              |                     |
| PNSC  |                     |
| <br>PT. Citra Harta Mangrove<br>JAKARTE  |                     |
| DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA  |                     |
| <br>HUTAMA KARYA (Persero)<br>CIVIL ENGINEERING & DESIGN CONSULTING<br>DIVISI STRUKTUR<br>PENANGGUNG JAWAB                 |                     |
| <br>Dr. Dedyono Sutanto, MT<br>PENYEDIA JASA   |                     |
| AS-BUILT DRAWING  |                     |
| JENIS GAMBAR  |                     |
| STRUKTUR  |                     |
| JUKLUR GAMBAR :   |                     |
| POTONGAN C<br>SW1 (TYPE 2)  |                     |
| NO. GAMBAR  | SKALA :             |
| ABD-07R-10-51   | 1 : 75              |
| NO. REV. DAIRY<br>SHOPDRAWING   | NO. LHR<br>JML. LHR |
| SD-STR-06-51  | 51 64               |



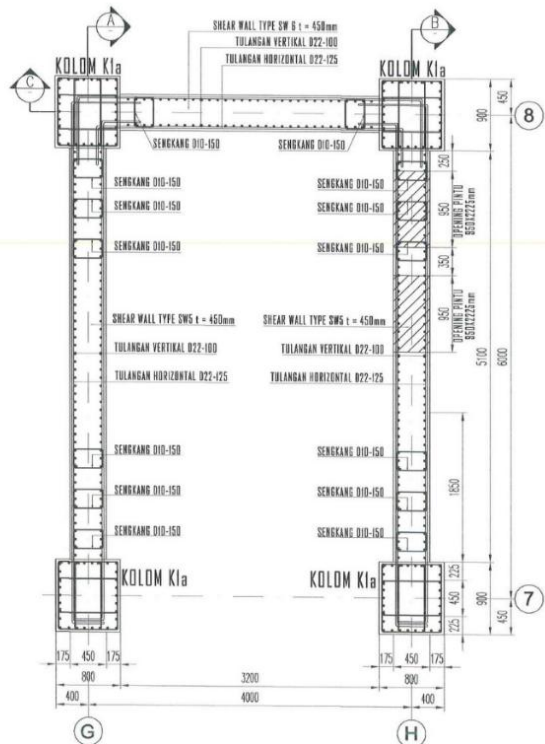
|   |                  |
|---|------------------|
| KETERANGAN  |                  |
| NAMA PROYEK   |                  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  |                  |
| Bank (asDF) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDF IDN 1031)  |                  |
| LOKASI  |                  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                  |
| PEMILIK PEKERJAAN   |                  |
| <br><br><br>Khotim, S.P., M.A.R.S., M.H.<br>CONTRACTING MANAGER OFFICE<br>DIPERIKSA DAN DISetujui OLEH |                  |
| PENGAWANG JAWAB   |                  |
| <br><br>M. Lutfianto<br>MANAJER PROJEK<br>PT. Cakra Manggala Jaya   |                  |
| DIBUAT OLEH   |                  |
| <br>HUTAMA KARYA (Pernyataan)<br>MANAJER PROJEK<br>DIBUAT OLEH<br>PERVEKEL JAKSA   |                  |
| PENGAWANG JAWAB   |                  |
| <br><br>M. Lutfianto<br>MANAJER PROJEK<br>PT. PUSAT PERTAMA   |                  |
| AS-BUILT DRAWING  |                  |
| JENIS GAMBAR  |                  |
| STRUKTUR  |                  |
| JUDUL GAMBAR  |                  |
| TAMPAK ATAS SW 3 DAN SW 4 (TYPE 2)<br>LANTAI 4 - LANTAI ROOF DECK   |                  |
| NO. GAMBAR  | SKALA :          |
| ABD-STR-16-02   | 1 : 50           |
| NO. REV. DARI SHEKORAWANG   | NO. LBR /ML/ LBR |
| SD-STR-06-02  | 02 04            |



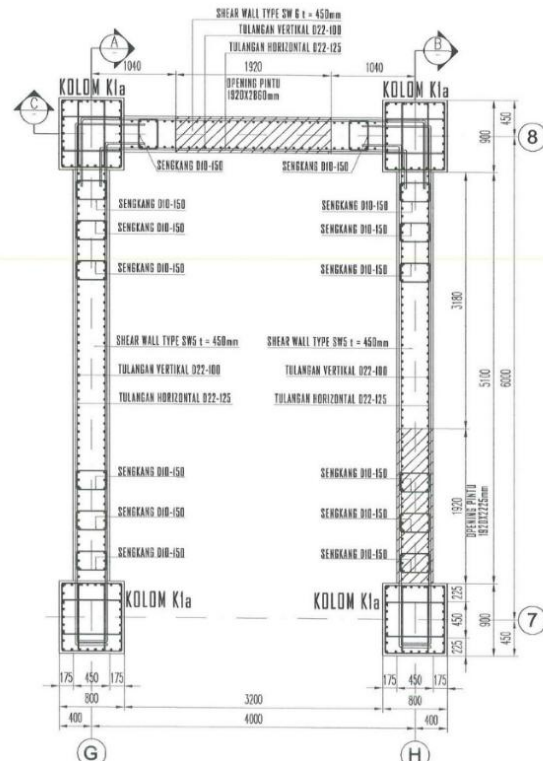
|  |          |
|--|----------|
| KETERANGAN   |          |
| NAMA PROYEK  |          |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (sDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project sDB IDN 1031)  |          |
| LOKASI   |          |
| Jl. Kesehatan No. 1 Daerah Istimewa Yogyakarta   |          |
| PEMILIK PEKERJAAN  |          |
| <br><br>RSP Dr. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB   |          |
| <br>Khotim S.P.P, MARS, M.H<br>COORDINATOR ARCHITECT OFFICE<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH   |          |
| PISC   |          |
| <br>PT. Citra Mangrove Saja<br><br>U. Umarul Hakim<br>MANAJER  |          |
| DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA<br><br><b>HUTAMA KARYA</b> (Pernor)<br>CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE, DESIGN, GEOTECHNICAL<br>PT. HUTAMA KARYA<br>Jalan Satrio No. 100, Jakarta Selatan, Indonesia<br>Telp. (021) 52000000 |          |
| PENANGGUNG JAWAB<br><br>P. Sutopo<br>MANAJER  |          |
| AS-BUILT DRAWING   |          |
| JENIS GAMBAR   |          |
| STRUKTUR   |          |
| JUDUL GAMBAR   |          |
| POTONGAN A<br>SW 3 DAN SW 4 (TYPE 2)   |          |
| NO. GAMBAR   | SKALA :  |
| AND-STR-16-03  | 1 : 50   |
| NO. REV. DIAM  | NO. LBR  |
| SHOPDRAWING  | JML. LBR |
| 6D-STR-06-03   | 53 64    |



|  |                   |
|--|-------------------|
| KETERANGAN   |                   |
| NAMA PROJEK  |                   |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (SIDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project tsIDB IDN 1031) |                   |
| LOKASI   |                   |
| Jl. Kesehatan No. 1 Daerah Istimewa Yogyakarta   |                   |
| PEMILIK PERBUKUAN  |                   |
| <br>PT. SARJITO<br>PENANGGUNG JAWAB   |                   |
| <br>Dwi M. S.P., M.A.R.S., M.H.<br>COORDINATING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PRISC                        |                   |
| <br>PT. CAKRA MANGROVE<br>DIBUAT OLEH<br>PERUYEKA JASA  |                   |
| <br>HUTAMA KARYA (Pernyataan)<br>DIVISI GEOTEKNIK<br>DIBUAT OLEH<br>PENANGGUNG JAWAB                                  |                   |
| <br>PT. BANGUNAN SARJITO<br>DIBUAT OLEH<br>PERUYEKA JASA  |                   |
| AS-BUILT DRAWING   |                   |
| JENIS GAMBAR   |                   |
| STRUKTUR   |                   |
| JUDUL GAMBAR :   |                   |
| POTONGAN A & POTONGAN B<br>SW 3 & SW 4 (TYPE 2)  |                   |
| NO. GAMBAR   | SKALA :           |
| ABD-STR-16-04  | 1 : 75            |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING  | NO. LER. JML. LBR |
| BD-STR-06-04   | 04 04             |

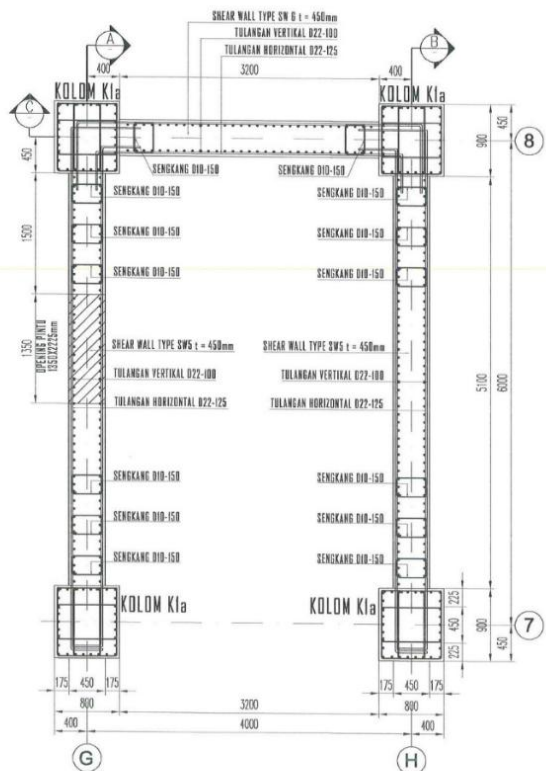


TAMPAK ATAS SW 5 DAN SW 6 (TYPE 3) LANTAI LOWER GROUND ✓  
SKALA 1 : 50

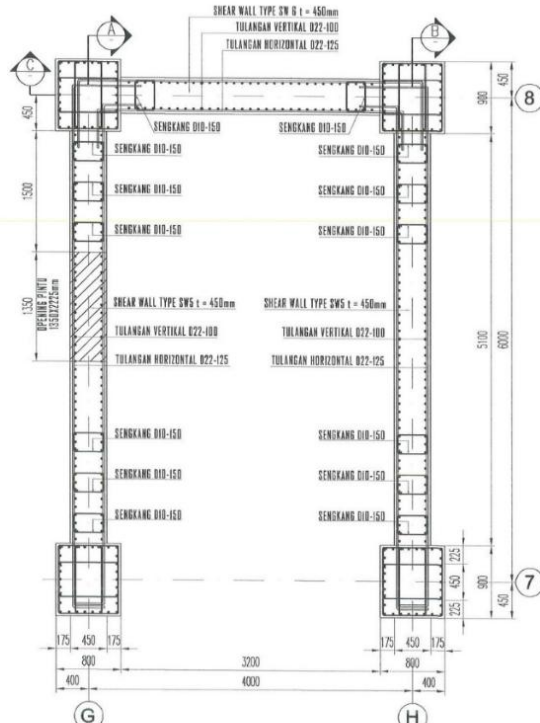


TAMPAK ATAS SW 5 DAN SW 6 (TYPE 3) LANTAI 1 ✓  
SKALA 1 : 50

|   |                  |
|---|------------------|
| KETERANGAN  |                  |
| NAMA PROJEK   |                  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  |                  |
| Bank (ISDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISDB IDN 1031)  |                  |
| LOKASI  |                  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                  |
| PEMILIK PERUBAHAN   |                  |
| <br>KEMENKES<br>RS Sardjito<br>RSP Dr. SARDITO<br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>Khairi, S.P. MA, S. M. H.<br>COMMITMENT MANAGER OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISetujui OLEH<br>PRISC<br><br>PT. Cakra Mangrove Jaya<br><br>H. Luthfiyanto<br>MANAGER<br>JAKARTTA<br>DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA<br><br>HUTAMA KARYA (Pusat)<br>CIVIL ENGINEERING & CONSULTING<br>CIVIL ENGINEERING<br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>H. Bambang<br>MANAGER<br>SURABAYA |                  |
| AS-BUILT DRAWING  |                  |
| JENIS GAMBAR  |                  |
| STRUKTUR  |                  |
| JUDUL GAMBAR :  |                  |
| TAMPAK ATAS SW 5 DAN SW 6 (TYPE 3) LANTAI LOWER GROUND - LANTAI 1   |                  |
| NO. GAMBAR  | SKALA :          |
| ABD-STR-16-05   | 1 : 50           |
| NO. REV. DARI SHODRAWING  | NO. LBR JML. LBR |
| SD-STR-06-05  | 56 64            |

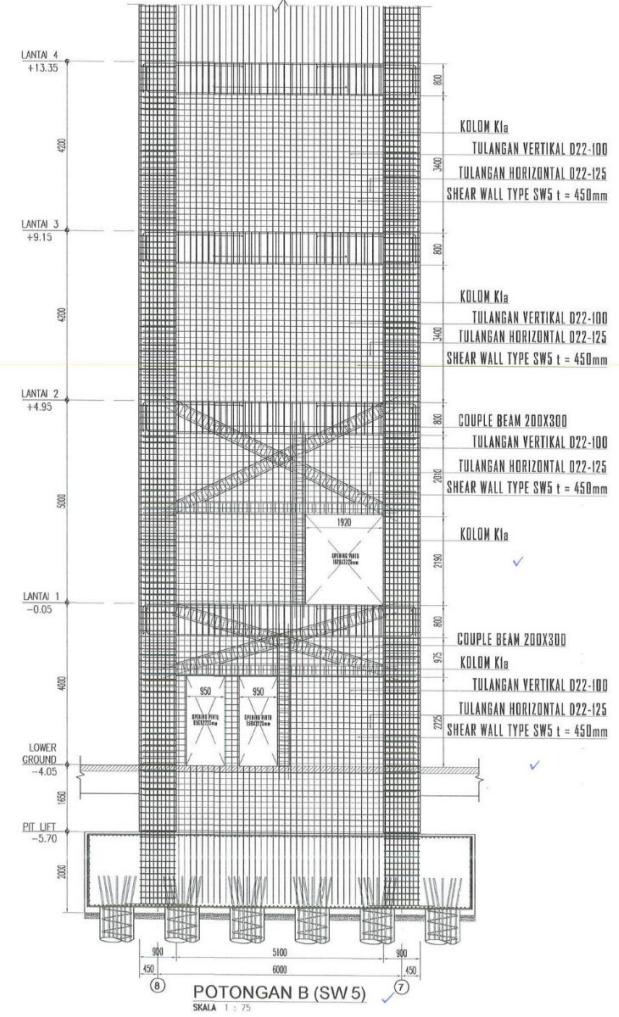
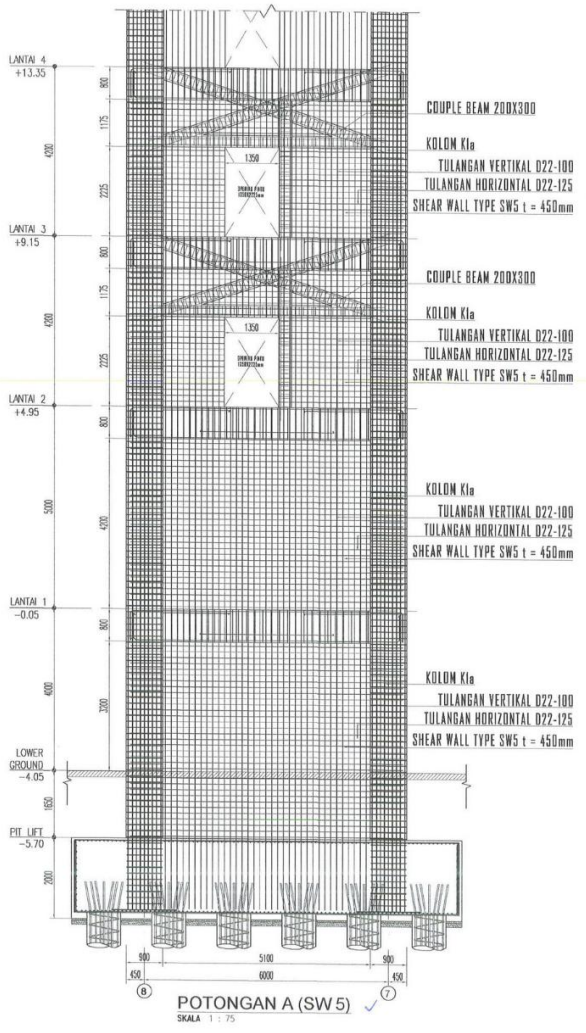


TAMPAK ATAS SW 5 DAN SW 6 (TYPE 3) LANTAI 2 ✓  
SKALA 1 : 50

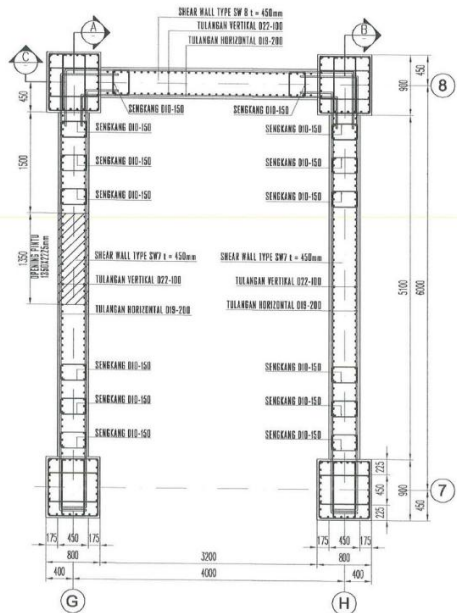


TAMPAK ATAS SW 5 DAN SW 6 (TYPE 3) LANTAI 3 ✓  
SKALA 1 : 50

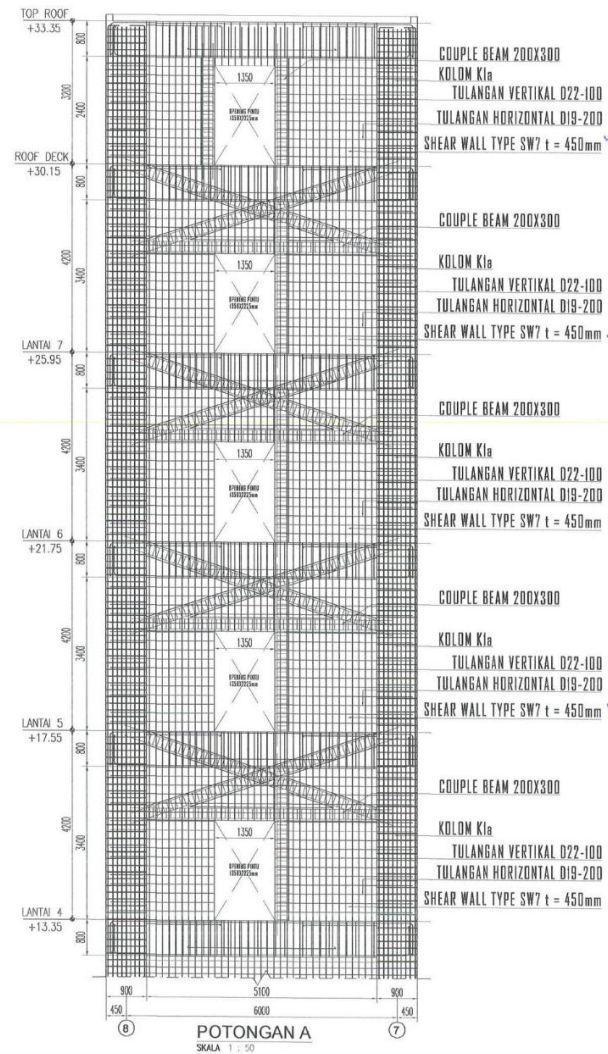
|   |                    |
|---|--------------------|
| KETERANGAN  |                    |
| NAMA PROYEK   |                    |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IsDB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)                                       |                    |
| LOKASI  |                    |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                    |
| PEMILIK PERKERMAN   |                    |
| <br>KEMENKES<br>RS Sardjito<br>RSPU Dr. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB   |                    |
| <br>Khairun S.P., M.A.R.S., M.H.<br>COORDINATOR PROJECT OFFICE<br>DIPERIKSA DAN OSETERUJI OLEH<br>PISC   |                    |
| <br>CAKRA MANGROVE<br>PT. Cakra Mangrove Jaya<br><br>M. L. L. L.<br>TEAM LEADER |                    |
| DIBUAT OLEH<br>PENERVEDIA JASA<br><br>HUTAMA KARYA (Pernode)<br>PT. HUTAMA KARYA (Pernode)<br>DIVISI GEOTEKNIK   |                    |
| PENANGGUNG JAWAB<br><br>I. S. S.<br>PROJEK MANAJER   |                    |
| AS-BUILT DRAWING  |                    |
| JENIS GAMBAR  |                    |
| STRUKTUR  |                    |
| JUDUL GAMBAR :  |                    |
| TAMPAK ATAS SW 5 DAN SW 6 (TYPE 3)<br>LANTAI 2 - LANTAI 3   |                    |
| NO. GAMBAR  | SKALA :            |
| ASD-STR-16-56   | 1 : 25             |
| NO. REV DARI SHOP-DRAWING   | NO. LEM. JML. LEM. |
| SD-STR-06-56  | 56 64              |



|  |
|--|
| KETERANGAN   |
| NAMA PROJEK  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IsdB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsdB IDN 1031)                        |
| LOKASI   |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta  |
| PEMILIK PEKERJAAN  |
| <br>KEMENTERIAN KESEHATAN RI<br>RSUP Dr. SARDJITO   |
| PENANGGUNG JAWAB   |
| <br>Khodir, S.P., M.A.R.S., M.H.<br>COMMITMENT MAKING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PNSC   |
| PT. Citra Mangrove   |
| <br>Agus Listiawan<br>TEAM LEADER   |
| DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA   |
| <br>HUTAMA KARYA (Persero)<br>LIFE CYCLE SERVICES & CONSTRUCTION<br>DIVISI GEOTEKNIK<br>PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI<br>KONSTRUKSI |
| PENANGGUNG JAWAB   |
| <br>Agus Listiawan<br>PROJECT MANAGER   |
| AS-BUILT DRAWING   |
| JENIS GAMBAR   |
| STRUKTUR   |
| JUJUL GAMBAR :   |
| POTONGAN A & POTONGAN B<br>SW 5 (TYPE 3)   |
| NO. GAMBAR   |
| ABD-STR-16-57  |
| SKALA :  |
| 1 : 75   |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING  |
| NO. LER JML. LER   |
| SD-STR-06-57 57 64   |

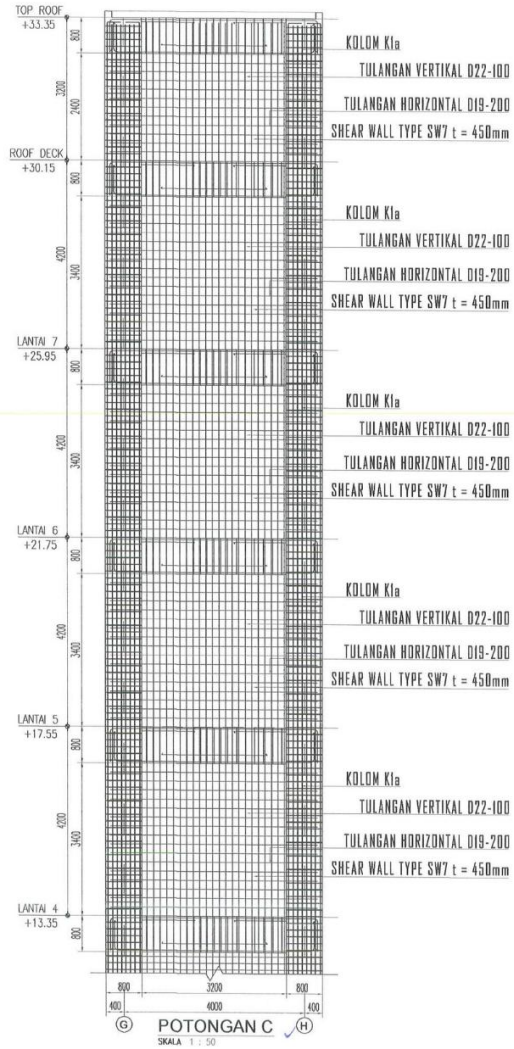
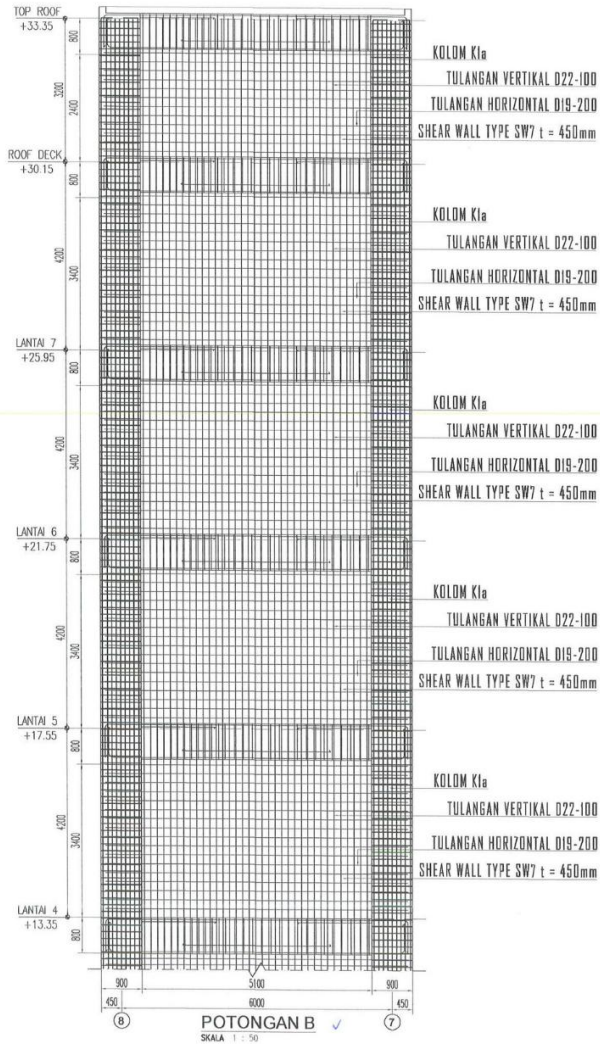


TAMPAK ATAS SW 7 DAN SW 8 (TYPE 3) TYPICAL LANTAI 4 ~ LANTAI ROOF DECK ✓  
SKALA 1 : 50



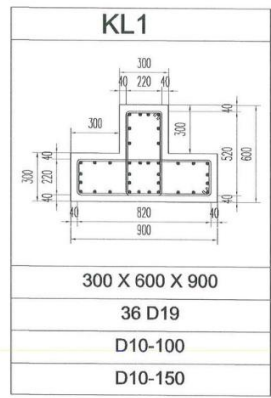
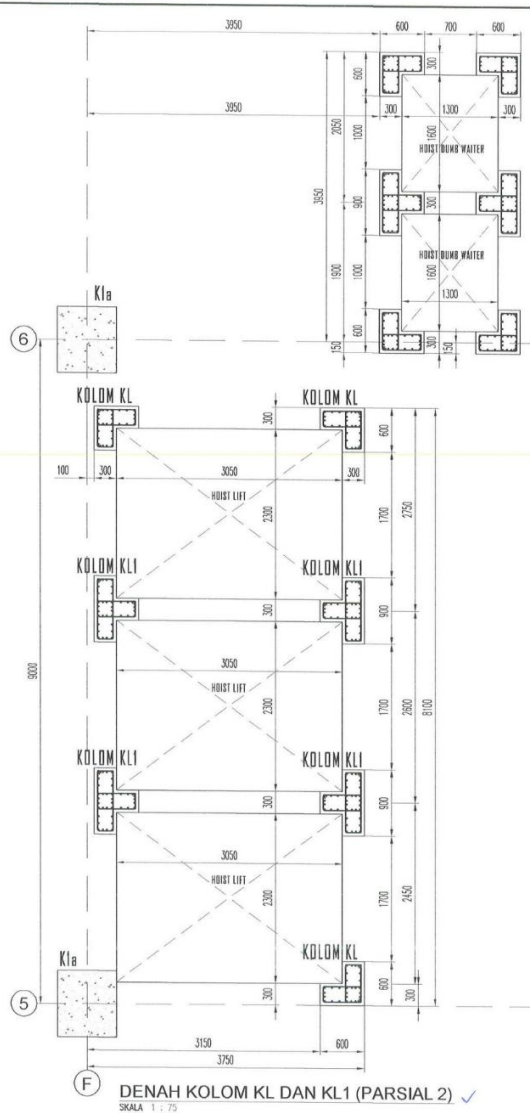
POTONGAN A  
SKALA 1 : 50

| KETERANGAN   |                  |
|--|------------------|
| NAMA PROYEK  |                  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sarjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Proyek IsDB IDN 1031)  |                  |
| LOKASI   |                  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Islimewa Yogyakarta  |                  |
| PEMLIK PEKERJAAN   |                  |
| <br><br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>KHairi, S.P., M.A.B.S., M.H.<br>COMMENT MAKING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISERTUJUI OLEH<br>PISC |                  |
| <br>PT. Citra Mangrove  |                  |
| <br>Dr. Luthianto Daryanto<br>PENYEDIA JASA<br>DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA   |                  |
| <br>HUTAMA KARYA (Pusat)<br>CIVIL ENGINEERING & ARCHITECTURE CONSULTING<br>DIVISI GEOTEKNIK<br>Jl. Veteran No. 100, Yogyakarta  |                  |
| <br>Dr. Daryanto<br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>RSP Dr. SARJITO<br>KHairi, S.P., M.A.B.S., M.H.<br>COMMENT MAKING OFFICER  |                  |
| AS-BUILT DRAWING   |                  |
| JENIS GAMBAR   |                  |
| STRUKTUR   |                  |
| JUJUL GAMBAR :   |                  |
| TAMPAK ATAS SW 7 DAN SW 8 (TYPE 3)<br>LANTAI 4 ~ LANTAI ROOF DECK  |                  |
| NO. GAMBAR   | SKALA :          |
| ABD-STR-16-59  | 1 : 50           |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING  | NO. LBR JML. LBR |
| SD-STR-06-59   | 59 64            |

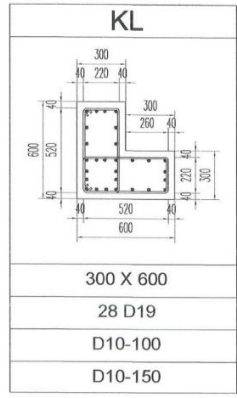


|   |                     |
|---|---------------------|
| METERANGAN  |                     |
| NAMA PROJEK<br>Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IsdB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsdB IDN 1031)  |                     |
| LOKASI<br>Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                     |
| PEMILIK PEKERJAAN<br><br>RSIP Dr. SARDITTO   |                     |
| PENANGGUNG JAWAB<br><br>Khasan, S.P., M.A.R.S., M.H.<br>CONSULTANT MANAGING OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PMSK  |                     |
| <br>PT. Cakra Mangrove 2016<br><br>Dr. Dedyono Sabarung, M.T.<br>REVIEWER<br>JAKARTTA   |                     |
| DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA<br><br>HUTAMA KARYA (Persero)<br>Civil Engineering & Building Contractors<br>DIVISI GEOTEKNIK<br>Jl. Raya Satrio No. 111, Jakarta Selatan, Indonesia<br>Telp. (021) 5200 1111, Fax. (021) 5200 1112 |                     |
| <br>PENANGGUNG JAWAB<br>Dr. Bambang Sulandari, MT<br>PROJECT MANAGER   |                     |
| AS-BUILT DRAWING  |                     |
| JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR  |                     |
| JUDUL GAMBAR :<br>POTONGAN A & POTONGAN B<br>SW 7 & SW 8 (TYPE 3)   |                     |
| NO. GAMBAR<br>ABD-STR-16-60   | SKALA :<br>1 : 75   |
| NO. REV DARI<br>SHOPDRAWING   | NO. LBR<br>JML. LBR |
| SD-STR-66-60  | 60 64               |

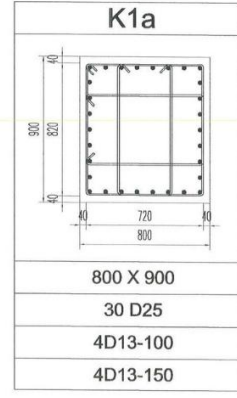




**DETAIL KOLOM KL1**  
LT. LG - LANTAI ROOF ✓  
SKALA 1 : 25



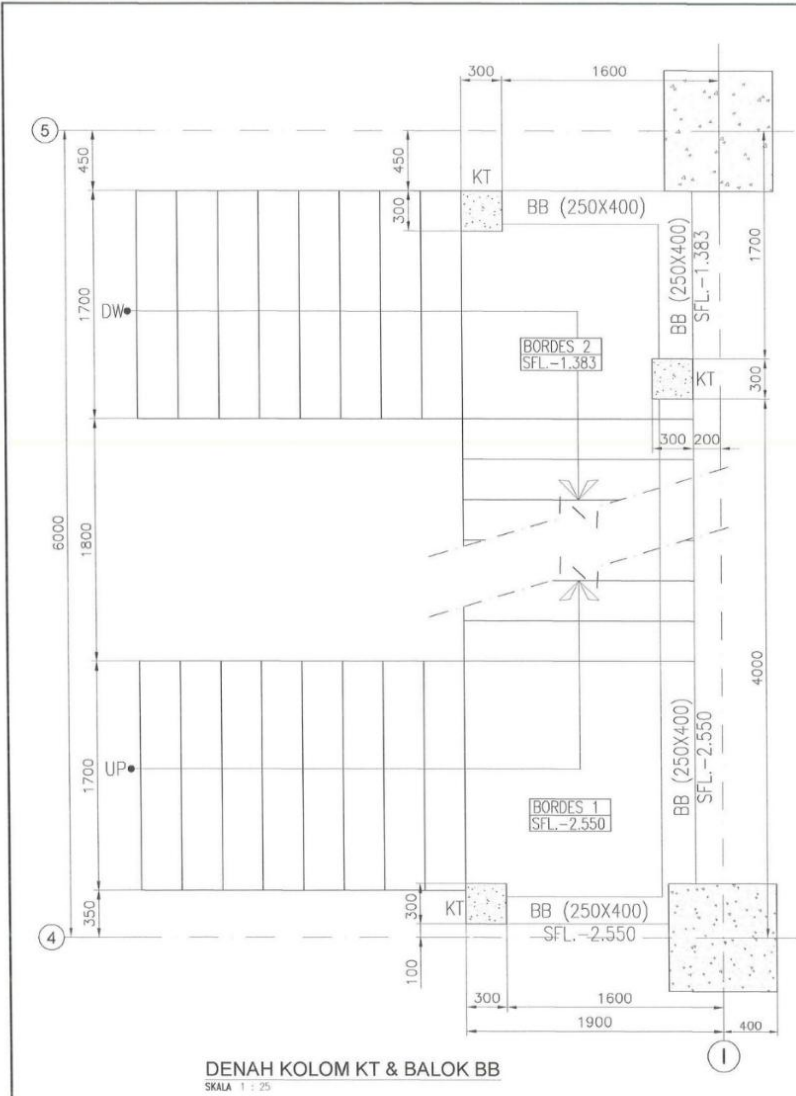
**DETAIL KOLOM KL**  
LT. LG - LANTAI ROOF ✓  
SKALA 1 : 25



**DETAIL KOLOM K1a**  
LT. LG - LANTAI 4 ✓  
SKALA 1 : 25

|  |  |
|--|--|
| NETRANGAN  |  |
| NAMA PROYEK  |  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IsIB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsIB IDN 1031)  |  |
| LOKASI   |  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istisnewo Yogyakarta   |  |
| PEMILIK PEKERJAAN  |  |
| <br>RSPH DR. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>N. S. P. M. A. S. M. A.<br>COORDINATOR PROJECT OFFICIAL<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PHSC<br><br>PT. Cakra Manggala Jaya<br><br>Ir. Liswanto Kadarso<br>TEAM LEADER<br>DIBUAT OLEH<br>PERENCANA JASA<br><br>HUTAMA KARYA (Persero)<br>DIVISI REKONSTRUKSI, REHABILITASI, DAN PERAWAAN<br>DIVISI GEDUNG<br>PT. HUTAMA KARYA (PERSERO) DIVISI REKONSTRUKSI, REHABILITASI, DAN PERAWAAN<br>PENANGGUNG JAWAB<br><br>M. S. S. S. S. S.<br>TEAM LEADER<br>AS-BUILT DRAWING<br>JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR<br>JUJUL GAMBAR :<br>DENAH KOLOM DAN DETAIL KL DAN KL 1<br>(PARSIAL 2)<br>NO. GAMBAR : SKALA :<br>ABD-STR-16-62 : 1 : 50<br>NO. REV DARI SHOPDRAWING : NO. LER : JML. LBR :<br>SD-STR-06-62 : 62 : 64 |  |





| TIPE BALOK               | BB        |           |
|--------------------------|-----------|-----------|
|                          | TUMPUAN   | LAPANGAN  |
| <b>PENAMPANG</b>         |           |           |
| <b>B X H</b>             | 250 X 400 | 250 X 400 |
| <b>TULANGAN ATAS</b>     | 5 D16     | 3D16      |
| <b>TULANGAN BADAN</b>    | -         | -         |
| <b>TULANGAN BAWAH</b>    | 3D16      | 5D16      |
| <b>TULANGAN SENGKANG</b> | 2D10-100  | 2D10-150  |

**DETAIL BALOK BB**  
SKALA 1 : 5

| TIPE BALOK               | KT (Tangga)      |  |
|--------------------------|------------------|--|
|                          | <b>PENAMPANG</b> |  |
| <b>B X H</b>             | 300 X 300        |  |
| <b>TULANGAN ATAS</b>     | 8 D19            |  |
| <b>TULANGAN BADAN</b>    | -                |  |
| <b>TULANGAN BAWAH</b>    | 2D10-100         |  |
| <b>TULANGAN SENGKANG</b> | 2D10-150         |  |

**DETAIL KOLOM KT**  
SKALA 1 : 5

**KETERANGAN**

---

**NAMA PROYEK**

Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  
Bank (sDB) Financing Assistant,  
Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project sDB IDN 1031)

**LOKASI**

Jl. Kesehatan No. 1  
Daerah Istimewa Yogyakarta

**PEMILIK PEREKAMAN**

**RSIP Dr. SARDJITO**

**PENANGGUNG JAWAB**

Khadisa, S.P., M.A.S., M.H.  
COORDINATOR MANAJEMEN PROJEK  
DIPERIKSA DAN DIBETULKAN OLEH  
PISC

**PRAC**

PT. CAKRA MANGGRO JAYA

Ir. Luthianto Daryanto  
MANAJER

**DIBYAT OLEH**

PERNEZIA JASA

**HUTAMA KARYA** (Penasihat)  
SINERGI, KREATIFITAS & INOVASI  
DESAIN, GELIMBAR

**PENANGGUNG JAWAB**

Ir. Bambang Zuhriyanto, M.T.  
MANAJER PROJEK

**AS-BUILT DRAWING**

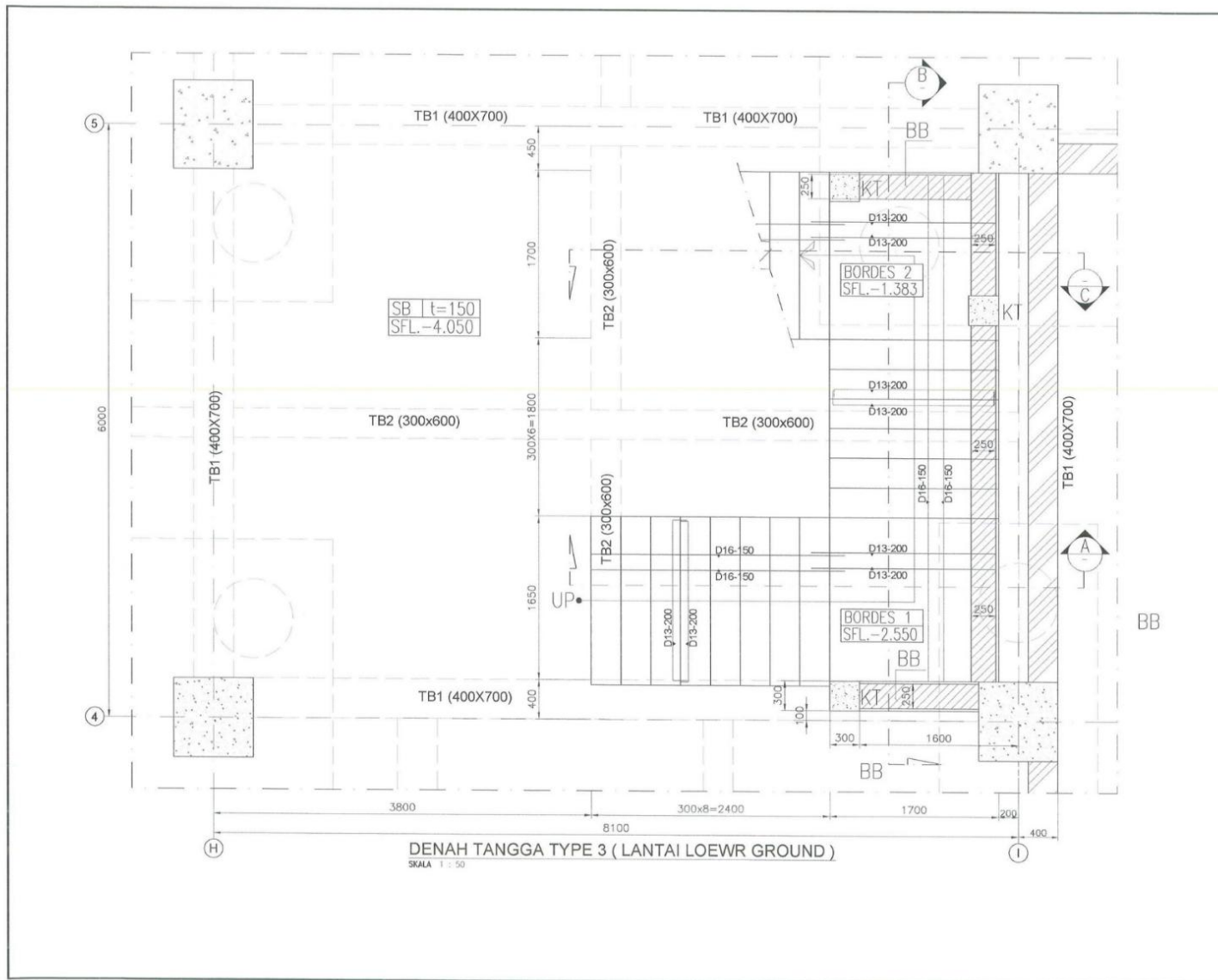
**JENIS GAMBAR**

**STRUKTUR**

**JUDUL GAMBAR :**

**DENAH KOLOM KT, BALOK BB DAN DETAIL**

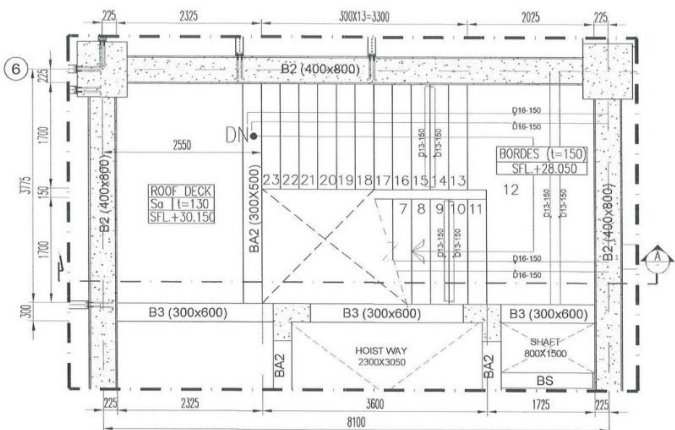
|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>NO. GAMBAR</b>                | <b>SKALA :</b>                 |
| ABD-STR-18-05                    | 1 : 25                         |
| <b>NO. REV. DARI SHOPDRAWING</b> | <b>NO. LBR</b> <b>JML. LBR</b> |
| SD-STR-17-05                     | 05 35                          |



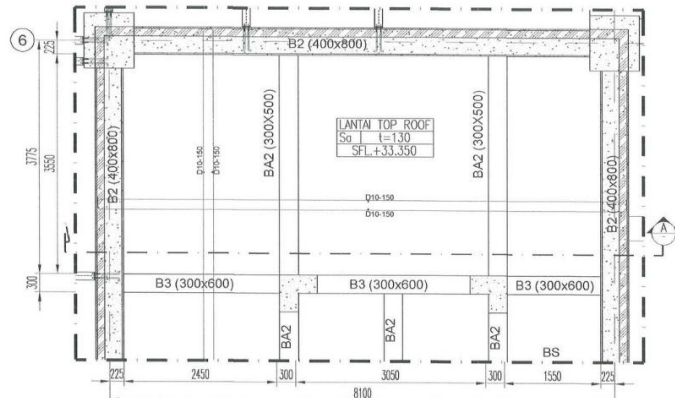
DENAH TANGGA TYPE 3 ( LANTAI LOEWR GROUND )  
SKALA 1 : 50

|  |                  |
|--|------------------|
| KETERANGAN   |                  |
| NAMA PROJEK  |                  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (SDB) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISDB IDN 1031) |                  |
| LOKASI   |                  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta  |                  |
| PEMILIK PEREKOMAN  |                  |
| <br>KEMENKES<br>RS Sardjito   |                  |
| REUP Dr. SAUDITO   |                  |
| PENANGGUNG JAWAB   |                  |
| <br>Kowaly, S.P., M.A.R.S., M.H.<br>COORDINATOR PEMBANGUNAN GEDUNG<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH                          |                  |
| PISC   |                  |
| <br>PT. Cakra Mangrove Jaya   |                  |
| <br>A. E. Lisakanto<br>TEAM LEADER  |                  |
| DIBUAT OLEH  |                  |
| PERENCANA JASA   |                  |
| <br>HUTAMA KARYA (Pernyataan)<br>PT. HUTAMA KARYA (PERS) (PT. HUTAMA KARYA)<br>ENGINEERING                                |                  |
| <br>PT. BANGUNAN KAWAN<br>PROJECT MANAGER   |                  |
| AS-BUILT DRAWING   |                  |
| JENIS GAMBAR   |                  |
| STRUKTUR   |                  |
| JUDUL GAMBAR :   |                  |
| DETAIL TANGGA<br>LANTAI LOWER GROUND   |                  |
| NO. GAMBAR   | SKALA :          |
| ABD-STR-15-01  | 1 : 50           |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING   | NO. LER JML. LER |
| SD-STR-17-01   | 01 35            |

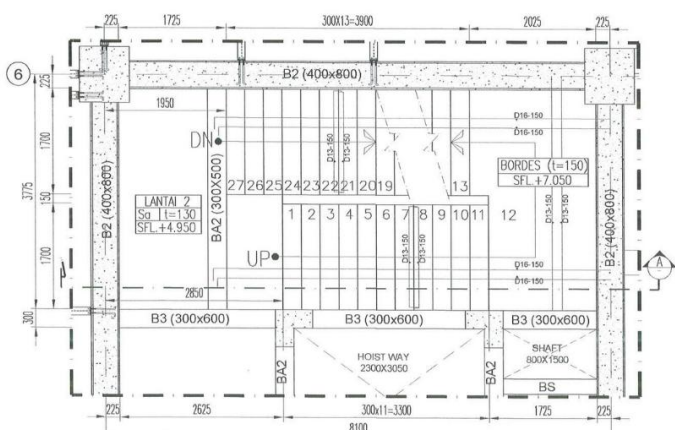




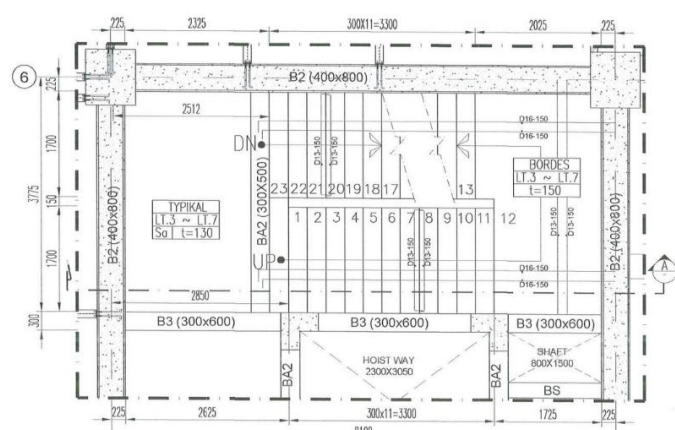
DENAH TANGGA TYPE 1 (LT. ROOF DECK) ✓  
SKALA 1 : 75



DENAH TANGGA TYPE 1 (LT. TOP ROOF) ✓  
SKALA 1 : 75

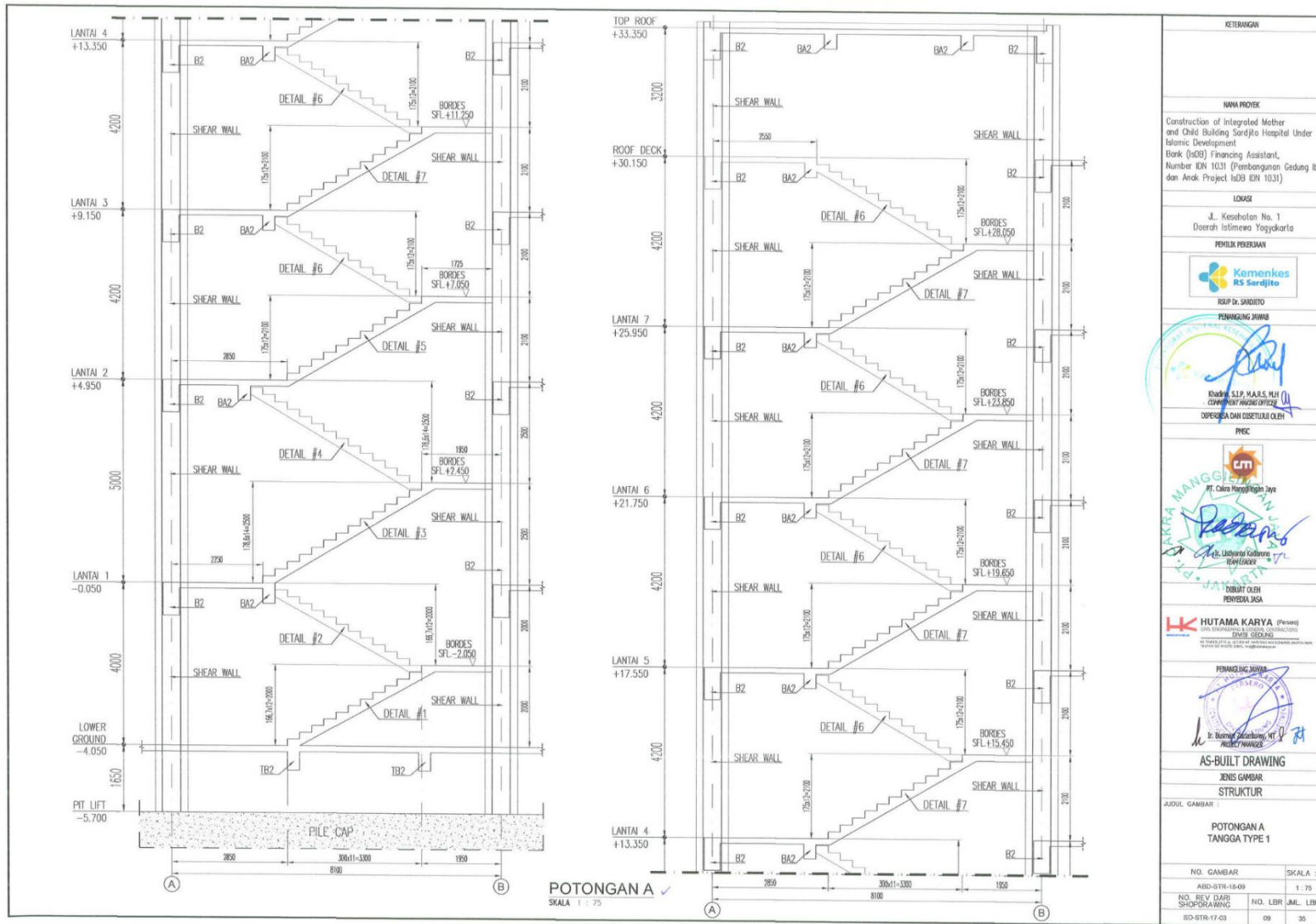


DENAH TANGGA TYPE 1 (LT. 2) ✓  
SKALA 1 : 75



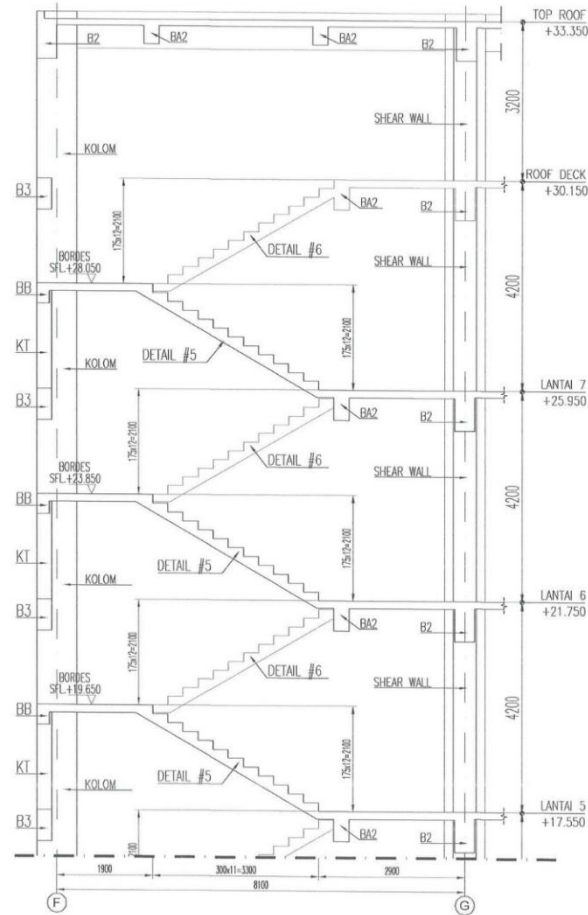
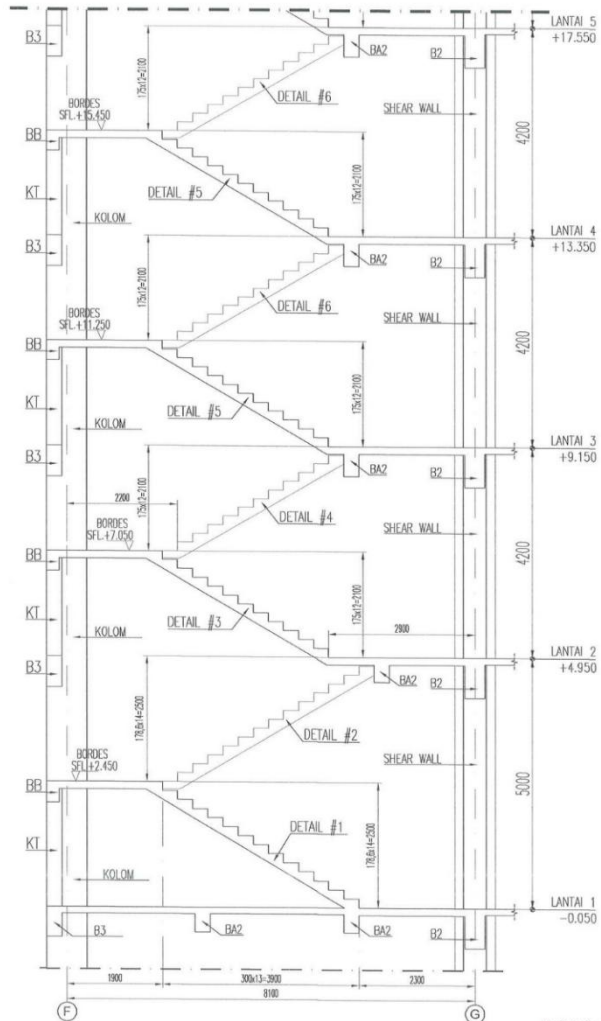
DENAH TANGGA TYPE 1 (TIPIKAL LT. 3 ~ LT. 7) ✓  
SKALA 1 : 75

|  |                              |
|--|------------------------------|
| KETERANGAN   |                              |
| NAMA PROJEK<br>Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (ISIB) Financing Assistant,<br>Number ION 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB ION 1031) |                              |
| LOKASI<br>Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta  |                              |
| PEMILIK PERUMAHAN<br>  |                              |
| RSUP Dr. SARDJITO<br>PENANGUNG JAWAB<br>   |                              |
| Kholidi S.P. MARS, M.H.<br>KOMPTENSI WAKIL PENGUNTA<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH<br>PNS   |                              |
|  |                              |
| PT. Cakra Manggung Jaya<br>  |                              |
| H. Usyanta Kadrono<br>TUMBUK   |                              |
| DIBUAT OLEH<br>PERENCANA JASA<br>  |                              |
| HUTAMA KARYA (Penera)<br>DAN INGENIERNYA<br>DIVISI GEOTEKNIK<br>BINA SAHIBAT SUDHARNO  |                              |
| PENANGUNG JAWAB<br>  |                              |
| PT. PUSKINIA<br>Jl. Sekeloa Timur No. 11<br>70177 YOGYAKARTA   |                              |
| AS-BUILT DRAWING   |                              |
| JENIS GAMBAR<br>STRUKTUR   |                              |
| JUDUL GAMBAR :<br>DENAH TANGGA TYPE 1<br>LANTAI 2 - LANTAI TOP ROOF  |                              |
| NO. GAMBAR<br>ABD-STR-18-06  | SKALA :<br>1 : 75            |
| NO. REV. BARI<br>SHOP-DRAWING  | NO. LBR<br>JML. LBR<br>06 35 |



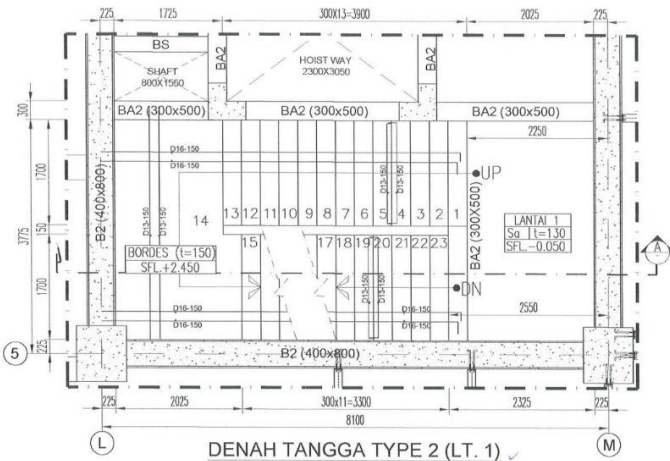




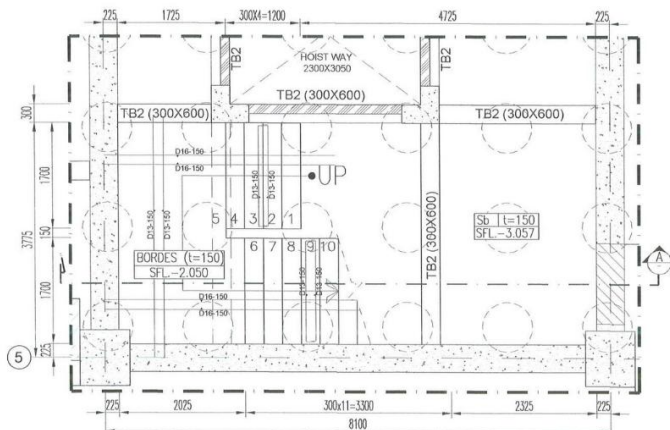


POTONGAN A ✓  
SKALA 1 : 75

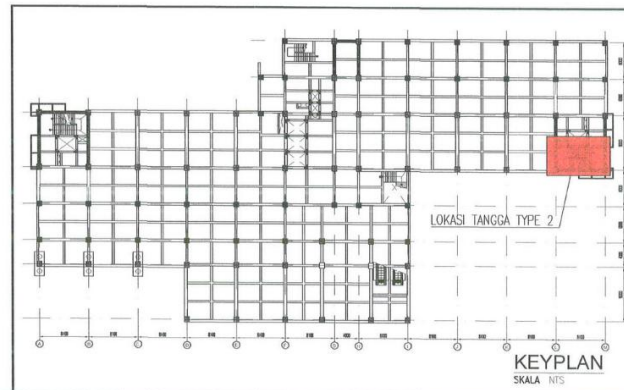
|   |         |
|---|---------|
| KETERANGAN  |         |
| <p>NAMA PROJEK<br/>Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br/>Bank (ISB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project ISB IDN 1031)</p>          |         |
| <p>LOKASI<br/>Jl. Kesehatan No. 1<br/>Daerah Istimewa Yogyakarta</p>  |         |
| <p>PEMILIK PERIZINAN</p>   |         |
| <p>RSUP Dr. SARDJITO</p> <p>PENANGKAP JAWAB</p>  <p>Khotim, S.P.P., M.A.R.S., M.H.<br/>CONTRACT MANAGER OFFICER<br/>DIPERIKSA DAN DISERTIFIKASI OLEH</p> |         |
| <p>PMSC</p>  <p>PT. Citra Manggala Utama<br/>DIPERIKSA DAN DISERTIFIKASI OLEH</p>  |         |
| <p>DIBUAT OLEH<br/>PENYEDIA JASA</p>  <p>HUTAMA KARYA (Pusat)<br/>Jl. Pendidikan 101/102, Gedung 101/102<br/>DIPERIKSA DAN DISERTIFIKASI OLEH</p>      |         |
| <p>PENANGKAP JAWAB</p>   |         |
| <p>AS-BUILT DRAWING</p>   |         |
| <p>JENIS GAMBAR</p>   |         |
| <p>STRUKTUR</p>   |         |
| <p>JUJUK GAMBAR :</p>   |         |
| <p>POTONGAN A<br/>TANGGA TYPE 3</p>   |         |
| NO. GAMBAR  | SKALA : |
| ADD-SITR-16-19  | 1 : 75  |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING  | NO. LBR |
| 80-SITR-17-13   | 19      |
| JML. LBR  | 35      |








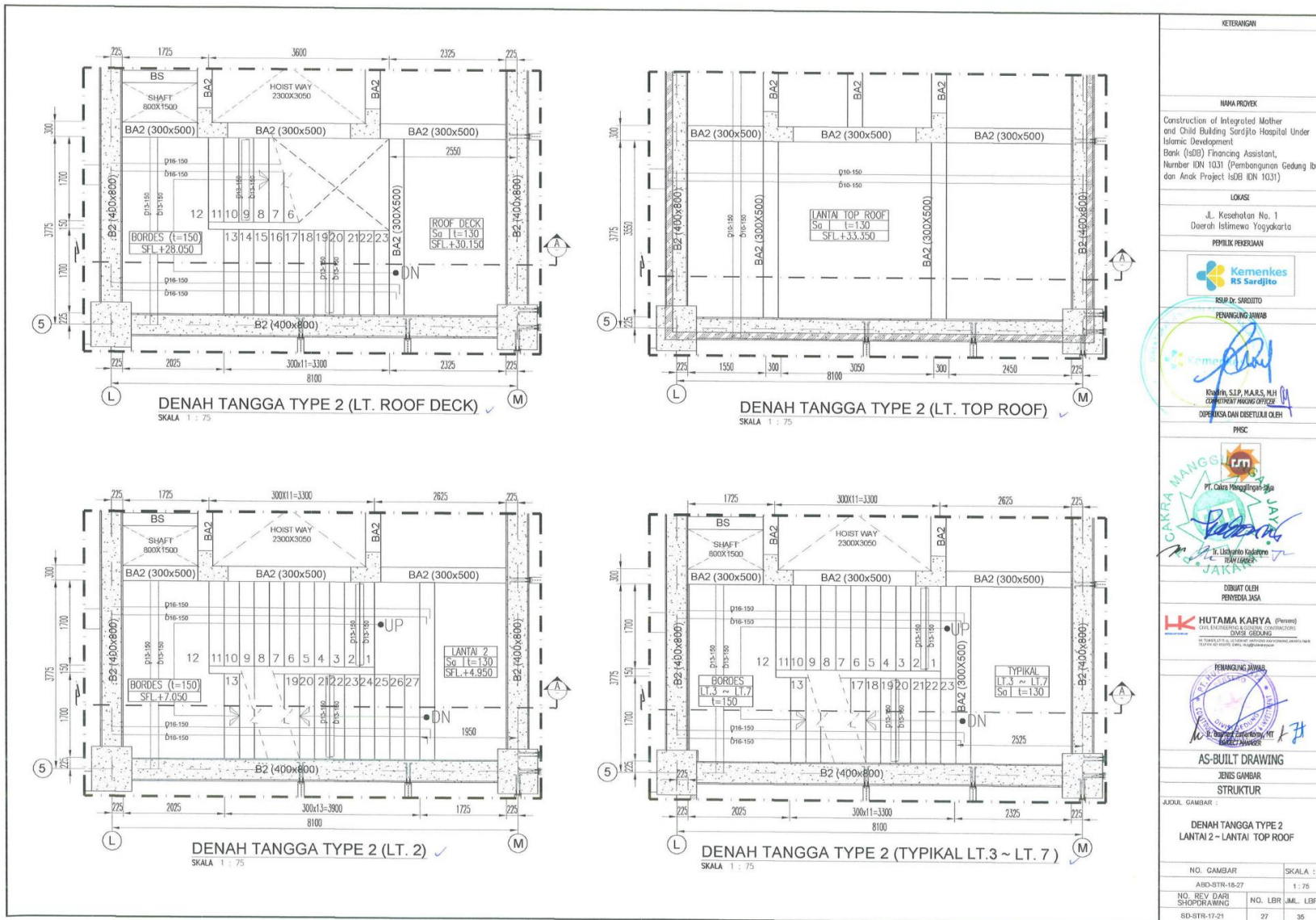
DENAH TANGGA TYPE 2 (LT. 1)  
SKALA 1 : 75



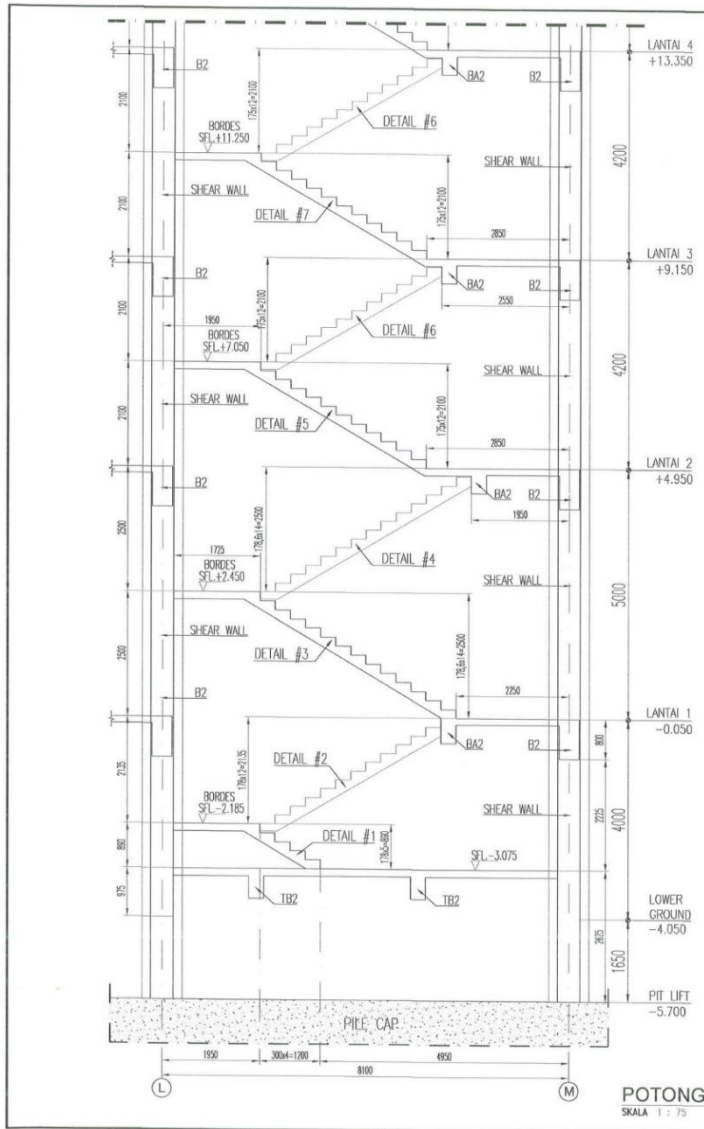
DENAH TANGGA TYPE 2 (LT. LOWER GROUND)  
SKALA 1 : 75



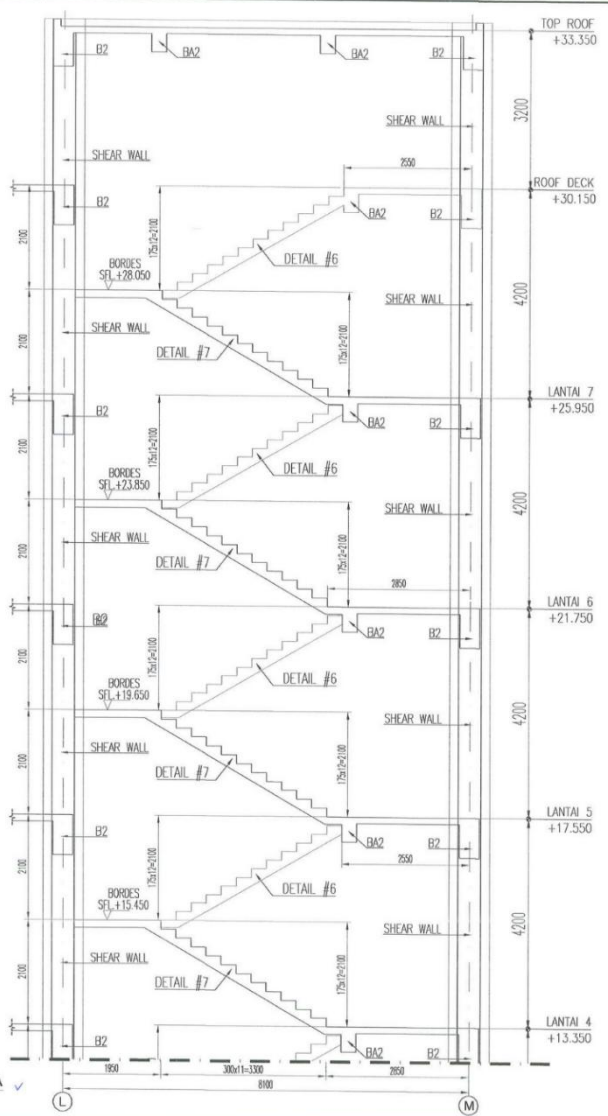
|   |         |
|---|---------|
| KETERANGAN  |         |
| NAMA PROYEK   |         |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development Bank (IsDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IDN 1031)   |         |
| LOKASI  |         |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |         |
| PEMILIK PERIKEMBAH  |         |
| <br>RSUP Dr. SARDJITO<br>PENANGGUNG JAWAB  |         |
| <br>Ir. Hadirin, S.P., M.A.R.S., M.H.<br>COMPETENT AUTHORITY OFFICER<br>DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH   |         |
| PENC  |         |
| <br>PT. Citra Mangrove Jago<br>Ir. Usmanul Kholiq<br>PEKERJA JAWAB   |         |
| DIBUAT OLEH   |         |
| PENYEDIA JASA   |         |
| <br>HUTAMA KARYA (Pusat)<br>JALAN BONGKORAN LINGKAR GUNUNGREJO<br>DUKUH GEDONG<br>SURABAYA 60132<br>Telp. (031) 8321111, 8321112, 8321113, 8321114, 8321115, 8321116, 8321117, 8321118, 8321119, 8321120, 8321121, 8321122, 8321123, 8321124, 8321125, 8321126, 8321127, 8321128, 8321129, 8321130, 8321131, 8321132, 8321133, 8321134, 8321135, 8321136, 8321137, 8321138, 8321139, 8321140, 8321141, 8321142, 8321143, 8321144, 8321145, 8321146, 8321147, 8321148, 8321149, 8321150, 8321151, 8321152, 8321153, 8321154, 8321155, 8321156, 8321157, 8321158, 8321159, 8321160, 8321161, 8321162, 8321163, 8321164, 8321165, 8321166, 8321167, 8321168, 8321169, 8321170, 8321171, 8321172, 8321173, 8321174, 8321175, 8321176, 8321177, 8321178, 8321179, 8321180, 8321181, 8321182, 8321183, 8321184, 8321185, 8321186, 8321187, 8321188, 8321189, 8321190, 8321191, 8321192, 8321193, 8321194, 8321195, 8321196, 8321197, 8321198, 8321199, 8321200 |         |
| PENANGGUNG JAWAB  |         |
| <br>Ir. Agus Setiawan, MT  |         |
| AS-BUILT DRAWING  |         |
| JENIS GAMBAR  |         |
| STRUKTUR  |         |
| JUDUL GAMBAR :  |         |
| DENAH TANGGA TYPE 2<br>LANTAI LOWER GROUND & LANTAI 1   |         |
| NO. GAMBAR  | SKALA : |
| ABD-STR-18-28   | 1 : 75  |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING   | NO. LBR |
| SD-STR-17-20  | 26 35   |



|  |         |
|--|---------|
| KETERANGAN   |         |
| NAMA PROJEK  |         |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development<br>Bank (IqD) Financing Assistant,<br>Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project IsDB IKN 1031) |         |
| LOKASI   |         |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Islimewa Yogyakarta  |         |
| PEMAK PERUMAHAN  |         |
|  |         |
| RSUP Dr. SARDJITO  |         |
| PENANGGUNG JAWAB   |         |
|  |         |
| Khairin, S.P., M.A.S., M.H.<br>COORDINATOR MANAJEMEN PROJEK  |         |
| DIPERIKSA DAN DISetujui OLEH   |         |
| PNS  |         |
|  |         |
| PT. Citra Manggala Jaya  |         |
|  |         |
| H. Lukmanul Kadir<br>TAN LUGER   |         |
| DIBUAT OLEH  |         |
| PENYEDIA JASA  |         |
|  |         |
| HUTAMA KARYA (Pernus)<br>PT. HUTAMA KARYA (PERS) (CONTRACTOR)<br>DWSI 200000000<br>PT. HUTAMA KARYA (PERS) (CONTRACTOR)<br>DWSI 200000000  |         |
| PENANGGUNG JAWAB   |         |
|  |         |
| M. H. Nur Hafid<br>SAKSI MANAGER   |         |
| AS-BUILT DRAWING   |         |
| JENIS GAMBAR   |         |
| STRUKTUR   |         |
| JUDUL GAMBAR :   |         |
| DENAH TANGGA TYPE 2<br>LANTAI 2 - LANTAI TOP ROOF  |         |
| NO. GAMBAR   | SKALA : |
| ABD-STR-16-27  | 1 : 75  |
| NO. REV DARI SHOPDRAWING   | NO. LBR |
| SD-STR-17-21   | 27      |
| JML. LBR   | 35      |



POTONGAN A  
SKALA 1 : 75

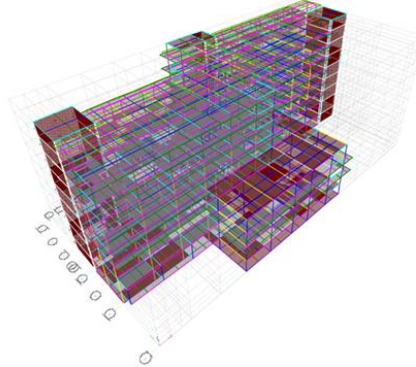


|   |                  |
|---|------------------|
| KETERANGAN  |                  |
| NAMA PROYEK   |                  |
| Construction of Integrated Mother and Child Building Sardjito Hospital Under Islamic Development  |                  |
| Bank (SDB) Financing Assistant, Number IDN 1031 (Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Project hDB IDN 1031)  |                  |
| LOKASI  |                  |
| Jl. Kesehatan No. 1<br>Daerah Istimewa Yogyakarta   |                  |
| PEMILIK PERUMAHAN   |                  |
| <br>RSP Dr. SARDITO<br>PENANGKAP JAWAB   |                  |
| <br>R. W. S. P. M. A. R. S. N. H.<br>CAKUPAN PEKERJAAN<br>DIPERIKSA DAN DITETAPILAH OLEH |                  |
| PNSIC   |                  |
| <br>PT. Caltra Mangrove<br>DIBUAT OLEH<br>PENYEDIA JASA                                  |                  |
| <br>HUTAMA KARYA (Pusat)<br>ONE INDONESIAN ARCHITECTS CONSULTANTS<br>021-4233422       |                  |
| PENANGKAP JAWAB   |                  |
| <br>A. R. B. S. P. M. A. R. S. N. H.<br>PENANGKAP JAWAB                                |                  |
| AS-BUILT DRAWING  |                  |
| JENIS GAMBAR  |                  |
| STRUKTUR  |                  |
| JUDUL GAMBAR :  |                  |
| POTONGAN A<br>TANGGA TYPE 2   |                  |
| NO. GAMBAR  | SKALA : 1        |
| ABD-STR-18-28   | 1 : 75           |
| NO. REV. DARI SHOPDRAWING   | NO. LBR UML. LBR |
| BD-BTN-17-22  | 28 35            |

## Lampiran 2 Perencanaan Sistem Struktur RSUP Dr. Sardjito Gedung Ibu & Anak



### LAPORAN PERHITUNGAN STRUKTUR



**PEKERJAAN :**  
PEMBANGUNAN GEDUNG IBU DAN ANAK TERPADU  
RSUP Dr. SARDJITO YOGYAKARTA  
TAHUN ANGGARAN 2021

Konsultan Perencana :



**PT. PANDU PERSADA**  
Design Engineering, Consultation, Management & Environment Consultant  
Jl. Satrio No. 15 Telp: (022) 7272156, Fax: (022) 7272103  
Email : pandupersada@yahoo.com / pandupersada.pacific.net.id  
K i a r a c a n d o n g B a n d u n g 4 0 2 8 1



#### 7. Parameter Sistem Structure

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Response Modification Factor (R) | 7   |
| Overstrength Factor (Ω)          | 2.5 |
| Deflection Factor (Cd)           | 5.5 |

Tabel 12 – Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

| Sistem pemikul gaya seismik   | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor hasil lebih sistem, $\Omega_0^b$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_u$ (m) <sup>d</sup> |    |    |    |    |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|----|----|----|----|
|   |                                     |   |                                     | B   | C  | D* | E* | F* |
| 16. Dinding geser batu bata non-injeksi ditetapi  |                                     |   |                                     |   |    |    |    |    |
| <b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan</b> |                                     |   |                                     |   |    |    |    |    |
| 1. Rangka baja dengan bresing eksentris   | 8                                   | 2½                                      | 4                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus   | 7                                   | 2½                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 3. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>16</sup>   | 7                                   | 2½                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 4. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>16</sup>  | 6                                   | 2½                                      | 5                                   | TB  | TB | Ti | Ti | Ti |
| 5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris  | 8                                   | 2½                                      | 4                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus  | 6                                   | 2½                                      | 5                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit  | 7½                                  | 2½                                      | 6                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus   | 7                                   | 2½                                      | 6                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa  | 6                                   | 2½                                      | 5                                   | TB  | TB | Ti | Ti | Ti |
| 10. Dinding geser batu bata bertulang khusus  | 5½                                  | 3                                       | 5                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 11. Dinding geser batu bata bertulang menengah  | 4                                   | 3                                       | 3½                                  | TB  | TB | Ti | Ti | Ti |
| 12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk   | 8                                   | 2½                                      | 5                                   | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 13. Dinding geser pelat baja khusus   | 8                                   | 2½                                      | 6½                                  | TB  | TB | TB | TB | TB |
| * Ti = Tinggi maksimum untuk pemikul momen terkekang  |                                     |   |                                     |   |    |    |    |    |
| 9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus  | 6                                   | 3                                       | 5½                                  | TB  | TB | TB | TB | TB |
| 10. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah   | 5                                   | 3                                       | 4½                                  | TB  | TB | Ti | Ti | Ti |
| 10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen  | 6                                   | 3                                       | 5½                                  | 40  | 40 | 30 | Ti | Ti |
| 11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa  | 3                                   | 3                                       | 2½                                  | TB  | Ti | Ti | Ti | Ti |
| 12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan <sup>17</sup>  | 3½                                  | 3 <sup>16</sup>                         | 3½                                  | 10  | 10 | 10 | 10 | 10 |