

TUGAS AKHIR

KAJIAN KINERJA SEISMIK GEDUNG PERKANTORAN BETON BERTULANG DI KOTA SEMARANG DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM

*(SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF
REINFORCED CONCRETE OFFICE BUILDING IN
SEMARANG CITY USING RESPONSE SPECTRUM
METHOD)*

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



**Muhammad Rizalud Fadhillah
19511254**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia 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 saya 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, 24 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rizalud Fadhillah

(19511254)

TUGAS AKHIR

KAJIAN KINERJA SEISMIC GEDUNG PERKANTORAN BETON BERTULANG DI KOTA SEMARANG DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM (SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE OFFICE BUILDING IN SEMARANG CITY USING RESPONSE SPECTRUM METHOD)

Disusun oleh

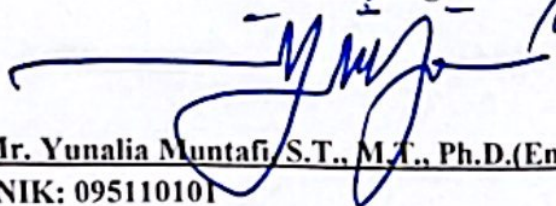
Muhammad Rizalud Fadhilah
19511254

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

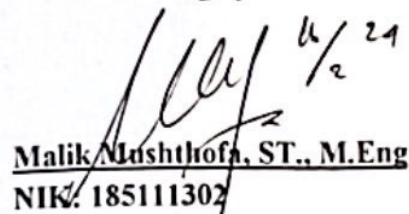
Diuji pada tanggal 16 Februari 2024

Oleh Dewan Penguji

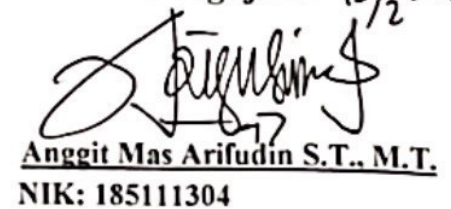
Pembimbing 16/2/2024


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

Penguji I



Malik Mushthofa, ST., M.Eng
NIK: 185111302

Penguji II 16/2/2024


Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.
NIK: 185111304



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Kajian Kinerja Seismik Gedung Perkantoran Beton Bertulang di Kota Semarang Dengan Metode Respon Spektrum**”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

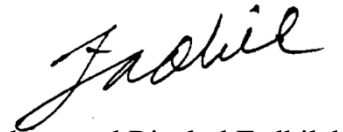
Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam - dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, dan selaku Dosen Pembimbing,
2. Seluruh Dosen, yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menempuh studi di Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII,
3. Bapak Mulyadin, Ibu Siti Nurjanah, Annisatun Nadzafah, dan Arif Miftahussalam, yang telah berperan besar atas dukungan moril maupun materil, kerja keras, waktu, dan doanya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi,
4. Seluruh keluarga besar yang setiap saat memberikan doa dan semangat kepada penulis,
5. Alhilal M. F., Diinaa R. H., M. Kanz A., Elzan F. H., M. Ilham, M. Kevin F. A., Sabilla P. R., Trio G. P., Andien S. Z., Hasna R. N. A., M. Genta M., selaku Odading Mania yang telah banyak membantu selama perkuliahan serta menjadi pendengar keresahan, pemberi motivasi, dan solusi untuk penulis,
6. Seluruh teman-teman Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini kedepannya dapat berguna dan berfaedah bagi pembaca.

Yogyakarta, 24 Januari 2024

Penulis,



Muhammad Rizalud Fadhillah

19511254

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Keaslian Penelitian	14
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Respon Struktur	15
3.2 Standar Peraturan Ketahanan Gempa	15
3.3 Analisis Dinamik	15
3.4 Konsep Perencanaan Gedung Tahan Gempa	16
3.5 Pembebanan Struktur	17

3.5.1	Beban Mati atau <i>Dead Load (D)</i>	17
3.5.2	Beban Hidup atau <i>Live Load (L)</i>	17
3.5.3	Beban Gempa	19
3.6	Ketentuan Umum Terkait Pengaruh Gempa	20
3.6.1	Kategori Risiko Struktur Bangunan	20
3.6.2	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	22
3.6.3	Klasifikasi Situs	23
3.6.4	Parameter Percepatan Gempa	24
3.6.5	Parameter Faktor Amplifikasi	25
3.6.6	Parameter Percepatan Spektral Desain	26
3.6.7	Spektrum Respons Desain	27
3.6.8	Kategori Desain Seismik	28
3.6.9	Sistem Struktur	29
3.6.10	Periode Fundamental Struktur	30
3.7	Struktur Bangunan Beraturan dan Tidak Beraturan	31
3.8	Penentuan Prosedur Analisis	35
3.9	Kombinasi Pembebanan	36
3.10	Gaya Geser Dasar Seismik	36
3.11	Penentuan Penskalaan Gaya	38
3.12	Simpangan Antar Lantai (<i>Drift Ratio</i>)	38
3.13	Kinerja Batas Layan	39
3.14	Kinerja Batas Ultimit	40
3.15	Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	41
BAB IV METODE PENELITIAN		43
4.1	Desain Penelitian	43
4.2	Lokasi Objek Penelitian	45
4.3	Data Struktur Bangunan	46
4.4	Perangkat Lunak (<i>Software</i>) yang digunakan	47
4.5	Tahapan Tugas Akhir	48
4.6	Bagan Alir Penelitian	49

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	52
5.1 Data Struktur	52
5.2 Pembebanan Struktur	55
5.2.1 Beban Mati	55
5.2.2 Beban Hidup	69
5.3 Berat Bangunan	70
5.4 Spektrum Respon Desain	71
5.5 Periode Fundamental Struktur	74
5.6 Gaya Geser Dasar Seismik	75
5.7 Analisis Beban Gempa Respon Spektrum	76
5.7.1 <i>Input</i> Respon Spektrum Desain	76
5.7.2 Mendefinisikan Analisis Respon Spektrum	78
5.7.3 Mendefinikan Massa Struktur (<i>Mass Source</i>)	79
5.7.4 Gaya Lateral Analisis Respon Spektrum	79
5.7.5 Beban Kombinasi	80
5.8 Kontrol <i>Mass Participant Ratio</i>	82
5.9 Kontrol Nilai <i>Base Shear</i>	83
5.10 Cek Ketidakberaturan Vertikal	84
5.11 Cek Ketidakberaturan Horizontal	94
5.12 Kontrol Simpangan Antar Lantai	100
5.13 Kontrol Kinerja Batas Layan	102
5.14 Kontrol Kinerja Batas Ultimit	104
5.15 Level Kinerja Berdasarkan ATC-40	107
BAB VI KEMSIMPULAN DAN SARAN	109
6.1 Kesimpulan	109
6.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Sesar Semarang	2
Gambar 3. 1 Parameter S_s , Gempa Maksimum (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 0,2 detik (Rendaman Kritis 5%)	25
Gambar 3. 2 Parameter S_l , Gempa Maksimum (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 1,0 detik (Rendaman Kritis 5%)	25
Gambar 3. 3 Spektrum Respons Desain	28
Gambar 3. 4 Parameter Transisi Periode Panjang (T_L) Wilayah Indonesia	28
Gambar 3. 5 Penentuan Nilai Simpangan Antar Lantai	39
Gambar 3. 6 Kurva Kapasitas	41
Gambar 4. 1 Visual Desain 3D Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang	43
Gambar 4. 2 Denah <i>Site Plan</i> Proyek Pembangunan	44
Gambar 4. 3 Denah Tipikal Struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang	44
Gambar 4. 4 Denah Portal Open Frame Struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang	45
Gambar 4. 5 Lokasi Proyek Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang	45
Gambar 4. 6 Pemodelan Struktur 3D	48
Gambar 4. 7 Bagan Alir Penelitian	50
Gambar 5. 1 Denah Tipikal Kolom Setiap Lantai	53
Gambar 5. 2 Denah Tipikal Balok Setiap Lantai	53
Gambar 5. 3 Denah 2D Portal <i>Open Frame</i> AS-B Sumbu X	54
Gambar 5. 4 Denah 2D Portal <i>Open Frame</i> AS-2 Sumbu Y	54
Gambar 5. 5 Jenis Tanah Berdasarkan USGS Vs30	55
Gambar 5. 6 Detail Anak Tangga	62
Gambar 5. 7 Input Beban pada Pelat Mesin Lift	65

Gambar 5. 8 Input Beban Rangka Baja pada Model 3D SAP2000	69
Gambar 5. 9 Kurva Spektrum Respon	74
Gambar 5. 10 <i>Define Response Spectrum</i>	76
Gambar 5. 11 <i>Response Spectrum Definition</i>	77
Gambar 5. 12 <i>Input Response Spectrum Design</i>	77
Gambar 5. 13 <i>Response Spectrum Cases EQx</i>	78
Gambar 5. 14 <i>Response Spectrum Cases EQy</i>	78
Gambar 5. 15 <i>Mass Source Definition</i>	79
Gambar 5. 16 <i>Load Patterns</i>	80
Gambar 5. 17 <i>Define Load Combinations</i>	81
Gambar 5. 18 <i>Input Data Load Combination</i>	81
Gambar 5. 19 Ketidakberaturan Tingkat Lunak	84
Gambar 5. 20 Ketidakberaturan Massa	88
Gambar 5. 21 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	89
Gambar 5. 22 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Vertikal	90
Gambar 5. 23 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat	91
Gambar 5. 24 Ketidakberaturan Torsi	94
Gambar 5. 25 Ketidakberaturan Sudut Dalam	96
Gambar 5. 26 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	97
Gambar 5. 27 Bukaan pada Lantai Dak Atap	97
Gambar 5. 28 Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	99
Gambar 5. 29 Ketidakberaturan Sistem Nonparalel	99
Gambar 5. 30 Grafik Kontrol Simpangan Antar Lantai	102
Gambar 5. 31 Grafik Kontrol Kinerja Batas Layan	104
Gambar 5. 32 Grafik Kontrol Kinerja Batas Ultimit	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	11
Tabel 3. 1 Beban Mati	17
Tabel 3. 2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum	18
Tabel 3. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	20
Tabel 3. 4 Faktor Keutamaan Gempa	23
Tabel 3. 5 Klasifikasi Situs	23
Tabel 3. 6 Koefisien Situs, F_a	26
Tabel 3. 7 Koefisien Situs, F_v	26
Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	29
Tabel 3. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	29
Tabel 3. 10 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	29
Tabel 3. 11 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	31
Tabel 3. 12 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	31
Tabel 3. 13 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur	32
Tabel 3. 14 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur	33
Tabel 3. 15 Prosedur Analisis yang Diizinkan	35
Tabel 3. 16 Simpangan Antar Tingkat (Δ_a)	39
Tabel 3. 17 Batasan <i>Drift Ratio</i> Menurut ATC-40	41
Tabel 3. 18 Level Kinerja Struktur Menurut ATC-40	42
Tabel 4. 1 Tipe dan Dimensi Kolom	46
Tabel 4. 2 Tipe dan Dimensi Balok	47
Tabel 4. 3 Tipe dan Tebal Pelat	47

Tabel 5. 1 Data Struktur Bangunan	52
Tabel 5. 2 Elevasi Setiap Lantai	52
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Berat Struktur Kolom	56
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Berat Struktur Balok	57
Tabel 5. 5 Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai	62
Tabel 5. 6 Beban Mati Tambahan pada Pelat Atap	62
Tabel 5. 7 Beban Mati Tambahan Pelat Tangga	63
Tabel 5. 8 Beban Mati Tambahan Bordes	64
Tabel 5. 9 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai Dua	66
Tabel 5. 10 Beban Mati Tambahan Dinding	67
Tabel 5. 11 Beban Mati Tambahan Rangka Baja	67
Tabel 5. 12 Berat Bangunan pada Setiap Lantai	70
Tabel 5. 13 Total Berat Bangunan <i>Ouput Software</i> SAP2000	70
Tabel 5. 14 <i>Modal Mass Participant Ratio</i>	82
Tabel 5. 15 Hasil Gaya Geser Dasar Skala Awal	83
Tabel 5. 16 Hasil Gaya Geser Dasar Skala Baru	84
Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Kekauan Tingkat Lunak Arah X	85
Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Kekauan Tingkat Lunak Arah Y	86
Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Kekauan Tingkat Lunak Berlebih Arah X	87
Tabel 5. 20 Ketidakberaturan Kekauan Tingkat Lunak Berlebih Arah Y	87
Tabel 5. 21 Ketidakberaturan Massa	89
Tabel 5. 22 Ketidakberaturan Tingkat Lemah pada Arah X	92
Tabel 5. 23 Ketidakberaturan Tingkat Lemah pada Arah Y	92
Tabel 5. 24 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan pada Arah X	93
Tabel 5. 25 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan pada Arah Y	93
Tabel 5. 26 Ketidakberaturan Torsi Arah X	95
Tabel 5. 27 Ketidakberaturan Torsi Arah Y	96
Tabel 5. 28 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	98
Tabel 5. 29 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X	101
Tabel 5. 30 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	101
Tabel 5. 31 Kontrol Kinerja Batas Layan pada Arah X	103

Tabel 5. 32 Kontrol Kinerja Batas Layan pada Arah Y	103
Tabel 5. 33 Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah X	105
Tabel 5. 34 Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah Y	106

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Time Schedule</i> Tugas Akhir	115
Lampiran 2 <i>Detail Engineering Design</i> (DED) Bangunan Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang	116

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C_d	= faktor pembesaran simpangan lateral
C_s	= koefisien respon seismik
C_t	= koefisien periode pendekatan
C_u	= koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
D	= pengaruh dari beban mati
E	= pengaruh beban seismik horizontal dan vertikal
E_c	= modulus elastisitas beton
EQ_x	= beban gempa arah X
EQ_y	= beban gempa arah Y
$f'c$	= kuat tekan beton yang disyaratkan
F_a	= koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
F_v	= koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
F_x	= gaya gempa desain ditingkat x
f_y	= kuat leleh tulangan yang disyaratkan
H	= tebal lapisan tanah (m)
h_n	= batasan tinggi struktur (m)
I_e	= faktor keutamaan gempa
L	= pengaruh dari beban hidup
MCE_R	= gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
N	= jumlah unit isolator
PI	= indeks plastisitas tanah
R	= koefisien modifikasi respons
S_I	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5%
S_a	= respon spektra percepatan desain
S_{DI}	= parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5%
S_{DS}	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5%
S_{MI}	= parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang

- sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- S_{MS} = parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- S_S = parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5%
- S_u = kuat geser niralir
- T = periode fundamental struktur
- T_0 = $0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
- T_a = periode fundamental pendekatan
- T_L = peta transisi perioda panjang
- T_S = $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
- V = gaya geser dasar seismik
- V_S = kecepatan rambat gelombang geser pada regangan geser yang kecil (m/detik) ($< 10^{-3}$ persen)
- V_t = nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik
- W = berat seismik gedung efektif
- w = kadar air tanah (%)
- Ω_0 = faktor kuat lebih sistem
- Δ_a = simpangan antar tingkat yang diizinkan
- ΔH = tinggi tingkat
- Δ_i = simpangan lateral antar tingkat pada arah X/Y
- $\Delta_{i \text{ izin}}$ = simpangan lateral antar tingkat izin pada arah X/Y
- δ_x = defleksi pusat massa ditingkat x
- δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

ABSTRAK

Semarang sebagai salah satu kota di Indonesia yang memiliki potensi terjadi gempa yang cukup besar dikarenakan dilewati oleh sesar aktif yaitu Sesar Semarang, maka sebagai upaya untuk meminimalisir adanya korban jiwa akibat runtuhnya bangunan diperlukan evaluasi kinerja seismik pada struktur bangunan tersebut sebagai salah satu upaya mitigasi apabila terjadi bencana gempa bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang dengan menggunakan metode respon spektrum yang mengacu pada SNI-1726-2019 berdasarkan nilai *base shear* dan *displacement* yang kemudian hasilnya dianalisis berdasarkan batas layan dan batas ultimit. Disamping itu dilakukan analisis berdasarkan ATC-40 ditinjau dari nilai *drift ratio*.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai simpangan antar lantai terbesar pada pusat massa diperoleh untuk arah x sebesar 0,06039 m dan untuk arah y sebesar 0,06038 m telah memenuhi syarat kurang dari simpangan izin ($\Delta a/\rho$) sebesar 0,0646 m. Nilai simpangan antar lantai terbesar pada kinerja batas layan diperoleh untuk arah x sebesar 0,01164 m dan untuk arah y sebesar 0,01158 m telah memenuhi syarat kurang dari simpangan izin ($0,03/R*hsx$) sebesar 0,0158 m. Nilai simpangan antar lantai terbesar pada kinerja batas ultimit diperoleh untuk arah x sebesar 0,0116 m dan untuk arah y sebesar 0,0135 m telah memenuhi syarat kurang dari simpangan izin ($0,02*hsx$) sebesar 0,0840 m. Menurut ATC-40 dengan nilai *drift ratio* yang diperoleh yaitu sebesar 0,00183 untuk arah x dan sebesar 0,00196 untuk arah y kurang dari 0,01, maka level kinerja struktur masuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO), baik arah x maupun arah y.

Kata kunci: Gempa, Struktur Beton, Respon spektrum, Kinerja struktur, ATC-40

ABSTRACT

Semarang as one of the cities in Indonesia that has the potential to occur a large enough earthquake because it is passed by an active fault, namely the Semarang Fault, so as an effort to minimize casualties due to building collapse, seismic performance evaluation of the building structure is needed as one of the mitigation efforts in the event of an earthquake disaster.

This study aims to evaluate the structural performance of the Directorate Building of the Public Works Polytechnic of Semarang City using the spectrum response method which refers to SNI-1726-2019 based on the base shear and displacement values and then the results are analyzed based on the service limit and ultimate limit. In addition, an analysis based on ATC-40 is carried out in terms of the drift ratio value.

*The analysis results show that the largest inter-storey deviation value at the center of mass obtained for the x direction of 0.06039 m and for the y direction of 0.06038 m has met the requirements less than the permit deviation ($\Delta a/p$) of 0.0646 m. The largest inter-storey deviation value at the service limit performance obtained for the x-direction of 0.01164 m and for the y-direction of 0.01158 m has met the requirement of less than the permission deviation ($0.03/R*hsx$) of 0.0158 m. The largest inter-storey deviation value at the ultimate limit performance obtained for the x-direction of 0.0116 m and for the y-direction of 0.0135 m has been qualified less than the permit deviation ($0.02*hsx$) of 0.0840 m. According to ATC-40 with the drift ratio value obtained, which is 0.00183 for the x direction and 0.00196 for the y direction, less than 0.01, the structural performance level is included in the Immediate Occupancy (IO) category, both in the x direction and the y direction.*

Keywords: *Earthquake, Concrete structure, Response spectrum, Structural performance, ATC-40*

BAB I

PENDAHULUAN

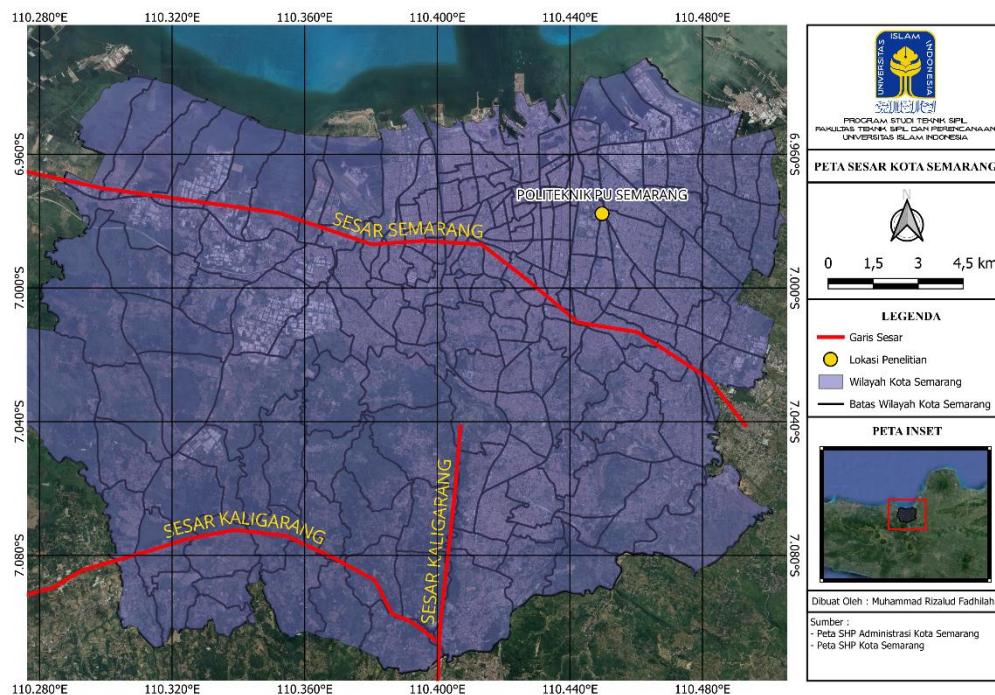
1.1 Latar Belakang

Kota Semarang merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Tengah yang terus berkembang di berbagai bidang. Hal tersebut dikarenakan letak Kota Semarang yang strategis yaitu di jalur pantura yang terletak di tengah-tengah antara dua kota metropolitan Jakarta dan Surabaya. Salah satu bidang yang terus berkembang adalah bidang pendidikan. Hal tersebut dibuktikan dengan terdapat berbagai perguruan tinggi baik negeri maupun swasta di wilayah tersebut. Dengan adanya berbagai perguruan tinggi di Semarang membuat kota tersebut menjadi salah satu rujukan untuk menempuh pendidikan pada jenjang perguruan tinggi di provinsi Jawa Tengah.

Semakin berkembangnya pendidikan perguruan tinggi di Kota Semarang membuat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang berupaya untuk terus meningkatkan sarana maupun prasarana sebagai penunjang kegiatan perkuliahan. Jumlah peminat yang setiap tahun terus meningkat, tentunya harus diimbangi dengan tempat perkuliahan yang memadai. Pembangunan fasilitas gedung merupakan langkah solutif untuk meningkatkan kualitas layanan dan sarana dalam proses pembelajaran. Dengan peningkatan jumlah peminat, fasilitas gedung tersebut dapat menjadi penambah untuk memenuhi kebutuhan peminat yang ada.

Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum yang berada di Kota Semarang dilewati oleh sesar aktif yaitu Sesar Semarang seperti yang disajikan pada Gambar 1.1. Tim PUSGEN (2017), Sesar Semarang masih aktif dikarenakan data bawah permukaan (seismik refleksi dan profil hasil survei resistivitas) juga menunjukkan adanya struktur yang bergerak (sesar naik) yang memotong hingga ke dekat permukaan. Salah satu sejarah kegempaan yang terjadi di daerah Semarang yaitu pernah digoncang gempa yang bersumber di daratan pada tanggal 19 Januari 1856 dengan kekuatan VI-VII MMI yang menyebabkan adanya kerusakan pada

bangunan. (Menurut Tim PUSGEN, 2017) Gempa tersebut kemungkinan besar berasosiasi dengan Sesar Semarang.



Gambar 1. 1 Peta Sesar Semarang

Untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh gempa diperlukan upaya mitigasi dan evaluasi bangunan sebelum bencana tersebut terjadi. Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang mulai dibangun pada tahun 2021 dan selesai dibangun pada bulan September 2022 dengan menggunakan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 03-1726-2002. Evaluasi kinerja seismik sangat perlu untuk dilakukan sebagai upaya mitigasi resiko bencana gempa pada bangunan yang sudah ada atau eksisting, terlebih lagi pada bangunan yang didesain dengan peraturan lama.

Evaluasi terhadap Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang dilakukan dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum yang secara detail akan disajikan pada BAB IV. Ruang lingkup studi kasus Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang dimana gedung ini memiliki 6 lantai yang didesain sesuai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 03-1726-2002 kemudian dianalisis

menggunakan peraturan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 1726-2019 sebagai bahan evaluasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa masalah yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah hasil dari kinerja struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang dengan analisis dinamik metode respon spektrum ditinjau dari *base shear* dan *displacement*?
2. Bagaimana keterpenuhan kinerja struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang berdasarkan kinerja batas layan dan batas ultimit?
3. Bagaimanakah level kinerja struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang berdasarkan ATC-40 ditinjau dari nilai *drift ratio*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah di atas, tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang dengan analisis dinamik metode respon spektrum ditinjau dari *base shear* dan *displacement*,
2. Mengetahui tingkat kinerja Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang berdasarkan batas layan dan batas ultimit,
3. Mengetahui level kinerja struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang berdasarkan ATC-40 ditinjau dari nilai *drift ratio*.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Gedung yang dipilih untuk dievaluasi adalah Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang yang dimodelkan portal terbuka,

2. Fungsi gedung adalah sebagai gedung perkantoran,
3. Struktur yang dianalisis yaitu struktur beton bertulang 6 lantai,
4. Jenis tanah yang dipakai ditentukan berdasarkan hasil nilai USGS Vs30 sebagai tanah sedang,
5. *Software* yang digunakan dalam analisis data adalah SAP2000,
6. Analisis dilakukan pada struktur atas bangunan,
7. Pondasi dimodelkan sebagai tumpuan jepit,
8. Pemodelan struktur 3D dimensi kolom, balok, dan pelat mengikuti desain yang sudah ada berdasarkan *detail engineering design* (DED) gedung,
9. Metode yang digunakan dalam proses analisis ini adalah analisis dinamik metode respon spektrum yang berpedoman pada SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung,
10. Rangka baja, tangga dan dinding bata tidak dimodelkan dalam pemodelan SAP2000, namun diperhitungkan dalam analisis pembebanan,
11. Arsitektur kaca tidak diperhitungkan dalam analisis pembebanan.
12. Analisis yang dilakukan hanya terbatas pada pencarian kinerja struktur berdasarkan nilai *base shear*, *displacement*, serta *drift ratio* dan level kinerja struktur bangunan sesuai ATC-40,
13. Analisis yang dilakukan tidak meninjau metode pelaksanaan dan biaya,
14. Tidak meninjau dari segi ekonomis, estetika, dan arsitektur bangunan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat bagi pembaca dari dilakukannya analisis dalam tugas akhir ini adalah untuk memberikan wawasan dan ilmu pengetahuan tentang perilaku struktur gedung bertingkat terhadap gempa menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum dan dapat menjadi rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya terkait analisis respon spektrum dan tingkat performa bangunan.

Manfaat bagi penulis berdasarkan penelitian yang dilakukan adalah menambah ilmu dan pemahaman akan analisis dinamik metode respon spektrum dan dapat memperhitungkan tingkat kinerja pada struktur gedung bertingkat.

Kemudian menambah pemahaman akan *software* yang digunakan sebagai analisis yaitu SAP2000.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dapat dibagi dan diuraikan sebagai berikut.

1. Bab I-Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

2. Bab II-Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menguraikan tentang penelitian-penelitian yang terdahulu serta perbandingan dengan penelitian yang dilakukan.

3. Bab III-Landasan Teori

Pada bab ini berisi tentang teori-teori dan standar peraturan yang berhubungan dengan tugas akhir guna sebagai pendukung penelitian.

4. Bab IV-Metodologi Penelitian

Pada bab ini menguraikan tentang deskripsi struktur bangunan gedung yang dianalisis serta metode dan tahapan yang digunakan pada tugas akhir ini.

5. Bab V-Analisa Data dan Pembahasan

Pada bab ini menguraikan tentang hasil perhitungan yang didapat selama analisis pada gedung yang ditinjau.

6. Bab VI-Penutup dan Saran

Pada bab ini menguraikan kesimpulan dan hasil evaluasi terhadap analisis yang telah dilakukan serta saran-saran mengenai hasil penelitian.

7. Lampiran

Pada lampiran berisi tentang data-data yang diperlukan selama analisis yang dilakukan serta gambar-gambar yang mendukung dalam penelitian.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai evaluasi kinerja gedung bertingkat menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum yang telah dilakukan sebelumnya dengan tempat yang berbeda dapat digunakan sebagai acuan ataupun masukan pada penelitian ini. Berikut ini merupakan beberapa referensi dari penelitian terdahulu dan penelitian yang dilakukan.

2.1.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu Terkait Evaluasi Kinerja Gedung

Berikut ini adalah beberapa kutipan hasil penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

1. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu

Penelitian yang dilakukan oleh Silaban, dkk (2023), bertujuan untuk memahami evaluasi performa struktural Gedung Rusun Pulo Jaha dengan jumlah lantai 24 lantai dan 1 atap serta menggunakan struktur beton bertulang terhadap gempa, dilakukan analisis terhadap respons gaya geser (*base shear*), perpindahan (*displacement*), serta dampak struktur terhadap efek *P-delta*. Evaluasi ini melibatkan simulasi menggunakan perangkat lunak analisis struktur (ETABS V.17) dengan menerapkan metode analisis dinamik respon spektrum dan analisis dinamik riwayat waktu yang mengacu pada SNI 1726-2019.

Hasil penelitian adalah sebagai berikut.

- a. *Modal Participating Mass Ratios* didapat hasil arah X sebesar 0,9539 (95,39%) dan arah Y sebesar 0,9315 (93,15%) dengan *mode shape* sebanyak 12, yang dimana dari hasil tersebut telah memenuhi syarat minimum > 90% baik arah X maupun arah Y.

- b. Simpangan hasil analisis respon spektrum dan riwayat waktu menunjukkan bahwa arah struktur horizontal X menunjukkan kekakuan yang lebih rendah terhadap beban gempa dibandingkan dengan arah Y.
 - c. Perlu dilakukan pemodelan ulang pada dimensi kolom struktur atau penambahan dinding geser pada sumbu lemah struktur sebagai respons terhadap pengaruh P-Delta. Langkah ini diambil untuk meningkatkan stabilitas perilaku struktur.
2. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Akibat Gempa Berdasarkan Simpangan Dengan Analisis Respon Spektrum (Studi Kasus Apartemen *Kingland Avenue* Serpong)

Penelitian yang dilakukan oleh Satria (2022), bertujuan untuk mengetahui kinerja struktur dengan metode respon spektrum dan *performance point* berdasarkan ATC-40, serta membandingkan desain dan volume tulangan terpasang dengan penulangan sesuai SNI 1726-2019.

Analisis dilakukan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum dengan bantuan *software* ETABS v18. Gedung Apartemen *Kingland Avenue* Serpong terdiri dari 24 lantai dengan jenis struktur beton bertulang. Adapun hasil penelitiannya sebagai berikut.

- a. Berdasarkan hasil analisis respon spektrum secara keseluruhan nilai simpangan antar tingkat berada di bawah simpangan antar tingkat izin, dengan nilai simpangan atap arah x sebesar 0,2034 m dan 0,2467 m pada arah y serta nilai rasio simpangan total maksimum arah x sebesar 0,0016 dan 0,0020 pada arah y.
- b. Berdasarkan ATC-40, Level kinerja struktur Apartemen *Kingland Avenue* Serpong berada pada level kinerja Immediate Occupancy, dengan dampak sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.
- c. Perbandingan volume tulangan terpasang dengan desain penulangan baru pada balok B9 dan kolom K5 secara keseluruhan terjadi penurunan

jumlah tulangan pokok dan jumlah sengkang dengan besar diameter tulangan masih sama. Pada balok B9 selisih berat tulangan pokok terpasang dengan desain penulangan baru adalah sebesar 18% dan tulangan sengkang 6%. Sedangkan pada kolom K5 selisih berat tulangan pokok terpasang dengan desain penulangan baru adalah sebesar 9% dan tulangan sengkang 32%.

3. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Analisis Respons Spektrum dan *Time History* (Studi Kasus: Gedung Direktorat Narkoba dan Direktorat Intelkam Polda Jabar Kota Bandung)

Penelitian yang dilakukan oleh Arrasyid (2022), bertujuan untuk mengetahui berapa *displacement*, simpangan, dan gaya geser dasar yang terjadi pada gedung akibat gempa dan kinerja struktur Gedung berdasarkan metode respons spektrum dan *time history* berdasarkan SNI 1726-2012.

Analisis dilakukan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum dengan bantuan *software* ETABS v20. Gedung Direktorat Narkoba dan Direktorat Intelkam Polda Jabar berada di Kota Bandung yang terdiri dari 5 lantai dengan jenis struktur beton bertulang.

Hasil penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Berdasarkan metode respons spektrum simpangan (*drift*) Gedung Direktorat Narkoba Dan Direktorat Intelkam Polda Jabar pada arah X simpangan maksimum didapat 26,747 mm. Sedangkan pada arah Y, simpangan maksimum didapat 26,467 mm.
- b. Berdasarkan metode *time history* simpangan (*drift*) Gedung Direktorat Narkoba Dan Direktorat Intelkam Polda Jabar pada arah X simpangan maksimum didapat 33,055 mm. Sedangkan pada arah Y, simpangan maksimum didapat 28,96 mm.
- c. Level kinerja struktur Gedung Direktorat Narkoba Dan Direktorat Intelkam Polda Jabar akibat beban gempa respons spektrum dan *time history* berdasarkan ATC-40 adalah *Immediate Occupancy* (IO).

4. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Pada Batas Layan dan Batas Ultimit Dengan Analisis Dinamik Metode Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi)

Penelitian yang dilakukan Setiawan (2021), bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur dengan metode respon spektrum sesuai SNI 1726-2019 dan mengetahui kinerja struktur ditinjau dari kondisi batas layan dan kondisi batas ultimit.

Analisis dilakukan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum dengan bantuan *software* ETABS v17. Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi berada di Kota Manado yang terdiri dari 12 lantai dengan jenis struktur beton bertulang.

Hasil penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Berdasarkan hasil analisis didapat $V_{dinamik}$ lebih besar dari V_{statik} untuk arah X didapat 6190,0143 kN dan untuk arah Y didapat 6188,0568 kN, sehingga telah memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2019.
 - b. Nilai simpangan antar lantai terbesar berada dilantai 4 pada arah X sebesar 0,053 m sedangkan arah Y sebesar 0,044 m sehingga memenuhi batasan izin simpangan antar lantai yaitu 0,063 m.
 - c. Nilai dari displacement arah X sebesar 0,1119 m sedangkan arah Y sebesar 0,0937 m sehingga memenuhi syarat batas layan yaitu 0,0159 m.
 - d. Nilai dari displacement maksimum arah X sebesar 0,1201 m sedangkan arah Y sebesar 0,1048 m sehingga memenuhi syarat batas ultimit yaitu 0,0850 m.
5. Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726:2019

Penelitian yang dilakukan oleh Syahputra, dkk (2021), bertujuan untuk mengetahui bagaimana tahapan dalam mengevaluasi struktur menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019.

Analisis dilakukan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum dengan bantuan *software* ETABS v2.1. Gedung Jamaliah Yayasan

Syafiatulamaliyah berada di Kota Medan yang terdiri dari 7 lantai dengan jenis struktur beton bertulang.

Hasil penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Didapat hasil yaitu partisipasi massa ragam sebesar 91%-93%.
- b. Gaya geser dasar nominal V_x sebesar 17103,46 kN dan V_y sebesar 17103,46 kN.
- c. Waktu getar alami fundamental T_{cx} sebesar 1,793 detik dan T_{cy} sebesar 1,832 detik.
- d. Gaya geser dasar terbesar arah X sebesar 3,46 mm dan Y sebesar 15,92 mm.
- e. Simpangan antar lantai terjadi rata-rata arah X sebesar 197,76 mm dan arah Y sebesar 209,85 mm.
- f. Kategori kinerja struktur pada Gedung Jamaliah menggunakan SRPMB dengan evaluasi berdasarkan SNI 1726:2019, tidak efektif menahan gaya lateral pembebanan gempa rencana.

2.1.2 Penelitian yang Dilakukan dan Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu baik bersumber dari tugas akhir sebelumnya maupun bersumber dari jurnal penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun perbandingan penelitian terdahulu dengan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Parameter Pemanding	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Syahputra, dkk (2021)	Setiawan (2021)	Arrasyid (2022)	Satria (2022)	Silaban, dkk (2023)	Muhammad Rizalud Fadhilah (2024)
Judul Penelitian	Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726:2019	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Pada Batas Layan dan Batas Ultimit Dengan Analisis Dinamik Metode Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi)	Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Analisis Respons Spektrum dan <i>Time History</i> (Studi Kasus: Gedung Direktorat Narkoba dan Direktorat Intelkam Polda Jabar Kota Bandung)	Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Akibat Gempa Berdasarkan Simpangan Dengan Analisis Respon Spektrum (Studi Kasus Apartemen Kingland Avenue Serpong)	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu	Kajian Kinerja Seismik Sebuah Gedung Perkantoran di Kota Semarang Dengan Metode Respon Spektrum
Tujuan Penelitian	Mengetahui bagaimana tahapan dalam mengevaluasi struktur menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019	Mengevaluasi kinerja struktur dengan metode respon spektrum sesuai SNI 1726-2019 dan mengetahui kinerja struktur ditinjau dari kondisi batas layan dan kondisi batas ultimit	Mengetahui berapa <i>displacement</i> , simpangan, dan gaya geser dasar yang terjadi pada gedung akibat gempa dan kinerja struktur Gedung berdasarkan metode respons spektrum dan <i>time history</i> .	Mengetahui kinerja struktur dengan metode respon spektrum dan <i>performance point</i> berdasarkan ATC-40, serta membandingkan desain dan volume tulangan terpasang dengan penulangan sesuai SNI 1726-2019.	Memahami performa stuktur gedung yang ditinjau dari gaya geser, perpindahan, serta efek P-delta dengan metode respon spektrum dan riwayat waktu menggunakan ETABS v17.	Mengetahui kinerja struktur dengan metode respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2019 berdasarkan nilai <i>base shear</i> dan <i>displacement</i> yang kemudian dianalisis berdasarkan batas layan dan batas ultimit, serta dianalisis berdasarkan ATC-40 ditinjau dari nilai <i>drift ratio</i> .

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Parameter Pembeding	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
	Peneliti	Syahputra, dkk (2021)	Setiawan (2021)	Arrasyid, dkk (2022)	Satria (2022)	
Fungsi dan Jumlah lantai Gedung	Gedung pendidikan dengan jumlah 7 lantai dan jenis struktur beton bertulang.	Gedung pendidikan beraturan dengan jumlah 12 lantai dan jenis struktur beton bertulang.	Gedung direktorat terdiri dari 5 lantai dan jenis struktur beton bertulang.	Gedung hunian/apartemen dengan jumlah 24 lantai dan jenis struktur beton bertulang.	Gedung hunian dengan jumlah 24 lantai + atap dan jenis struktur beton bertulang.	Gedung perkantoran dengan jumlah 6 lantai serta menggunakan struktur beton bertulang.
Peraturan yang Digunakan	SNI 1726:2019, SNI 1727-2020, dan SNI 2847-2019	SNI 1726-2019, SNI 1726-2002, SNI 1727-2013, SNI 1727-1989, dan SNI 2847-2019	ATC-40 (1996), SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 2847-2019	SNI 1726:2019, SNI 1727-2013, dan ATC-40 (1996)	SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020	ATC-40 (1996), SNI 1726-2002, SNI 1726-2019, SKBI-1.3.53.1989, SNI 1727-2020
Metode Penelitian	Menggunakan metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 dengan bantuan <i>software</i> ETABS v2.1	Menggunakan metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 dengan bantuan <i>software</i> ETABS v17	Menggunakan metode respons spektrum dan <i>time history</i> berdasarkan SNI 1726-2012 dengan bantuan <i>software</i> ETABS v20	Menggunakan metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 dengan bantuan <i>software</i> ETABS v18 dan REVIT v19	Menggunakan metode respon spektrum dan <i>time history</i> berdasarkan SNI 1726-2019 dengan bantuan <i>software</i> ETABS v.17	Menggunakan metode respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 dengan bantuan <i>software</i> SAP2000, kemudian dilakukan evaluasi level kinerja struktur terhadap gempa berdasarkan ATC-40

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Parameter Pemanding	Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Syahputra, dkk (2021)	Setiawan (2021)	Arrasyid, dkk (2022)	Satria (2022)	Silaban, dkk (2023)	Muhammad Rizalud F. (2024)
Kesimpulan dari Hasil Penelitian	Didapat hasil yaitu partisipasi massa ragam sebesar 91%-93%, gaya geser dasar nominal V_x sebesar 17103,46 kN dan V_y sebesar 17103,46 kN, waktu getar alami fundamental T_{cx} sebesar 1,793 detik dan T_{cy} sebesar 1,832 detik, gaya geser dasar terbesar arah X sebesar 3,46 mm dan Y sebesar 15,92 mm, Simpangan antar lantai terjadi rata-rata arah X sebesar 197,76 mm dan arah Y sebesar 209,85 mm.	Nilai simpangan antar lantai terbesar berada dilantai 4 pada arah X sebesar 0,053 m dan arah Y sebesar 0,044 m sehingga memenuhi batasan izin simpangan antar lantai yaitu 0,063 m. Nilai dari <i>displacement</i> arah X sebesar 0,1119 m dan arah Y sebesar 0,0937 m sehingga memenuhi syarat batas layan yaitu 0,0159 m. Nilai dari <i>displacement</i> maksimum arah X sebesar 0,1201 m dan arah Y sebesar 0,1048 m sehingga memenuhi syarat batas ultimit yaitu 0,0850 m.	Hasil analisis simpangan maksimum dengan metode respons spektrum pada arah X didapat 26,74 mm sedangkan pada arah Y didapat 26,46 mm. Sementara untuk analisis <i>time history</i> pada arah X didapat 33,05 mm dan pada arah Y didapat 28,96 mm. Nilai maksimum simpangan total sebesar 0,0016 m dan nilai maksimum simpangan <i>inelastic</i> sebesar 0,0014 m sehingga level kinerja struktur gedung ini berdasarkan ATC-40 adalah <i>Immediate Occupancy</i> (IO), yang berarti kondisi aman.	Nilai simpangan antar tingkat berada di bawah simpangan antar tingkat izin, dengan nilai simpangan atap arah x sebesar 0,2034 m dan 0,2467 m pada arah y serta nilai rasio simpangan total maksimum arah x sebesar 0,0016 dan 0,0020 pada arah y. Berdasarkan ATC-40, Level kinerja struktur berada pada level kinerja <i>Immediate Occupancy</i> , dengan dampak sedikit kerusakan struktural yang terjadi	<i>Modal Participating Mass Ratios</i> arah X sebesar 95,39% dan arah Y sebesar 93,15% dengan <i>mode shape</i> sebanyak 12, telah memenuhi syarat minimum > 90%. Simpangan hasil analisis bahwa struktur arah X menunjukkan kekakuan yang lebih rendah terhadap beban gempa dibandingkan dengan arah Y.	Diharapkan akan didapat kinerja struktur seperti <i>base shear</i> , <i>displacement</i> , dan <i>drift ratio</i> yang memenuhi syarat tingkat keamanan berdasarkan batas layan dan batas ultimit serta level kinerja struktur berdasarkan ATC-40.

2.2 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang disajikan pada Tabel 2.1, penelitian mengenai evaluasi kinerja bangunan eksisting cukup banyak dilakukan, namun untuk penelitian mengenai evaluasi kinerja seismik berdasarkan peraturan perencanaan gempa terbaru yaitu SNI 1726-2019 khususnya menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum masih sangat jarang dilakukan.

Adapun detail bukti penelitian yang dilakukan merupakan karya asli dan bukan bentuk dari karya plagiasi adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan merupakan denah perencanaan berdasarkan *detail engineering design* (DED) Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang.
2. Analisis dinamik metode respon spektrum menggunakan bantuan *software* SAP2000 kemudian dilakukan pemodelan secara 3D dengan dimensi ukuran dan mutu material mengikuti data struktur gedung.
3. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian yang terdahulu adalah model gedung yang dianalisis, lokasi gedung yang dianalisis yaitu di Kota Semarang dengan situs tanah sedang. Metode yang digunakan yaitu analisis dinamik metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019. Fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran dengan total jumlah 6 lantai.

Berdasarkan detail bukti di atas maka dapat dikatakan bahwa penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Respon Struktur

Sebagai upaya untuk meminimalisir adanya korban jiwa dari runtuhnya sebuah bangunan akibat bencana gempa bumi, maka perlu dilakukannya analisis respon struktur. Respon struktur merupakan bentuk evaluasi yang dilihat berdasarkan respon yang terjadi pada suatu bangunan akibat adanya beban, yang dimana pada penelitian ini akan diberi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum.

3.2 Standar Peraturan Ketahanan Gempa

Pada perhitungan gempa rencana serta analisis dinamik metode respon spektrum dalam penelitian tugas akhir ini mengacu pada standar peraturan SNI 1726-2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung serta juga mengacu pada peta kerentanan dari ISBN: 978-602-5489-01-3 Tentang Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.

3.3 Analisis Dinamik

Analisis Dinamik adalah salah satu metode analisis struktur yang menggambarkan distribusi beban atau gaya geser seismik secara langsung. Metode ini memodelkan getaran pada setiap lapisan dengan mempertimbangkan pengaruh dinamika waktu gerakan tanah terhadap struktur.

Penerapan analisis dinamik dalam perencanaan struktur tahan gempa dilakukan ketika diperlukan evaluasi yang lebih akurat terhadap gaya-gaya seismik yang bekerja pada struktur. Selain itu, analisis ini berguna untuk memahami pola respon dari struktur bangunan yang lebih mendekati keadaan sebenarnya akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu:

1. Analisis respon spektrum, suatu respon spektrum yang diterima oleh struktur dari gempa rencana yang kemudian diketahui respon dari struktur tersebut

berdasarkan pengaruh gempa melalui superposisi hasil respons dari setiap getarannya.

2. Analisis riwayat waktu, berdasarkan gempa-gempa hasil pencatatan/rekaman berupa percepatan tanah yang terjadi sebelumnya, untuk mengetahui riwayat waktu dari respon struktur yang berperilaku linier atau non linier terhadap gerakan tanah akibat gempa.

3.4 Konsep Perencanaan Gedung Tahan Gempa

Menurut Tjokrodimulyo (2007), bangunan tahan gempa adalah bangunan yang memiliki kemampuan untuk tetap utuh dan tidak mudah mengalami kerusakan atau keruntuhan saat gempa terjadi. Ini tidak hanya berkaitan dengan perencanaan bangunan yang mempertimbangkan beban gempa, tetapi lebih pada kemampuan aktual bangunan untuk mengatasi dampak gempa tanpa mengalami kerusakan yang signifikan.

Menurut Hasan, A., dan Astira, I. F. (2013), dalam perencanaan gedung tahan gempa, kinerja struktur yang didesain harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut.

1. Di bawah Gempa ringan (periode ulang 50 tahun dengan probabilitas 60% dalam masa waktu umur gedung) struktur harus kuat dengan berespon elastis tanpa mengalami kerusakan baik pada elemen *structural* (kolom, balok, pelat, dan lain-lain) maupun pada elemen *non-structural* (dinding bata, plafond, keramik, dan lain-lain).
2. Di bawah gempa sedang (periode ulang 50-100 tahun) struktur bangunan diijinkan mengalami kerusakan ringan pada ujung-ujung balok di muka kolom (sendi plastis), pada bagian ini biasa disebut tahap *first yield* yaitu parameter yang penting karena bagian tersebut merupakan batas antara kondisi elastis (tidak rusak) dan kondisi plastis (rusak) tetapi tidak runtuh atau disingkat menjadi kondisi batas antara beban gempa ringan dan beban gempa kuat.
3. Di bawah gempa kuat (periode ulang 200-500 tahun dengan probabilitas 10%-12% dalam masa waktu umur gedung) risiko kerusakan struktur bangunan dapat diterima tapi tanpa mengalami keruntuhan pada struktur.

3.5 Pembebanan Struktur

Analisis pembebanan struktur merupakan aspek krusial dalam perencanaan gedung. Kesalahan dalam mengevaluasi beban pada suatu struktur dapat memiliki konsekuensi fatal pada perencanaan gedung. Oleh karena itu, struktur yang akan direncanakan harus memenuhi standar dan peraturan yang berlaku, serta memiliki kapasitas untuk menanggung semua jenis beban yang akan diterapkan pada struktur gedung tersebut. Dengan demikian, dapat dijamin bahwa struktur bangunan aman secara konstruksi. Beban mati, beban hidup, dan beban gempa adalah tiga jenis beban yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap struktur.

3.5.1 Beban Mati atau *Dead Load (D)*

Mengacu pada SNI 1727-2020, beban mati merujuk pada beban yang disebabkan oleh berat semua materi konstruksi yang terpasang di dalam gedung, melibatkan elemen-elemen seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, dan berbagai komponen arsitektural dan struktural lainnya. Nilai beban mati yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Beban Mati

No	Komponen	Berat Jenis
1	Beton Bertulang	2400 kg/m ³
2	Baja	7850 kg/m ³
3	Keramik	17 kg/m ²
4	Mortar	21 kg/m ²
5	M/E	30 kg/m ²
6	Langit-langit dan Penggantung	14 kg/m ²
7	Hebel	300 kg/m ²

(Sumber: SKBI-1.3.53-1987)

3.5.2 Beban Hidup atau *Live Load (L)*

Mengacu pada SNI 1727-2020, Beban hidup adalah beban yang timbul akibat kehadiran pengguna dan penduduk dalam bangunan gedung atau struktur

lainnya, dan tidak termasuk beban konstruksi atau beban lingkungan. Untuk memastikan analisis yang optimal, beban-beban hidup yang relevan harus diidentifikasi sesuai dengan pedoman atau standar yang berlaku, seperti yang tercantum dalam Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m²)	Terpusat Lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat di pindahan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Dudukan mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. (50 mmx 50 mm))		300 (1,33)

**Lanjutan Tabel 3. 2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum Lo dan
Beban Hidup Terpusat Minimum**

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m²)	Terpusat Lb (kN)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. (25 mm x 25 mm))		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5.4
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat pasal 4.10.2	Lihat pasal 4.10.2
Perpustakaan Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Gedung Perkantoran Lobi dan kantor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)

(Sumber: SNI 1727-2020)

3.5.3 Beban Gempa

Beban gempa yaitu pergerakan tanah yang diakibatkan karena adanya bencana gempa bumi yang bekerja pada struktur gedung tersebut. Ketika bangunan bergetar, muncul gaya-gaya pada struktur gedung tersebut karena adanya kecenderungan massa gedung untuk mempertahankan diri dari getaran yang terjadi akibat gempa bumi. Nilai-nilai yang digunakan dalam menghitung penentuan beban gempa rencana adalah sebagai berikut.

1. Nilai S_s dan S_I .
2. Kategori risiko dan faktor keutamaan bangunan.
3. Kategori desain seismik.

4. Metode analisis beban gempa.
5. Gaya lateral.

3.6 Ketentuan Umum Terkait Pengaruh Gempa

Ketentuan-ketentuan dalam perencanaan bangunan terhadap gempa melibatkan sejumlah parameter, termasuk wilayah gempa, fungsi bangunan, respon spektrum, dan faktor-faktor lainnya, yang akan diuraikan sebagai berikut.

3.6.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2019, kategori risiko struktur bangunan dibagi menjadi 4 kategori dilihat dari jenis pemanfaatan bangunan tersebut dalam kaitannya dengan besaran risiko yang akan ditimbulkan berdasarkan prioritasnya. Berikut kategori risiko bangunan ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perkebunan, perternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

**Lanjutan Tabel 3. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung
untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit brdah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, ttermasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung 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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>

Lanjutan Tabel 3. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulan, dan kantor polisi, serta garasi keadaan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, sturktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.2 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Faktor keutamaan gempa digunakan sebagai faktor pengali dalam perhitungan beban gempa dan berbeda-beda untuk setiap kategori risiko bangunannya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4 hubungan antara kategori risiko gempa dengan faktor keutamaan gempa berikut ini.

Tabel 3. 4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I dan II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.3 Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs harus dilakukan terlebih dahulu sebagai bentuk perumusan standar desain seismik suatu bangunan gedung di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar hingga ke permukaan tanah untuk suatu situs. Klasifikasi situs tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3. 5 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N	SL (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 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: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir, $s_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.4 Parameter Percepatan Gempa

Untuk menentukan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan lapisan, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1,0 detik, meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan mewakili getaran periode 1,0 detik (F_v). Adapun parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan respons spektral percepatan pada periode 1,0 detik (S_{MI}) dapat ditentukan dengan rumusan berikut ini.

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

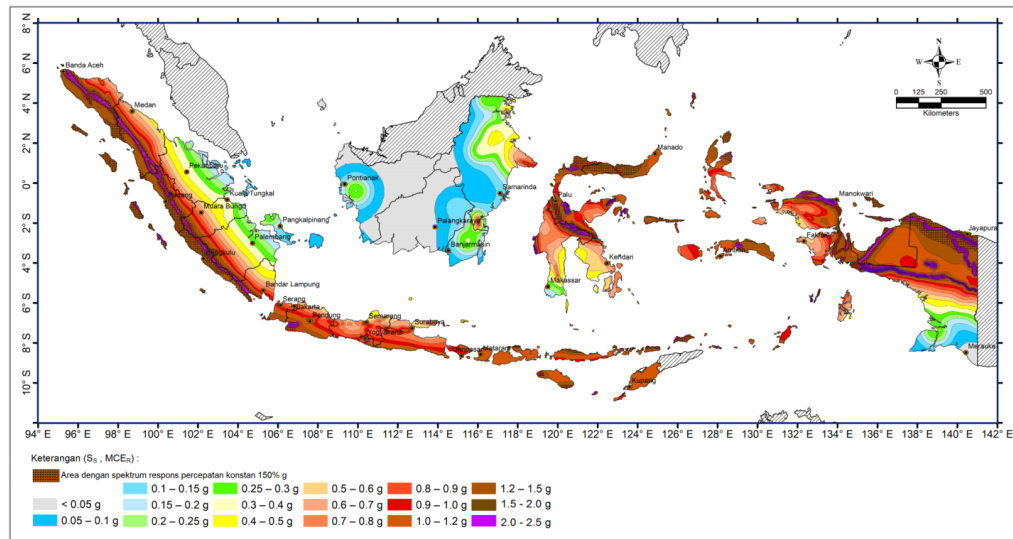
$$S_{MI} = F_v S_I \quad (3.2)$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

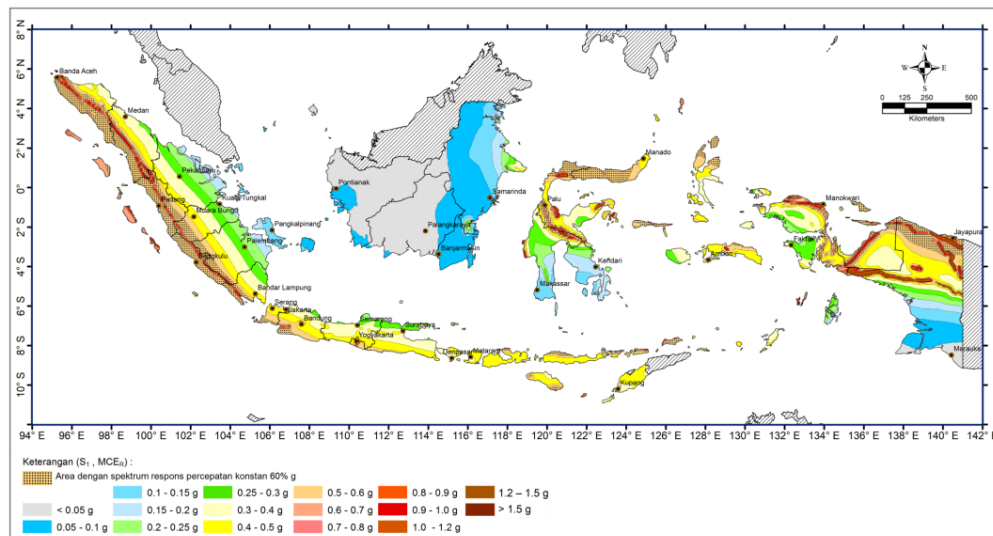
S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode pendek (S_s) dan periode 1,0 detik (S_I) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Parameter S_s , Gempa Maksimum (MCE_r) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 0,2 detik (Rendaman Kritis 5%)

(Sumber: SNI 1726-2019)



Gambar 3. 2 Parameter S_1 , Gempa Maksimum (MCE_r) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 1,0 detik (Rendaman Kritis 5%)

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.5 Parameter Faktor Amplifikasi

Koefisien situs untuk parameter faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait

percepatan mewakili getaran periode 1,0 detik (F_v) mengikuti Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3. 6 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan untuk 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)					

(Sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 3. 7 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan untuk Periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
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
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 ^(a)					

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.6 Parameter Percepatan Spektral Desain

Penentuan parameter percepatan spektral desain dapat melalui perumusan berikut ini.

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{DI} = 2/3 S_{MI} \quad (3.4)$$

Keterangan:

S_{DS} = percepatan respons spektral percepatan desain periode pendek.

S_{D1} = percepatan respons spektral percepatan desain periode 1 detik.

3.6.7 Spektrum Respons Desain

Untuk $T < T_0$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari persamaan berikut.

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

Untuk $T_s \leq T \leq T_0$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a), sama dengan S_{DS} .

Untuk $T_L \leq T < T_s$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari persamaan berikut.

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

Untuk $T > T_L$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari persamaan berikut.

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

Keterangan:

S_{DS} = percepatan respons spektral percepatan desain periode pendek.

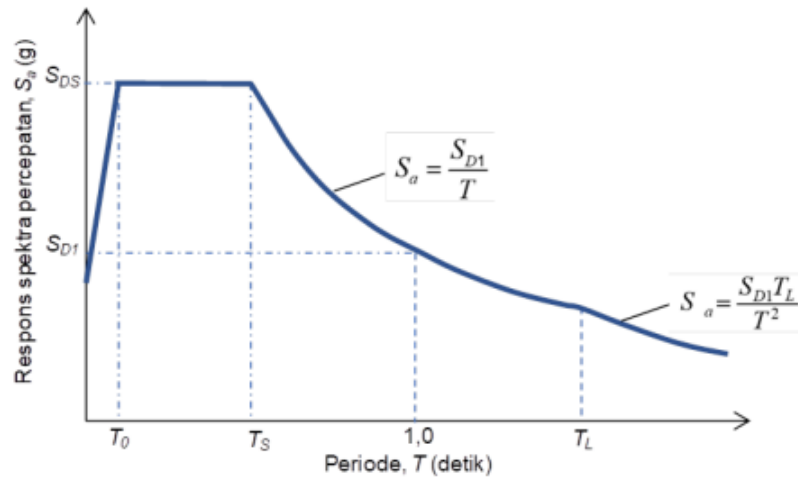
S_{D1} = percepatan respons spektral percepatan desain periode 1 detik.

T = periode getar fundamental struktur

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

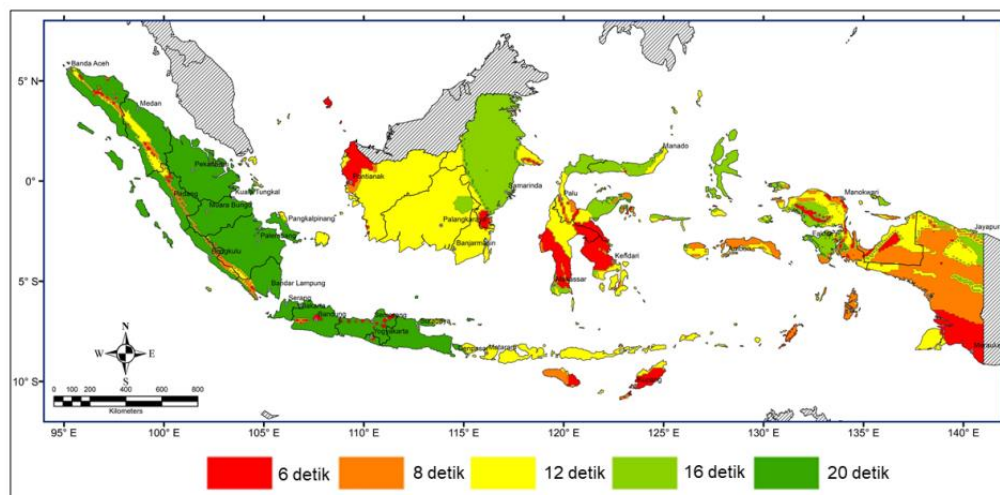
$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

T_L = transisi periode panjang seperti pada Gambar 3.3 yang nilainya diambil dari Gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Spektrum Respons Desain

(Sumber: SNI 1726-2019)



Gambar 3. 4 Parameter Transisi Periode Panjang (T_L) Wilayah Indonesia

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.8 Kategori Desain Seismik

Struktur bangunan harus termasuk dalam kategori desain seismik jika ingin menggunakan alternatif prosedur penyederhanaan desain, yang dapat ditentukan melalui Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 dengan memperhatikan nilai S_{DS} dan S_{D1} yang telah ditetapkan dalam sub bab 3.5.6.

**Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons
Percepatan pada Periode Pendek**

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726-2019)

**Tabel 3. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons
Percepatan pada Periode 1 Detik**

Nilai S_{DI}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.6.9 Sistem Struktur

Setiap sistem struktural yang dipilih harus mematuhi batasan sistem pemikul beban seismik dan batasan ketinggian struktur (h_n), koefisien modifikasi respons (R), Faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan faktor pembesaran simpangan lateral (C_d). Informasi lebih lanjut dapat ditemukan pada Tabel 3.10 seperti yang tercantum di bawah ini.

Tabel 3. 10 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	R^a	Ω_0^b	C_d^c	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem rangka pemikul momen								
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB

Lanjutan Tabel 3.10 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	R^a	Ω_0^b	C_d^c	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4^{1/2}$	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber: SNI 1726-2019)

Catatan:

TB = Tidak Dibatasi

TI = Tidak Diizinkan

3.6.10 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) harus tetap di bawah hasil perkalian antara koefisien batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dengan periode fundamental pendekatan (T_a), yang dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$T_{max} = C_u \times T_a \quad (3.8)$$

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.9)$$

Keterangan:

T_a = periode fundamental pendekatan (detik)

C_t = koefisien periode pendekatan

h_n = ketinggian struktur (m)

Adapun nilai parameter koefisien batas atas (C_u) dan parameter periode pendekatan (C_t) serta (x) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.11 dan Tabel 3.12 sebagai berikut.

Tabel 3. 11 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1 Detik, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 3. 12 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul, rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupkan atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika diberi gaya seismik:		
- Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
- Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.7 Struktur Bangunan Beraturan dan Tidak Beraturan

Oleh karena itu, struktur yang akan direncanakan harus memenuhi standar dan peraturan yang berlaku, serta memiliki kapasitas untuk menanggung semua jenis beban yang akan diterapkan pada struktur gedung tersebut. Dengan demikian, dapat dijamin bahwa struktur bangunan aman secara konstruksi. Beban mati, beban hidup, dan beban gempa adalah tiga jenis beban yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap struktur. pada Tabel 3.13 dan Tabel 3.14.

Tabel 3. 13 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a	Ketidakberaturan Torsi 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 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan 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 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2	Ketidakberaturan Sudut Dalam 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 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekuatan 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 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4	Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus terhadap Bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

	terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.		
--	--	--	--

Lanjutan Tabel 3. 13 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
5	Ketidakberaturan Sistem Non-paralel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

(Sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 3. 14 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 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	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan 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 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2	Ketidakberaturan Berat (Massa) 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	Ketidakberaturan Geometri Vertikal 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	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F

	elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.		
--	---	--	--

Lanjutan Tabel 3. 14 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
5a	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat 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 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat 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 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

(Sumber: SNI 1726-2019)

Pengecualian:

1. Ketidakberaturan pada struktur vertikal Tipe 1a, 1b, atau 2 dalam Tabel 3.14 tidak berlaku kecuali jika terdapat rasio simpangan antar tingkat akibat gaya seismik lateral desain yang melebihi 130% dari rasio simpangan antar tingkat di atasnya. Pada perhitungan simpangan antar tingkat, tidak diperlukan evaluasi terhadap pengaruh torsi, dan hubungan rasio simpangan antar tingkat untuk dua tingkat teratas struktur bangunan tidak perlu dipertimbangkan.
2. Pertimbangan ketidakberaturan pada struktur vertikal Tipe 1a, 1b, dan 2 sesuai Tabel 3.14 tidak diperlukan untuk bangunan satu tingkat dalam semua kategori desain seismik atau bangunan dua tingkat yang dirancang untuk kategori desain seismik B, C, atau D.

3.8 Penentuan Prosedur Analisis

Prosedur analisis yang dipilih harus mematuhi persyaratan yang berlaku berdasarkan kategori desain seismik dan karakteristik khusus dari struktur bangunan tersebut. Persyaratan penentuan prosedur analisis struktur dapat ditemukan pada Tabel 3.15 seperti yang tertera di bawah ini.

Tabel 3. 15 Prosedur Analisis yang Diizinkan

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	Analisis Spektrum Respons Ragam	Prosedur 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 diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_s$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak 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

(Sumber: SNI 1726-2019)

Catatan:

I = Diizinkan

TI = Tidak Diizinkan

3.9 Kombinasi Pembebanan

Desain struktur bangunan harus mematuhi kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam peraturan SNI 1726-2019. Kekuatan rencana struktur harus setara atau lebih besar dari pengaruh yang ditimbulkan oleh berbagai kombinasi beban, sebagaimana diuraikan dalam berbagai kombinasi pembebanan berikut.

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. $(1,2 + 0,2S_{DS}) D + 1,0L \pm 1,0EQ_x \pm 0,3EQ_y$
4. $(1,2 + 0,2S_{DS}) D + 1,0L \pm 0,3EQ_x \pm 1,0EQ_y$
5. $(0,9 - 0,2S_{DS}) D \pm 1,0EQ_x \pm 0,3EQ_y$
6. $(0,9 - 0,2S_{DS}) D \pm 0,3EQ_x \pm 1,0EQ_y$

Keterangan:

D = beban mati yang terjadi akibat berat konstruksi dan lain-lainnya yang bersifat permanen atau tetap.

L = beban hidup yang terjadi akibat pengguna atau penghuni bangunan.

L_r = beban hidup pada atap yang terjadi selama proses perawatan oleh pekerja bangunan, material, dan peralatan atau selama penggunaan biasa dan benda bergerak.

E = beban gempa yang dibekerja pada bangunan

EQ_x = beban gempa arah X

EQ_y = beban gempa arah Y

3.10 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik (V) adalah gaya lateral ekuivalen yang timbul akibat gaya gempa dan diterima oleh struktur bangunan. Penentuan gaya geser dasar seismik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V = C_s \times W \quad (3.10)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respon seismik

W = berat sismik gedung efektif

Koefisien respon sismik (C_s) dapat diambil dari persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.11)$$

Keterangan:

S_{DS} = percepatan respon spektral desain dalam rentang periode pendek

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Adapun nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan (3.11) tidak perlu melebihi hasil berikut ini.

$$\text{- Untuk } T \leq T_L, \text{ maka } C_s = \frac{S_{DI}}{I\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$

$$\text{- Untuk } T \geq T_L, \text{ maka } C_s = \frac{S_{DI}T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

$$\text{- Tidak kurang dari, } C_s = 0,0044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (3.14)$$

$$\text{- } S_I \geq 0,6g, \text{ maka tidak kurang dari } C_s = \frac{0,5S_I}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.15)$$

Keterangan:

S_{DI} = percepatan respon spektral desain dalam rentang periode 1,0 detik

T = periode fundamental struktur

S_I = respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

3.11 Penentuan Penskalaan Gaya

Sebagaimana diuraikan dalam pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726-2019, jika hasil analisis menunjukkan bahwa periode fundamental struktur lebih besar dari $C_u T_a$ pada suatu arah tertentu, maka nilai periode fundamental struktur (T) harus disetel sebesar $C_u T_a$. Apabila hasil kombinasi respons untuk gaya geser dasar (V_t) dari analisis ragam lebih rendah dari 100% dari gaya geser dasar (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor V/V_t . Di sini, V merupakan gaya geser dasar statik ekuivalen, dan V_t merupakan gaya geser dasar yang diperoleh dari hasil analisis kombinasi ragam.

3.12 Simpangan Antar Lantai (*Drift Ratio*)

Dalam struktur bangunan, penting untuk memiliki tingkat kekakuan yang memadai guna membatasi pergerakan berlebihan. Tingkat kekakuan dapat diukur melalui besarnya simpangan antar lantai (*drift*) bangunan. Semakin kecil simpangan yang terjadi, semakin kokoh dan aman struktur bangunan tersebut. Pada simpangan antar lantai (*drift*) bangunan harus ditentukan berdasarkan pada SNI 1726-2019 pasal 7.8.6, dengan persamaan sebagai berikut.

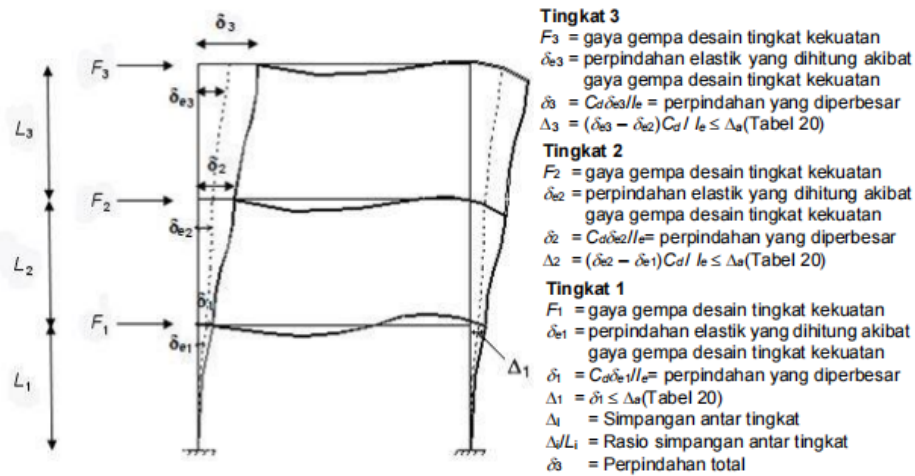
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a \quad (3.16)$$

Keterangan:

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

I_e = faktor keutamaan gempa



Gambar 3. 5 Penentuan Nilai Simpangan Antar Lantai

(Sumber: SNI 1726-2019)

Adapun simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.16 untuk semua tingkat berikut ini.

Tabel 3. 16 Simpangan Antar Tingkat (Δ_a)

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 dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.13 Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur bangunan ditentukan oleh simpangan antar lantai yang diakibatkan oleh dampak dari gempa rencana. Artinya, pembatasan simpangan lateral (*drift*) antar lantai pada arah X atau arah Y (Δ_i) tidak boleh

melampaui simpangan lateral (*drift*) antar lantai yang diizinkan pada arah X atau arah Y (Δi_{izin})

$$\Delta i \leq \Delta i_{izin} \quad (3.17)$$

$$\Delta i_{izin} = (0,03/R) \times \Delta H \quad (3.18)$$

Keterangan:

Δi = simpangan lateral (*drift*) antar tingkat pada arah X/Y

Δi_{izin} = simpangan lateral (*drift*) antar tingkat izin pada arah X/Y

R = koefisien modifikasi respon sistem struktur tinjauan arah X/Y

ΔH = tinggi tingkat

3.14 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur ditentukan oleh simpangan maksimum antar lantai pada struktur gedung, yang menandakan batas di mana struktur berisiko mengalami keruntuhan yang dapat mengancam nyawa. Simpangan antar lantai dihitung dari perpindahan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, yang kemudian dikalikan dengan suatu faktor pengali, ξ .

1. Struktur gedung beraturan

$$\xi = 0,7R \quad (3.19)$$

2. Struktur gedung tidak beraturan

$$\xi = \frac{0,7R}{FS} \quad (3.20)$$

Keterangan:

R = faktor reduksi gempa

FS = faktor skala, $\frac{V}{V_i} \geq 1$

Tidak boleh lebih dari simpangan izinnya, simpangan izinnya dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$(\xi \times \Delta_i) \leq (0,02 \times \Delta H) \quad (3.21)$$

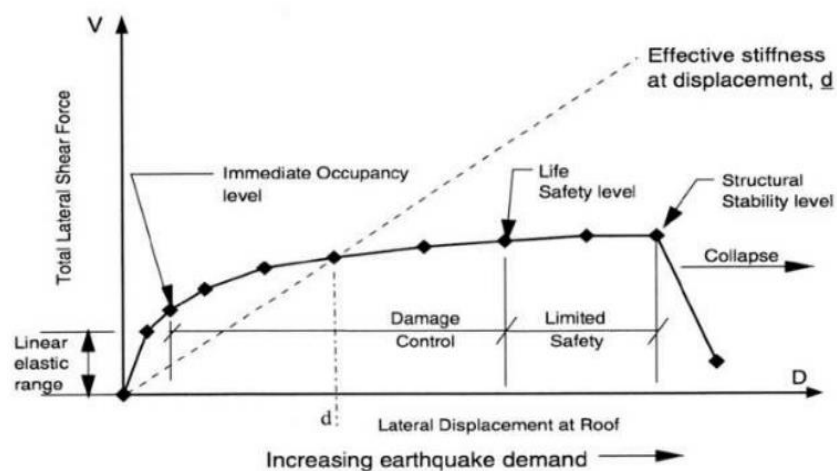
Keterangan:

Δ_i = simpangan lateral (*drift*) antar tingkat pada arah X/Y

ΔH = tinggi antar tingkat

3.15 Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40

Applied Technology Council-40 (ATC-40) mengelompokkan tingkatan kinerja struktur (*performance level*) berdasarkan nilai maksimum dari total simpangan pada lantai atap terhadap tinggi total struktur. Adapun kinerja struktur gedung menurut ATC-40 dapat dibagi menjadi kategori sebagai berikut.



Gambar 3. 6 Kurva Kapasitas

(Sumber: *Applied Technology Council-40*, 1996)

Tabel 3. 17 Batasan *Drift Ratio* Menurut ATC-40

Parameter	Performance Level			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Maks. Total <i>Drift Ratio</i>	0,01	0,01 - 0,02	0,02	0,33
Maks. Inelastik <i>Drift Ratio</i>	0,005	0,005 - 0,015	no limit	no limit

(Sumber: *Applied Technology Council-40*, 1996)

Tabel 3. 18 Level Kinerja Struktur Menurut ATC-40

Level Kinerja	Kondisi Struktur
<i>Immediate Occupancy, SP-1</i>	Apabila terjadi gempa, dampak kerusakan struktural sangat minim. Sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada bangunan tetap mempertahankan karakteristik dan kapasitasnya seperti sebelum terjadinya gempa. Oleh karena itu, bangunan tetap aman dan dapat langsung digunakan tanpa perlu perbaikan yang signifikan.
<i>Damage Control, SP-2</i>	Rentang antara SP-1 dan SP-3. Pada level ini, pemodelan bangunan baru memperhitungkan beban gempa yang direncanakan dengan peluang melebihi nilai beban gempa yang diantisipasi selama rentang umur gedung 50 tahun sebesar 10%.
<i>Life Safety, SP-3</i>	Jika terjadi gempa, struktur mengalami kerusakan yang cukup signifikan, namun masih mampu bertahan. Bagian utama dari struktur tidak mengalami keruntuhan. Meskipun memerlukan perbaikan, bangunan dapat digunakan kembali, adapun perbaikan tersebut memerlukan biaya yang substansial.
<i>Limited Safety, SP-4</i>	Bangunan berada dalam kondisi yang kurang optimal, yaitu kisaran kondisi kerusakan pasca gempa yang lebih rendah dari SP-3 dan lebih baik dari SP-5. Juga ketika efektivitas pada level <i>life safety</i> tidak maksimal atau ketika hanya beberapa kerusakan struktur kritis yang dapat diperbaiki.
<i>Structural Stability, SP-5</i>	Pada level ini, bangunan telah mengalami kerusakan parah. Terdapat kerusakan baik pada elemen struktural maupun nonstruktural. Kemampuan struktur untuk menahan gaya lateral menurun akibat kerusakan yang signifikan.
<i>Not Considered, SP-6</i>	Dalam level ini, struktur sudah mencapai keadaan <i>collapse</i> , sehingga hanya bisa dievaluasi secara seismik dan tidak dapat digunakan lagi.

(Sumber: *Applied Technology Council-40*, 1996)

BAB IV

METODE PENELITIAN

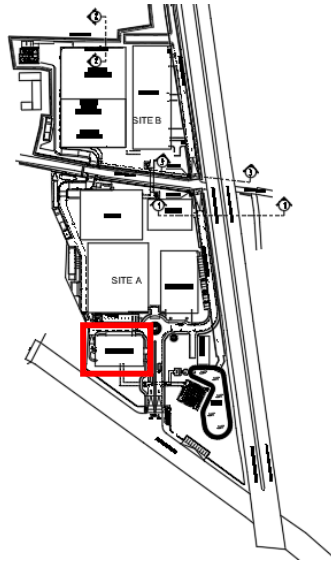
4.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini yaitu evaluasi kinerja seismik bangunan gedung bertingkat dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum yang dibantu dengan *software* SAP2000. Analisis akan dilakukan dengan pemodelan struktur portal terbuka secara tiga dimensi dimulai dari kolom, balok, pelat lantai, pelat atap serta komponen struktur lainnya dengan bantuan *software*. Setelah itu, akan didapat hasil analisis struktur berupa perpindahan (*displacement*), simpangan (*drift*), gaya geser dasar (*base shear*). Kemudian dari *drift* tersebut dapat diketahui kinerja struktur berupa kinerja batas layan, batas ultimit, dan juga level kinerja struktur menurut ATC-40.



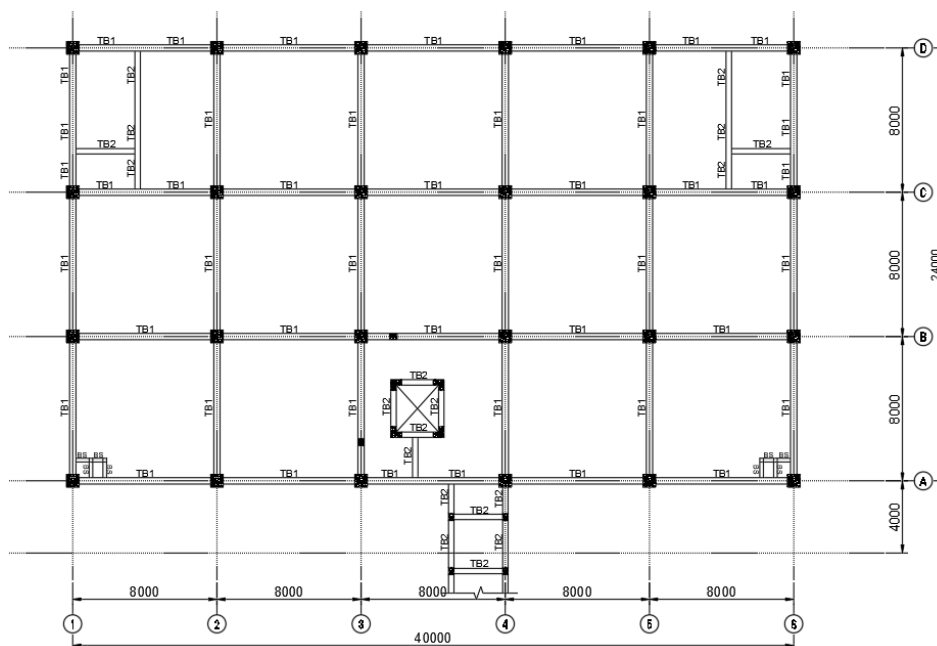
Gambar 4. 1 Visual Desain 3D Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang

(Sumber: Data Dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung UKM, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang 2021)



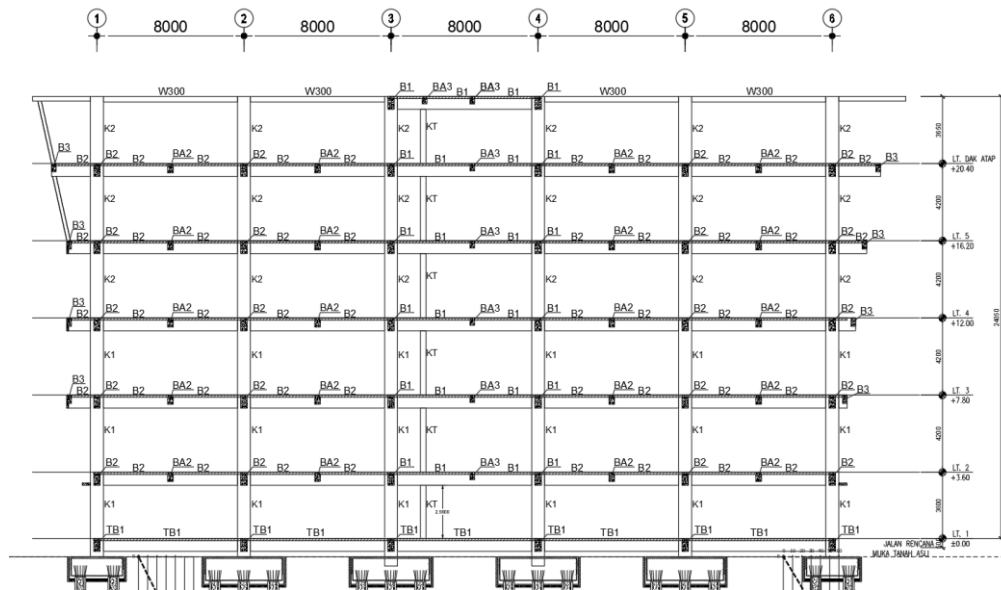
Gambar 4. 2 Denah Site Plan Proyek Pembangunan

(Sumber: Data Dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung UKM, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang, 2021)



Gambar 4. 3 Denah Tipikal Struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang

(Sumber: Data Detail Engineering Design, 2021)



Gambar 4. 4 Denah Portal *Open Frame* Struktur Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang
(Sumber: Data *Detail Engineering Design*, 2021)

4.2 Lokasi Objek Penelitian

Lokasi Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum pada penelitian tugas akhir ini di Jl. Soekarno Hatta, Siwalan, Kec. Gayamsari, Kota Semarang, Jawa Tengah. Dengan luas bangunan sebesar 4864,922 m².



Gambar 4. 5 Lokasi Proyek Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang
(Sumber: *Google Earth Pro*, 2023)

Studi kasus yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang menggunakan struktur beton bertulang dengan jumlah lantai yaitu 6 lantai termasuk dak atap.

4.3 Data Struktur Bangunan

Data teknik proyek Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum adalah sebagai berikut.

1. Mutu Beton

- a. $f'c$ = 30 MPa
- b. Berat jenis beton = 2,4 ton/m³
- c. Modulus elastisitas beton (E_c) = $4700 \times \sqrt{f'c} = 25742,9602$ MPa

2. Mutu baja tulangan

- a. Baja tulangan yang berdiameter ≥ 10 mm digunakan jenis baja tulangan berulir dengan kekuatan leleh sebesar 420 MPa.
- b. Baja tulangan yang berdiameter < 10 mm digunakan jenis baja tulangan polos dengan kekuatan leleh sebesar 280 MPa.

3. Dimensi elemen struktur

a. Kolom

Adapun tipe dan dimensi kolom seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Tipe dan Dimensi Kolom

No.	Tipe	Dimensi (mm)
1	K1a	700 x 700
2	K1	700 x 700
3	K2	700 x 700
4	K4	300 x 400
5	KL	300 x 600

(Sumber: Data *Detail Engineering Design*, 2021)

b. Balok

Adapun tipe dan dimensi balok seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Tipe dan Dimensi Balok

No.	Tipe	Dimensi (mm)
1	TB1	350 x 700
2	TB2	300 x 500
3	B1	350 x 700
4	B2	250 x 450
5	B3	200 x 300
6	BA1	350 x 600
7	BA2	300 x 500
8	BA3	250 x 400
9	BS (<i>shaft</i>)	200 x 300

(Sumber: Data *Detail Engineering Design*, 2021)

c. Pelat

Adapun tipe dan tebal pelat seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4. 3 Tipe dan Tebal Pelat

No.	Tipe	Tebal (mm)
1	Sa	130
2	Sb	150
3	Sc	120

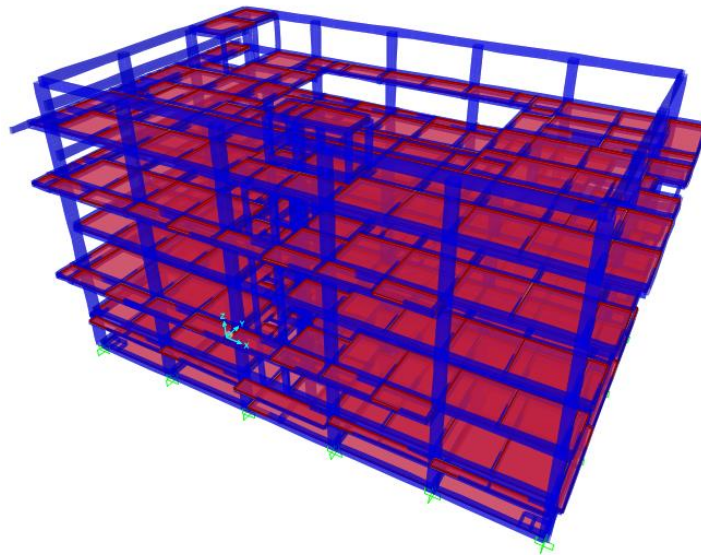
(Sumber: Data *Detail Engineering Design*, 2021)

4.4 Perangkat Lunak (*Software*) yang digunakan

Dalam penelitian untuk tugas akhir ini, penulis memanfaatkan sejumlah program komputer atau perangkat lunak untuk memfasilitasi analisis. Berikut beberapa perangkat lunak yang digunakan.

1. SAP2000, *software* ini berfungsi sebagai alat untuk pembuatan atau perubahan model secara 2D maupun 3D, melakukan analisis, dan mengoptimalkan desain. Adapun *output* berupa tampilan grafis yang meliputi gaya-gaya elemen seperti

perpindahan (*displacement*), simpangan (*drift*), gaya geser dasar (*base shear*) sebagai bahan pembahasan pada tugas akhir ini.



Gambar 4. 6 Pemodelan Struktur 3D

2. *Microsoft Excel 2019, software* ini berperan sebagai alat untuk mengkalkulasi pembebanan struktur, melakukan analisis statik ekuivalen, dan mengevaluasi *output* dari *software* SAP2000
3. *Autocad 2021, software* ini berfungsi sebagai alat untuk menggambar denah struktur bangunan gedung tersebut.

4.5 Tahapan Tugas Akhir

Tahapan dalam pengejaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang diambil untuk mendukung penelitian tugas akhir ini yaitu mengacu dari tugas akhir, jurnal, serta buku yang berhubungan dengan analisis dinamik metode respon spektrum. Adapun acuan peraturan dan standar dalam tinjauan pustaka ini adalah SNI 1726-2019 tentang tahapan perencanaan bangunan tahan gempa, SNI 1727-2020 tentang perencanaan pembebanan bangunan, serta *applied technology council-40* (ATC-40) sebagai standar kriteria untuk mengevaluasi tingkatan kinerja struktur bangunan (*performance level*).

2. Pengumpulan data

Data-data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu data yang diperoleh mencakup data mengenai struktur dan arsitektur sesuai *detail engineering design* dari gedung tersebut.

3. Perhitungan pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan dalam penelitian ini terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

4. Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000.

5. *Input* pembebanan

Dari hasil pemodelan 3D, kemudian dilakukan penginputan beban yang telah diperhitungkan ke dalam pemodelan 3D *software* SAP2000.

6. Kontrol berat struktur

Melakukan kontrol berat struktur guna menentukan keselarasan struktur berdasarkan total berat model struktur 3D dengan beban rencana yang telah diperhitungkan.

7. Analisis struktur dengan metode respon spektrum

Analisis yang digunakan untuk mengetahui perilaku struktur mengacu pada peraturan SNI 1726-2019 yaitu analisis dinamik metode respon spektrum.

8. Pengecekan periode getar alami, ketidakberaturan struktur, gaya geser dasar, dan partisipasi massa struktur sebesar 100%.

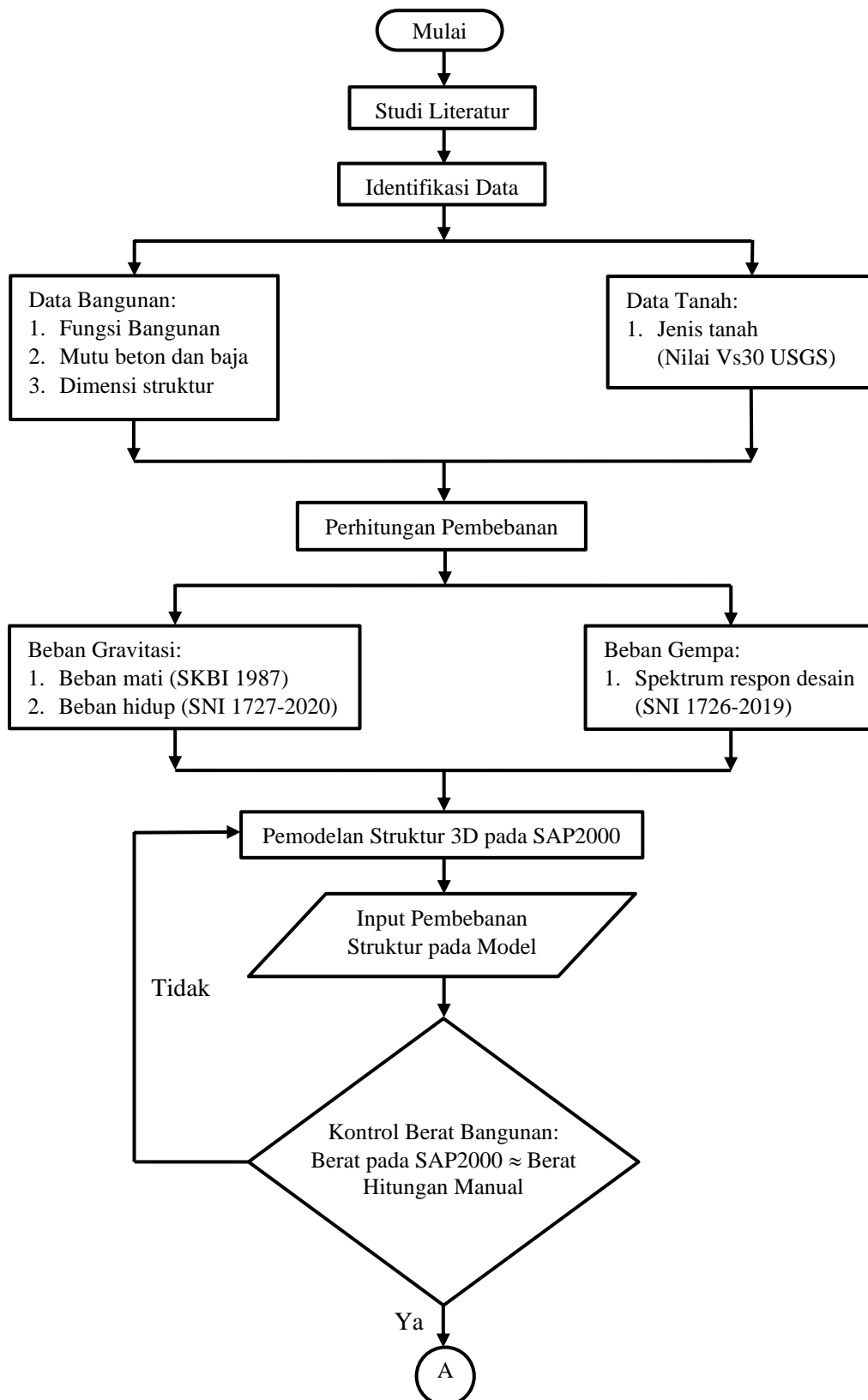
9. Pengolahan data dan evaluasi kinerja struktur

Berdasarkan hasil *output* analisis yang telah dilakukan berupa gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), dan simpangan (*drift*) yang kemudian dievaluasi kinerja strukturnya berdasarkan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit serta *performance level* sesuai ATC-40.

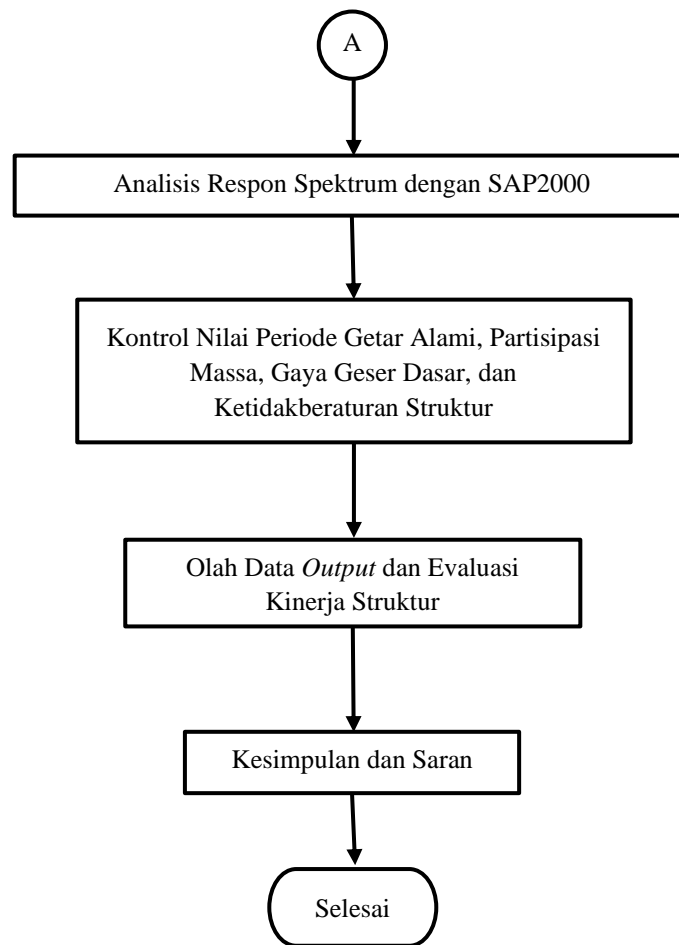
10. Kesimpulan dan saran berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Rangkaian proses penelitian untuk tugas akhir secara umum dapat dijelaskan melalui bagan alir seperti yang terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4. 7 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Struktur

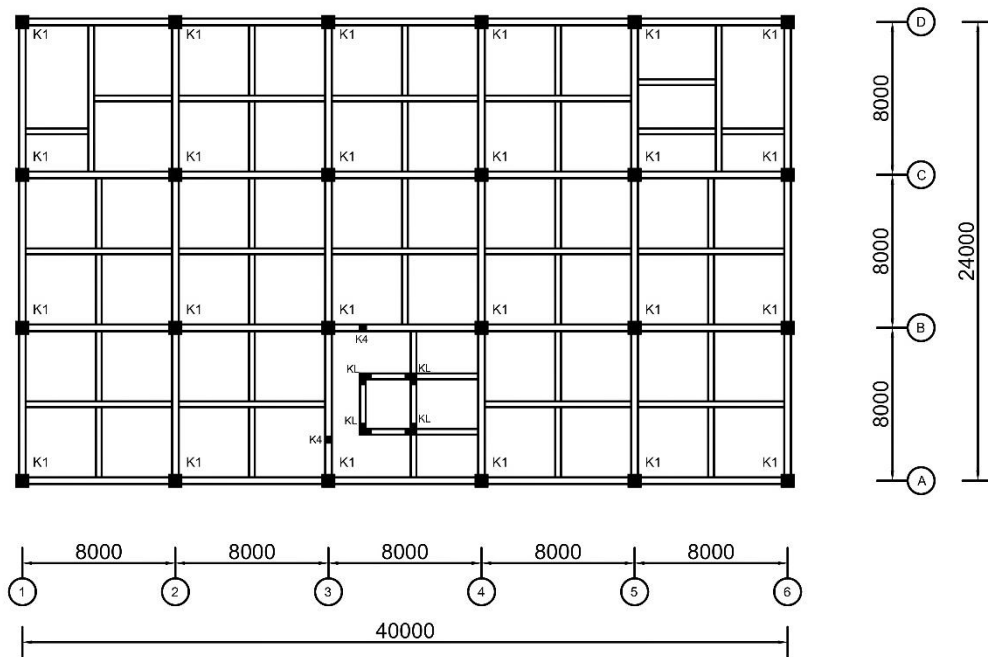
Data bangunan yang digunakan berdasarkan pada gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 1 Data Struktur Bangunan

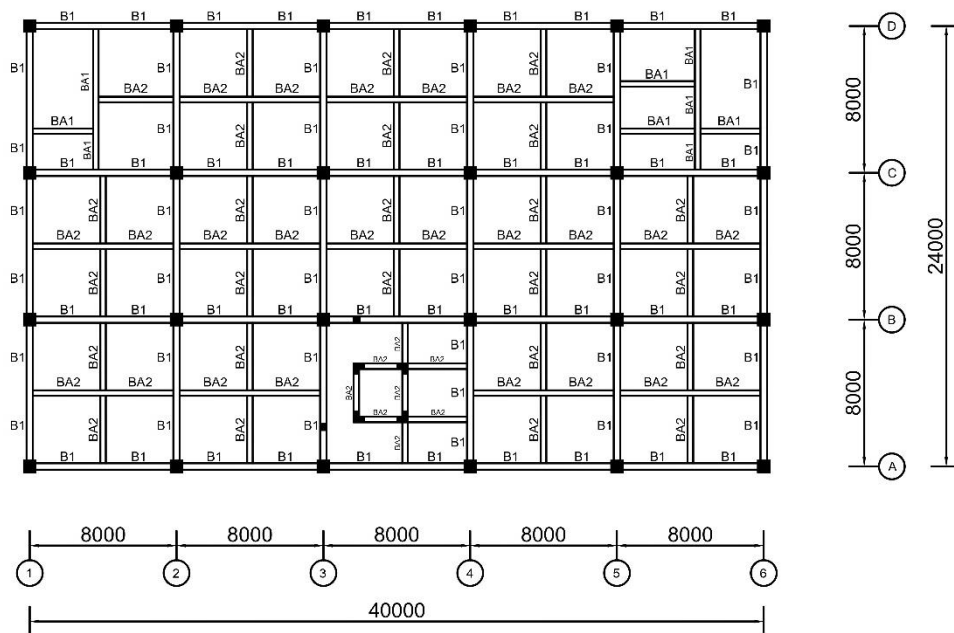
No.	Data Bangunan	
1	Fungsi Gedung	Perkantoran
2	Tinggi Gedung	24,05 m
3	Jenis Struktur	Beton Bertulang
4	Sistem Struktur	SRPMK
5	Jenis Tanah	Tanah Sedang (nilai Vs30 USGS)*
6	Mutu Beton	30 MPa
7	Mutu Baja ≥ 10 mm	420 MPa
8	Mutu Baja < 10 mm	280 MPa

Tabel 5. 2 Elevasi Setiap Lantai

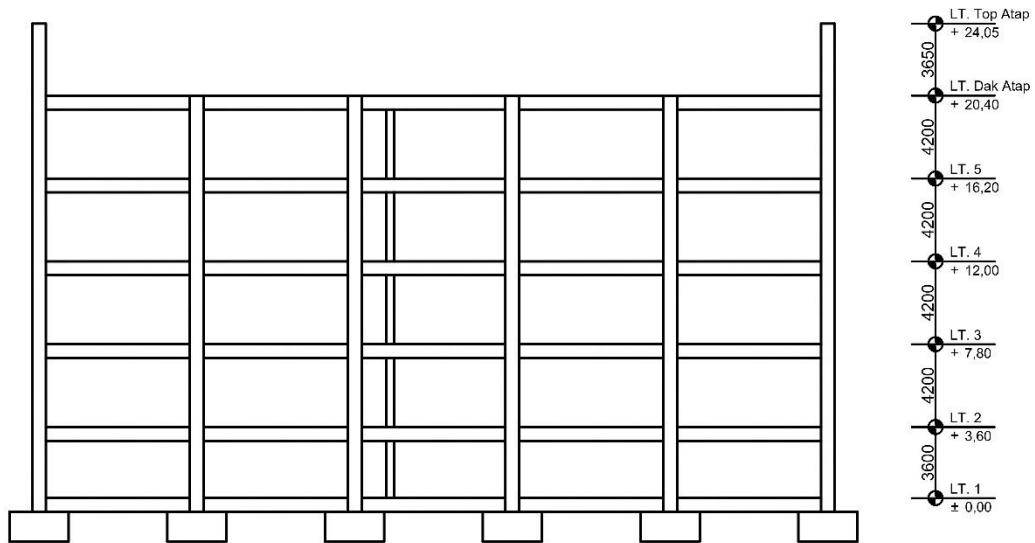
No.	Lantai	Tinggi Lantai (m)
1	Lantai 1	3,6
2	Lantai 2	4,2
3	Lantai 3	4,2
4	Lantai 4	4,2
5	Lantai 5	4,2
6	Dak Atap	3,65



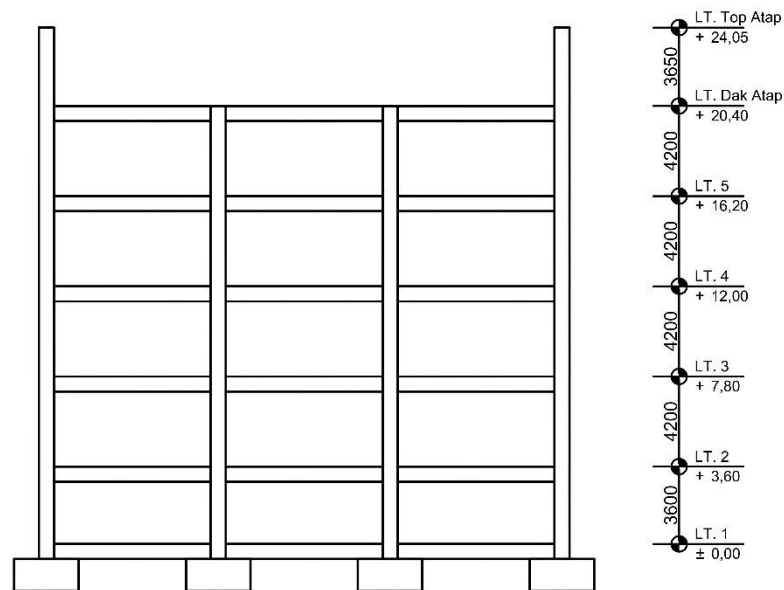
Gambar 5. 1 Denah Tipikal Kolom Setiap Lantai



Gambar 5. 2 Denah Tipikal Balok Setiap Lantai

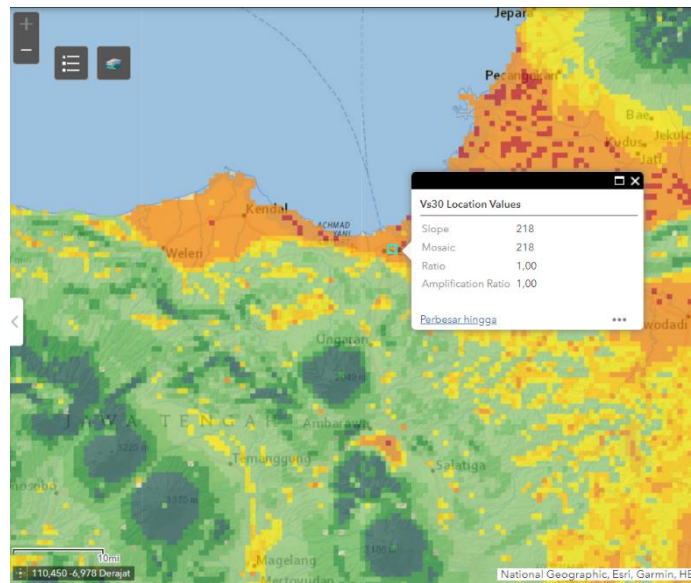


Gambar 5. 3 Denah 2D Portal *Open Frame* AS-B Sumbu X



Gambar 5. 4 Denah 2D Portal *Open Frame* AS-2 Sumbu Y

Adapun hasil penentuan klasifikasi jenis tanah berdasarkan nilai V_{s30} dari USGS dengan lokasi yang telah disesuaikan dapat dilihat pada Gambar 5.5. Berdasarkan Gambar 5.5 diperoleh nilai V_{s30} sebesar 218 m/s. Nilai tersebut berada pada rentang 175 m/s sampai 350 m/s, yang dimana rentang tersebut termasuk dalam jenis tanah sedang.



Gambar 5. 5 Jenis Tanah Berdasarkan USGS Vs30

5.2 Pembebanan Struktur

Dalam analisis ini dilakukan perhitungan beban-beban yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang kemudian di *input*-kan pada bangunan utama struktur gedung.

5.2.1 Beban Mati

Dalam perhitungan beban mati terdiri dari dua yaitu beban mati oleh struktur sendiri dan beban mati tambahan. Pada proses melakukan *input* beban mati, beban yang di *input* hanya beban mati tambahan dikarenakan beban mati oleh struktur sendiri pada pemodelan SAP2000 telah memperhitungkan berat struktur sendiri secara otomatis.

1. Kolom

Adapun contoh perhitungan berat struktur kolom K1 (0,7 m x 0,7 m) pada lantai 2 sebagai berikut.

Tinggi lantai = 4,2 m

Jumlah kolom = 24 buah

Volume = Dimensi x Panjang x Jumlah

= (0,7 x 0,7) x 4,2 x 24

= 49,392 m³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat} &= \text{Volume} \times \text{Berat jenis} \\
 &= 49,392 \times 24 \\
 &= 1145,408 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan berat struktur kolom dapat disajikan dalam rekapitulasi, berikut rinciannya terdapat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Berat Struktur Kolom

Lantai	Tipe	Jumlah	Volume (m ³)	Berat (kN)
Dak Atap	K2	16	28,616	686,784
	K4	6	2,628	63,072
	KL	4	3,942	94,608
Lantai 5	K2	22	45,276	1086,624
	K4	2	1,008	24,192
	KL	4	4,536	108,864
Lantai 4	K2	24	49,392	1185,408
	K4	2	1,008	24,192
	KL	4	4,536	108,864
Lantai 3	K1	24	49,392	1185,408
	K4	2	1,008	24,192
	KL	4	4,536	108,864
Lantai 2	K1	24	49,392	1185,408
	K4	2	1,008	24,192
	KL	4	4,536	108,864
Lantai 1	K1a	24	54,096	1298,304
	K4	2	1,104	26,496
	KL	4	4,968	119,232
Total (kN)				7463,568

2. Balok

Berikut ini contoh perhitungan berat struktur balok B1 (0,35 m x 0,7 m) pada lantai 2.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Bersih} &= \text{Panjang Balok} - \frac{1}{2} \text{ Kolom Kanan} - \frac{1}{2} \text{ Kolom Kiri} \\
 &= 8 - (0,5 \times 0,7) - (0,5 \times 0,7) \\
 &= 7,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah} = 38 \text{ buah}$$

Volume = Dimensi x Panjang x Jumlah

$$= (0,3 \times 0,7) \times 7,3 \times 38$$

$$= 67,963 \text{ m}^3$$

Berat = Volume x Berat Jenis

$$= 67,963 \times 24$$

$$= 1631,112 \text{ kN}$$

Dengan merujuk pada contoh perhitungan di atas, informasi lebih lanjut dapat dilihat dalam Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Berat Struktur Balok

Elevasi	Tipe	B	H	L	Jumlah	Volume (m ³)	Berat (kN)
Top +24,05 m	B1	0,35	0,7	7,70	1	1,887	45,276
		0,35	0,7	7,30	16	28,616	686,784
		0,35	0,7	3,08	2	1,507	36,162
	BA2	0,3	0,5	3,20	2	0,960	23,040
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	2,60	1	0,390	9,360
	BA3	0,3	0,5	3,23	1	0,484	11,610
BA3	0,25	0,4	2,55	1	0,255	6,120	
Elevasi +22,178 m	B1	0,35	0,7	7,30	3	5,366	128,772
Elevasi +21,00 m	BA2	0,3	0,5	3,20	2	0,960	23,040
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	2,60	1	0,390	9,360
	BA3	0,25	0,4	2,55	1	0,255	6,120
Dak Atap +20,40 m	B1	0,35	0,7	7,30	31	55,444	1330,644
		0,35	0,7	2,23	6	3,271	78,498
		0,35	0,7	2,12	8	4,154	99,701
	B2	0,25	0,45	7,65	5	4,303	103,275
		0,25	0,45	2,53	2	0,568	13,635
		0,25	0,45	2,00	1	0,225	5,400
		0,25	0,45	1,52	2	0,342	8,213
	BA1	0,35	0,6	7,65	3	4,820	115,668
		0,35	0,6	3,25	2	1,365	32,760
		0,35	0,6	4,05	2	1,701	40,824
		0,35	0,6	3,65	2	1,533	36,792

Lanjutan Tabel 5. 4 Rekapitulasi Berat Struktur Balok

Elevasi	Tipe	B	H	L	Jumlah	Volume (m ³)	Berat (kN)
Dak Atap +20,40 m	BA2	0,3	0,5	7,65	11	12,623	302,940
		0,3	0,5	3,68	10	5,513	132,300
		0,3	0,5	2,10	14	4,410	105,840
		0,3	0,5	5,25	4	3,150	75,600
		0,3	0,5	4,05	1	0,608	14,580
		0,3	0,5	3,25	1	0,488	11,700
		0,3	0,5	3,23	2	0,968	23,220
		0,3	0,5	2,22	2	0,665	15,948
		0,3	0,5	1,48	2	0,443	10,620
		0,3	0,5	2,24	2	0,671	16,092
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
		0,3	0,5	2,25	4	1,352	32,439
	0,3	0,5	2,29	14	4,818	115,643	
	BS	0,2	0,3	3,68	2	0,441	10,584
		0,2	0,3	0,70	1	0,042	1,008
		0,2	0,3	0,58	1	0,035	0,828
		0,2	0,3	1,28	4	0,306	7,344
		0,2	0,3	1,20	2	0,144	3,456
0,2		0,3	1,24	1	0,074	1,782	
0,2	0,3	1,15	2	0,138	3,312		
Elevasi +18,19 m	B1	0,35	0,7	7,30	3	5,366	128,772
Lantai 5 +16,20 m	B1	0,35	0,7	7,30	38	67,963	1631,112
		0,35	0,7	1,35	14	4,631	111,132
		0,35	0,7	1,53	4	1,495	35,868
	B2	0,25	0,45	7,65	13	11,188	268,515
		0,25	0,45	1,28	2	0,287	6,885
		0,25	0,45	1,53	2	0,343	8,235
		0,25	0,45	2,00	1	0,225	5,400
		0,25	0,45	2,53	2	0,568	13,635
	BA1	0,35	0,6	7,65	2	3,213	77,112
		0,35	0,6	3,25	2	1,365	32,760
		0,35	0,6	4,05	2	1,701	40,824
	BA2	0,3	0,5	7,65	12	13,770	330,480
		0,3	0,5	3,68	24	13,230	317,520
		0,3	0,5	4,05	1	0,608	14,580
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
0,3		0,5	1,75	2	0,525	12,600	

Lanjutan Tabel 5. 4 Rekapitulasi Berat Struktur Balok

Elevasi	Tipe	B	H	L	Jumlah	Volume (m ³)	Berat (kN)
Lantai 5 +16,20 m	BA2	0,3	0,5	3,23	2	0,968	23,220
		0,3	0,5	2,24	1	0,335	8,046
		0,3	0,5	2,22	1	0,332	7,974
		0,3	0,5	1,28	8	1,530	36,720
		0,3	0,5	1,70	4	1,019	24,458
		0,3	0,5	1,53	14	3,203	76,860
	BB	0,25	0,4	7,30	1	0,730	17,520
	BS	0,2	0,3	3,68	3	0,662	15,876
		0,2	0,3	1,20	2	0,144	3,456
		0,2	0,3	1,10	1	0,066	1,584
		0,2	0,3	1,63	1	0,098	2,340
		0,2	0,3	2,23	1	0,134	3,204
0,2		0,3	0,65	1	0,039	0,936	
Lantai 4 +12,00 m	B1	0,35	0,7	7,30	38	67,963	1631,112
		0,35	0,7	0,92	4	0,901	21,622
	B2	0,25	0,45	7,65	2	1,721	41,310
		0,25	0,45	2,00	1	0,225	5,400
		0,25	0,45	2,53	2	0,568	13,635
	BA1	0,35	0,6	7,65	2	3,213	77,112
		0,35	0,6	3,25	2	1,365	32,760
		0,35	0,6	4,05	2	1,701	40,824
	BA2	0,3	0,5	7,65	12	13,770	330,480
		0,3	0,5	3,68	24	13,230	317,520
		0,3	0,5	4,05	1	0,608	14,580
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
		0,3	0,5	3,23	2	0,968	23,220
		0,3	0,5	2,24	1	0,335	8,046
		0,3	0,5	2,22	1	0,332	7,974
		0,3	0,5	0,84	4	0,507	12,158
	BB	0,25	0,4	7,30	2	1,460	35,040
	BS	0,2	0,3	3,68	6	1,323	31,752
		0,2	0,3	1,20	2	0,144	3,456
		0,2	0,3	0,64	1	0,038	0,918
0,2		0,3	1,10	1	0,066	1,584	
0,2		0,3	1,01	2	0,122	2,916	
0,2		0,3	1,63	1	0,098	2,340	
0,2		0,3	2,23	1	0,134	3,204	
0,2		0,3	0,65	1	0,039	0,936	

Lanjutan Tabel 5. 4 Rekapitulasi Berat Struktur Balok

Elevasi	Tipe	B	H	L	Jumlah	Volume (m ³)	Berat (kN)
Lantai 3 +7,80 m	B1	0,35	0,7	7,30	38	67,963	1631,112
		0,35	0,7	1,35	10	3,308	79,380
		0,35	0,7	1,30	4	1,274	30,576
		0,35	0,7	0,42	4	0,407	9,763
	B2	0,25	0,45	7,65	13	11,188	268,515
		0,25	0,45	2,53	2	0,568	13,635
		0,25	0,45	2,00	1	0,225	5,400
		0,25	0,45	1,28	2	0,287	6,885
		0,25	0,45	1,53	2	0,343	8,235
	BA1	0,35	0,6	7,65	2	3,213	77,112
		0,35	0,6	3,25	2	1,365	32,760
		0,35	0,6	4,05	2	1,701	40,824
	BA2	0,3	0,5	7,65	12	13,770	330,480
		0,3	0,5	3,68	24	13,230	317,520
		0,3	0,5	4,05	1	0,608	14,580
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
		0,3	0,5	3,23	2	0,968	23,220
		0,3	0,5	2,24	1	0,335	8,046
		0,3	0,5	2,22	1	0,332	7,974
		0,3	0,5	0,59	4	0,354	8,497
		0,3	0,5	1,53	8	1,830	43,920
	0,3	0,5	1,46	3	0,659	15,820	
	BB	0,25	0,4	7,30	2	1,460	35,040
	BS	0,2	0,3	3,68	6	1,323	31,752
		0,2	0,3	1,20	2	0,144	3,456
		0,2	0,3	0,64	1	0,038	0,918
0,2		0,3	1,10	1	0,066	1,584	
0,2		0,3	1,01	2	0,122	2,916	
0,2		0,3	1,63	1	0,098	2,340	
0,2		0,3	2,23	1	0,134	3,204	
0,2		0,3	0,65	1	0,039	0,936	
Lantai 2 +3,60 m	B1	0,35	0,7	7,30	38	67,963	1631,112
	BA1	0,35	0,6	7,65	2	3,213	77,112
		0,35	0,6	3,25	2	1,365	32,760
		0,35	0,6	4,05	2	1,701	40,824
	BA2	0,3	0,5	7,65	24	27,540	660,960
		0,3	0,5	4,05	1	0,608	14,580

Lanjutan Tabel 5. 4 Rekapitulasi Berat Struktur Balok

Elevasi	Tipe	B	H	L	Jumlah	Volume (m ³)	Berat (kN)
Lantai 2 +3,60 m	BA2	0,3	0,5	2,24	1	0,335	8,046
		0,3	0,5	2,22	1	0,332	7,974
		0,3	0,5	3,23	2	0,968	23,220
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
	BB	0,25	0,4	7,30	2	1,460	35,040
	BS	0,2	0,3	3,68	6	1,323	31,752
		0,2	0,3	1,20	2	0,144	3,456
		0,2	0,3	0,64	1	0,038	0,918
		0,2	0,3	1,10	1	0,066	1,584
		0,2	0,3	1,01	2	0,122	2,916
		0,2	0,3	1,63	1	0,098	2,340
		0,2	0,3	2,23	1	0,134	3,204
Kanopi +2,95 m	B3	0,2	0,3	7,80	16	7,488	179,712
		0,2	0,3	0,45	18	0,486	11,664
		0,2	0,3	0,43	15	0,383	9,180
		0,2	0,3	1,00	2	0,120	2,880
		0,2	0,3	0,98	1	0,059	1,404
Lantai 1 +0,00 m	BB	0,25	0,4	7,30	2	1,460	35,040
	TB1	0,35	0,7	7,30	38	67,963	1631,112
	TB2	0,3	0,5	2,24	1	0,335	8,046
		0,3	0,5	2,00	2	0,600	14,400
		0,3	0,5	1,75	2	0,525	12,600
		0,3	0,5	7,65	2	2,295	55,080
		0,3	0,5	3,28	2	0,983	23,580
	BS	0,2	0,3	1,70	2	0,204	4,905
0,2		0,3	0,88	4	0,210	5,040	
Total (kN)							17459,991

3. Pelat

Adapun beban mati tambahan pada pelat lantai dan pelat atap selengkapnya seperti yang disajikan pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai

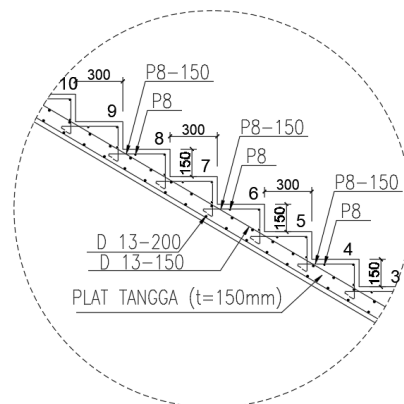
No.	Material	Tebal (m)	Bj (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
1	Spesi	0,03	21	0,63
2	Pasir	0,05	16,677	0,83
3	Partisi			0,50
4	Keramik			0,17
5	Plafon + Rangka			0,14
6	Instalasi MEP			0,30
Qd Lantai				2,57

Tabel 5. 6 Beban Mati Tambahan pada Pelat Atap

No.	Material	Tebal (m)	Bj (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
1	Spesi	0,03	21	0,63
2	Lap. Kedap Air	0,03	20,601	0,62
3	Genangan Air			0,10
4	Plafon + Rangka			0,14
5	Sanitasi + Plumbing			0,30
Qd Atap				1,79

4. Tangga

Dalam analisis ini tangga tidak dimodelkan dalam *software* SAP2000, tetapi diperhitungkan dan dimasukkan sebagai beban mati tambahan. Adapun perhitungan beban tangga serta pelat bordes selengkapnya seperti yang disajikan pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 berikut ini.

**Gambar 5. 6 Detail Anak Tangga**

(Sumber: Data *Detail Engineering Design*, 2021)

a. *Optrede (s)* = 150 mm

b. *Antrede (a)* = 300 mm

c. Sudut kemiringan (α) = $\tan^{-1} \left(\frac{s}{a} \right)$
= $\tan^{-1} \left(\frac{15}{30} \right)$
= 26,565°

d. Berat sendiri pelat tangga = $\frac{t}{\cos \alpha} \times B_j$
= $\frac{0,15}{\cos 26,565^\circ} \times 24$
= 4,025 kN/m

e. Beban anak tangga /1 m = $\frac{1}{2} \times s \times a \times B_j$
= $\frac{1}{2} \times 0,15 \times 0,3 \times 24$
= 0,54 kN/m

f. Berat anak tangga /1 m = Beban anak tangga $\times \frac{100}{a}$
= $0,54 \times \frac{100}{30}$
= 1,8 kN/m

Tabel 5. 7 Beban Mati Tambahan Pelat Tangga

No.	Komponen	Tebal (m)	BJ (kN/m ³)	Beban (kN/m)
1	Berat sendiri plat tangga	0,15	24	4,025
2	Berat anak tangga / 1 m			1,8
3	Spesi	0,03	21	0,5003
4	Keramik			0,17
5	Pasir	0,04	16,677	0,667
QD Tangga				7,292

Tabel 5. 8 Beban Mati Tambahan Bordes

No.	Komponen	Tebal (m)	BJ (kN/m ³)	Beban (kN/m)
1	Berat sendiri bordes	0,15	24	3,6
2	Spesi	0,03	21	0,5003
3	Keramik			0,17
4	Pasir	0,04	16,677	0,667
QD Bordes				5,067

5. *Lift*

Dalam analisis ini *lift* diperhitungkan sebagai baban mati tambahan pada pemodelan software SAP2000. Adapun tahapan dalam memperhitungkan beban mati tambahan *lift* sebagai berikut.

$$\text{Car } (M_1) = 1300 \text{ kg}$$

$$\text{Counter Weight } (M_2) = 1350 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat } M_1 \text{ dan } M_2 &= \frac{4M_1M_2}{M_1+M_2} \\ &= \frac{4 \times 1300 \times 1350}{1300 + 1350} \\ &= 2649,057 \text{ kg} \approx 2650 \text{ kg} \\ &= 25,997 \text{ kN} \end{aligned}$$

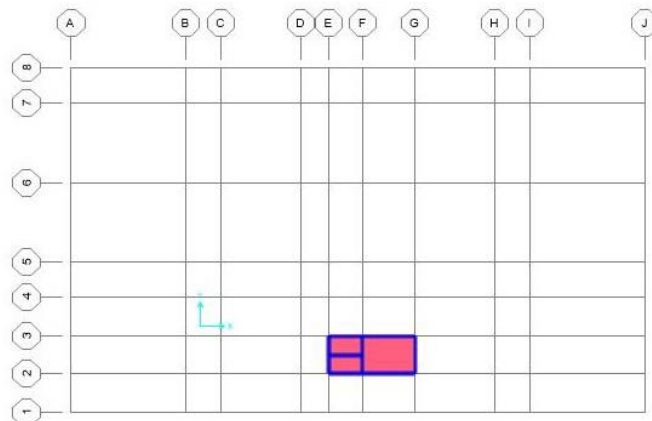
$$\begin{aligned} \text{Mesin } \textit{lift} &= 300 \text{ kg} \\ &= 2,943 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat } \textit{lift} &= \text{Berat } M_1 \text{ dan } M_2 + \text{Mesin } \textit{lift} \\ &= 25,997 + 2,943 \\ &= 28,940 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Luas pelat } \textit{lift} = 6,11 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban pada SAP2000} &= \frac{\text{Berat } \textit{lift}}{\text{Luas pelat } \textit{lift}} \\ &= \frac{28,940}{6,11} \\ &= 4,736 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka diperoleh beban mati tambahan akibat beban *lift* yaitu sebesar $4,736 \text{ kN/m}^2$. Kemudian dapat di *input* pada pelat beton mesin *lift* pemodelan 3D SAP2000 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5. 7 Input Beban pada Pelat Mesin Lift

6. Dinding

Perhitungan untuk beban dinding terdiri dari dinding penuh dan dinding tidak penuh yang diasumsikan sebesar 60%. Dinding berada di atas balok yang dimana akan menjadi beban mati tambahan untuk balok tersebut pada setiap lantainya. Adapun contoh perhitungan beban mati tambahan dinding lantai dua seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Beban Mati Tambahan Dinding Lantai Dua

No.	Nama	%	Balok	Panjang	Tebal Dinding	Tinggi Kolom	H Balok	Tinggi Dinding	Jumlah	Volume	Bj	Berat
				(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m ³)	(kN/m ³)	(kN)
1	Full dinding	1	B1	7,3	0,15	4,2	0,7	3,5	11	42,158	15,696	661,704
2	Full dinding	0,6		7,3	0,15	4,2	0,7	3,5	4	9,198	15,696	144,372
3	Dinding + Pintu + Jendela	0,6		7,3	0,15	4,2	0,7	3,5	2	4,599	15,696	72,186
4	Dinding +0,85 m	1		7,3	0,15	4,2	0,7	0,85	13	12,100	15,696	189,918
5	Full dinding	1	BA1	7,85	0,15	4,2	0,6	3,6	2	8,478	15,696	133,071
6	Full dinding	1	BA2	7,65	0,15	4,2	0,5	3,7	3	12,737	15,696	199,924
7	Dinding + Pintu + Jendela	0,6		7,65	0,15	4,2	0,5	3,7	6	15,285	15,696	239,909
8	Full dinding	0,6		4,4	0,15	4,2	0,5	3,7	2	2,930	15,696	45,996
9	Full dinding	1		1,95	0,15	4,2	0,5	3,7	2	2,165	15,696	33,974
10	Full dinding	1		2,2	0,15	4,2	0,5	3,7	1	1,221	15,696	19,165
11	Full dinding	1	BS	4	0,15	4,2	0,3	3,9	4	9,360	15,696	146,915
12	Full dinding	1		1,35	0,15	4,2	0,3	3,9	5	3,949	15,696	61,980
13	Dinding + Pintu + Jendela	0,6		4	0,15	4,2	0,3	3,9	1	1,404	15,696	22,037
Jumlah										110,870		1971,148

Untuk lebih lengkapnya terkait beban mati tambahan dinding pada setiap lantai, dapat dilihat rincian lengkapnya dalam Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Beban Mati Tambahan Dinding

No.	Lantai	Elevasi (m)	Berat (kN)
1	Lantai 1	+0,00	696,295
2	Lantai 2	+3,6	1971,148
3	Lantai 3	+7,8	1517,889
4	Lantai 4	+12	1473,141
5	Lantai 5	+16,2	1761,331
6	Dak Atap	+20,4	432,421
7	Top Atap	+24,05	0,000

7. Rangka Baja

Pada rangka baja bangunan gedung ini terdiri dari baja pengaku samping, rangka atap baja, dan rangka baja kanopi. Sama seperti struktur tangga pada rangka baja tidak dilakukan pemodelan pada *software* SAP2000, tetapi diperhitungkan sebagai beban mati tambahan. Untuk lebih lengkapnya beban mati tambahan rangka baja ditunjukkan pada Tabel 5.11 dan letak input beban dalam pemodelan 3D SAP2000 seperti pada Gambar 5.8 berikut.

Tabel 5. 11 Beban Mati Tambahan Rangka Baja

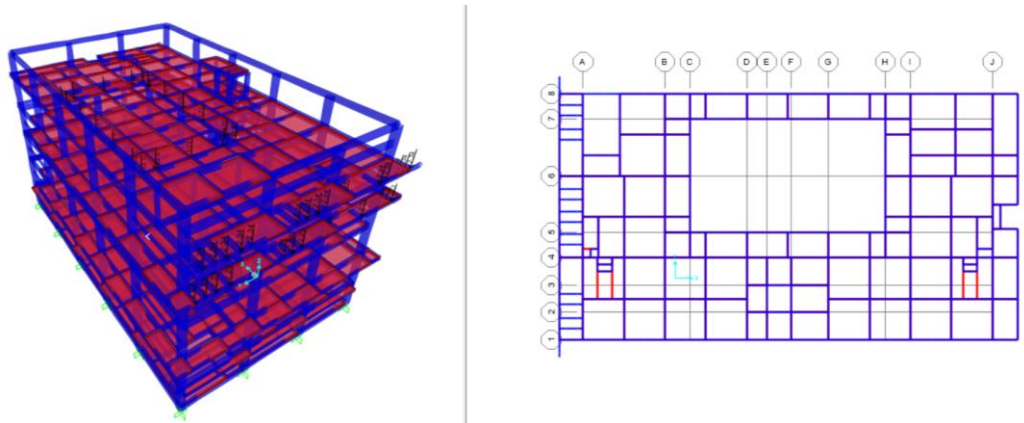
No.	Pekerjaan Baja	Beban (kN)	Jumlah (kN)
1	Baja Pengaku Samping Lantai 5		35,733
	WF 300x150x6,5x9	23,042	
	WF 200x100x5,5x8	5,015	
	Base plate (t=13mm)	4,004	
	End plate (t=13mm)	0,961	
	Plat pengaku (t=10mm)	1,109	
	Stifenner (t=10mm)	1,602	
2	Baja Pengaku Samping Dak Atap		37,404
	WF 300x150x6,5x9	23,042	
	WF 200x100x5,5x8	6,686	
	Base plate (t=13mm)	4,004	

Lanjutan Tabel 5. 11 Beban Mati Tambahan Rangka Baja

No.	Pekerjaan Baja	Beban (kN)	Jumlah (kN)
	<i>End plate</i> (t=13mm)	0,961	
	Plat pengaku (t=10mm)	1,109	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	1,602	
3	Rangka Baja Kanopi Top Atap		210,884
	WF 450x200x9x14	11,929	
	WF 400x200x8x13	40,790	
	WF 300x150x6,5x9	17,281	
	WF 250x125x6x9	83,628	
	<i>End plate</i> (t=13mm)	6,189	
	Plat pengaku (t=10mm)	2,603	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	6,265	
	<i>Lipped Channel</i> 200x75x20x3,2	33,465	
	<i>Cleat Plat</i> 180x180x10	8,733	
4	Rangka Atap Baja Utama Dak Atap		74,336
	a. Kuda Kuda <i>Type</i> KK1a		
	WF 200x100x5,5x8	3,552	
	<i>Base plate</i> (t=13mm)	0,180	
	<i>End plate</i> (t=13mm)	0,250	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	0,308	
	b. Kudakuda <i>Type</i> KK1b		
	WF 200x100x5,5x8	7,104	
	<i>Base plate</i> (t=13mm)	0,360	
	<i>End plate</i> (t=13mm)	0,601	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	0,616	
	c. Kudakuda <i>Type</i> KK1c		
	WF 200x100x5,5x8	15,045	
	<i>Base plate</i> (t=13mm)	0,721	
	<i>End plate</i> (t=13mm)	1,602	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	1,232	
	d. Kudakuda <i>Type</i> KK1d		
	WF 200x100x5,5x8	7,522	
	<i>Base plate</i> (t=13mm)	0,360	
	<i>End plate</i> (t=13mm)	0,601	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	0,616	

Lanjutan Tabel 5.11 Beban Mati Tambahan Rangka Baja

No.	Pekerjaan Baja	Beban (kN)	Jumlah (kN)
	e. Kudakuda <i>Type</i> KK1e		
	WF 200x100x5,5x8	3,761	
	<i>Base plate</i> (t=13mm)	0,180	
	<i>End plate</i> (t=13mm)	0,300	
	<i>Stifenner</i> (t=10mm)	0,308	
	f. Gording		
	<i>Lipped Channel</i> 150x65x20x3,2	22,102	
	<i>Leat Plat</i> 130x130x10	1,218	
	Sagrod Ø12mm	2,822	
	Trekstang Ø16mm	2,973	



Gambar 5. 8 Input Beban Rangka Baja pada Model 3D SAP2000

5.2.2 Beban Hidup

Dalam pembebanan struktur untuk beban hidup diperhitungkan dan mengikuti referensi peraturan SNI 1727-2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Berikut ini beberapa beban hidup yang dipakai berdasarkan fungsi bangunan atau ruang.

Parkir = 1,92 kN/m²

Ruang kantor = 2,4 kN/m²

Ruang pertemuan = 4,79 kN/m²

Atap = 0,96 kN/m²

5.3 Berat Bangunan

Menurut Hukum *Newton* kedua, $F = m.a$, di mana F adalah gaya, m adalah massa, dan a adalah percepatan. Saat gempa terjadi, gaya yang diterapkan pada bangunan proporsional dengan massa bangunan. Dalam istilah sederhana, semakin berat bangunan, semakin besar gaya yang dihasilkan oleh percepatannya. Meskipun tampaknya sederhana bahwa bangunan yang lebih berat lebih tahan terhadap gempa, hal ini tidak selalu benar. Bangunan yang terlalu berat dapat mengalami deformasi yang signifikan atau bahkan runtuh jika desain strukturalnya tidak memadai. Untuk rekapitulasi hasil berat bangunan untuk setiap lantai dapat dilihat rincian lengkapnya dalam Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5. 12 Berat Bangunan pada Setiap Lantai

Lantai	Elevasi (m)	Berat (kN)
Top Atap	+24,05	1499,845
Dak Atap	+20,4	7706,504
Lantai 5	+16,2	11642,047
Lantai 4	+12,0	9837,248
Lantai 3	+7,8	10865,050
Lantai 2	+3,6	10264,296
Lantai 1	+0,00	8440,544
Berat Total		60255,532

Setelah itu berdasarkan hasil perhitungan berat bangunan menggunakan *Ms. Excel* dilakukan pengecekan atau kontrol berat bangunan dengan total hasil yang didapat dari *output software* SAP2000. Berikut ini total berat bangunan berdasarkan *output software* SAP2000 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Total Berat Bangunan *Ouput Software* SAP2000

<i>OutputCase</i>	<i>CaseType</i>	GlobalFZ
<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN
Berat Bangunan	<i>Combination</i>	61921,007

(Sumber: *Ouput Software* SAP2000, 2023)

$$\begin{aligned}
\text{Kontrol} &= \frac{(\text{Beban SAP2000} - \text{Beban Excel})}{\text{Beban Excel}} \times 100\% \\
&= \frac{(61921,007 - 60255,532)}{60255,532} \times 100\% \\
&= 2,764\%
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ditemukan perbedaan berat bangunan dengan persentase sekitar 2,764%. Nilai tersebut berada di bawah batas 5% yang diharapkan sebagai syarat perbedaan antara berat hitungan dan *software*. Oleh karena itu, proses pemodelan dapat diteruskan untuk melakukan analisis lebih lanjut.

5.4 Spektrum Respon Desain

Analisis beban gempa yaitu spektrum respon desain merujuk pada SNI 1726-2019. Adapun tahapan-tahapan dalam menghitung spektrum respon desain tersebut berikut ini selengkapnya.

1. Kategori Risiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Pada data struktur diketahui gedung berfungsi sebagai gedung perkantoran, yang di mana sesuai Tabel 3.3 gedung termasuk kategori risiko II. Berdasarkan Tabel 3.4 dan kategori risiko tersebut, maka faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0.

2. Kelas Situs dan Parameter Percepatan Gempa MCE_R (S_S dan S_I)

Klasifikasi tanah pada lokasi bangunan gedung yaitu berjenis tanah sedang (SD) mengacu pada data USGS V_{s30} . Untuk parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_S) sebesar 0,7291 dan parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_I) sebesar 0,3506 diambil berdasarkan data dari Desain Spektra Indonesia (rsa.ciptakarya.pu.go.id) sesuai dengan koordinat lokasi bangunan gedung.

3. Koefisien Situs Faktor Amplifikasi (F_a dan F_v)

Berdasarkan jenis tanah dan nilai S_S dan S_I yang telah diperoleh, maka dapat ditentukan nilai faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada

getaran periode 1 detik (F_v). Oleh karena itu sesuai dengan Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 didapatkan nilai F_a sebesar 1,183 dan nilai F_v sebesar 1,949.

4. Parameter Respon Spektral Percepatan MCE_R (S_{MS} dan S_{M1})

Setelah didapat nilai F_a dan nilai F_v , maka dapat ditentukan parameter respon spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan parameter respon spektral percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) dengan perumusan berikut ini.

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_S \\ &= 1,183 \times 0,7291 \\ &= 0,937 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_I \\ &= 1,949 \times 0,3506 = 0,683 \end{aligned}$$

5. Parameter Percepatan Spektral Desain (S_{DS} dan S_{D1})

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik (S_{D1}), ditentukan melalui perumusan berikut.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,937 \\ &= 0,625 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,683 \\ &= 0,456 \end{aligned}$$

6. Spektrum Respon Percepatan Desain

Adapun kurva spektrum respon desain harus mengacu pada ketentuan-ketentuan berikut ini.

a. Menentukan nilai periode T_0 , T_S , dan T_L

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \frac{0,456}{0,625} \\ &= 0,146 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_S &= \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,456}{0,625} \\
 &= 0,729 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_L &= 6 \text{ detik, (berdasarkan data dari Desain Spektra Indonesia} \\
 &\quad \text{(rsa.ciptakarya.pu.go.id))}
 \end{aligned}$$

- b. Untuk $T = 0 < T_0$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat ditentukan dari perumusan berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\
 &= 0,625 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,146} \right) \\
 &= 0,250
 \end{aligned}$$

- c. Untuk $T_s \geq T \geq T_0$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a), sama dengan S_{DS} .

$$S_a = 0,625$$

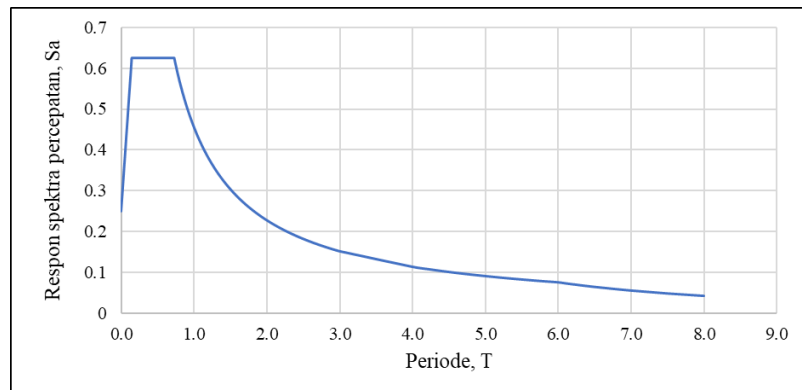
- d. Untuk $T_L \geq T = 4 > T_s$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari perumusan berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{DI}}{T} \\
 &= \frac{0,456}{4} \\
 &= 0,114
 \end{aligned}$$

- e. Untuk $T = 7 > T_L$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari perumusan berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{DI} T_L}{T^2} \\
 &= \frac{0,456 \times 6}{7^2} \\
 &= 0,056
 \end{aligned}$$

Adapun kurva spektrum respon desain berdasarkan hasil parameter di atas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5. 9 Kurva Spektrum Respon

5.5 Periode Fundamental Struktur

Adapun tahapan-tahapan dalam penentuan periode fundamental struktur sebagai berikut.

1. Periode Fundamental Pendekatan (T_a)

Berdasarkan Tabel 3.12 maka diperoleh nilai C_t sebesar 0,0466 dan nilai x sebesar 0,9. Oleh karena itu nilai periode fundamental pendekatan dapat ditentukan dengan perumusan berikut.

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0466 \times 24,05^{0,9} \\ &= 0,815 \text{ detik} \end{aligned}$$

2. Periode Fundamental Maksimal (T_{max})

Nilai periode fundamental struktur (T) harus lebih kecil dari nilai T_{max} . Berikut menentukan nilai T_{max} , yang dimana nilai koefisien batas atas periode (C_u) sebesar 1,4 mengacu pada Tabel 3.11.

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,815 \\ &= 1,142 \text{ detik} \end{aligned}$$

3. Periode Hasil SAP2000 (T_c)

Dari hasil *running* pada *software* SAP2000 didapat nilai periode struktur (T_c) sebesar 1,413 detik.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai periode fundamental struktur dapat ditentukan melalui ketentuan berikut ini.

- a. Jika $T_c < T_a$, maka dipakai $T = T_a$
- b. Jika $T_c > T_{max}$, maka dipakai $T = T_{max}$
- c. Jika $T_a < T_c < T_{max}$, maka dipakai $T = T_c$

Mengacu pada syarat di atas yang dalam hal ini $T_c > T_{max}$, maka dapat disimpulkan bahwa periode fundamental struktur yang dipakai yaitu T_{max} sebesar 1,142 detik.

5.6 Gaya Geser Dasar Seismik

Dalam mencari nilai gaya geser dasar seismik (V), perlu memperhitungkan nilai koefisien respons seismik (C_s). Adapun parameter yang perlu ditentukan yaitu sebagai berikut.

1. Koefisien Respons Seismik (C_s)

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,625}{\left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,078 \end{aligned}$$

Dari nilai C_s di atas tidak harus melebihi nilai berikut ini.

- a. Untuk $T \leq T_L$, maka

$$\begin{aligned} C_{smax} &= \frac{S_{DI}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,456}{1,142\left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,050 \end{aligned}$$

- b. Untuk $T \geq T_L$, maka tidak perlu melebihi nilai C_{smax} ini.

- c. Tidak kurang dari,

$$\begin{aligned} C_{smin} &= 0,0044S_{DS}I_e \geq 0,01 \\ &= 0,0044 \times 0,625 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

d. $S_I \geq 0,6g$, maka harus tidak kurang dari nilai C_{smin} ini.

Dikarenakan nilai C_s tidak perlu melebihi nilai C_{smax} dan harus tidak kurang dari nilai C_{smin} , maka nilai C_s yang memenuhi yaitu sebesar 0,050.

2. Gaya Geser Dasar Seismik (V)

Dengan menggunakan nilai C_s yang telah dihitung, maka dapat ditentukan nilai V dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

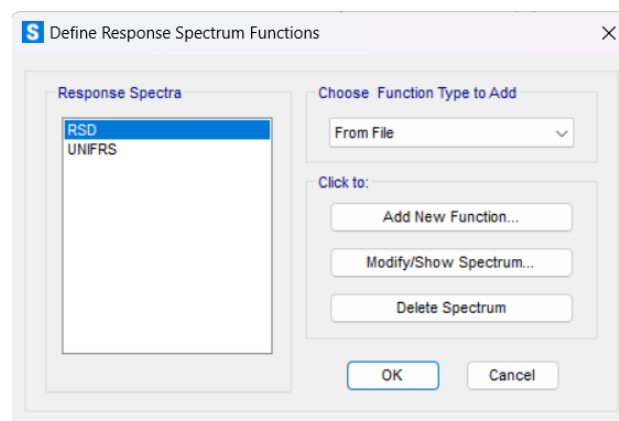
$$\begin{aligned} V &= C_s \times W_{eff} \\ &= 0,050 \times 48188,057 \\ &= 2404.105 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.7 Analisis Beban Gempa Respon Spektrum

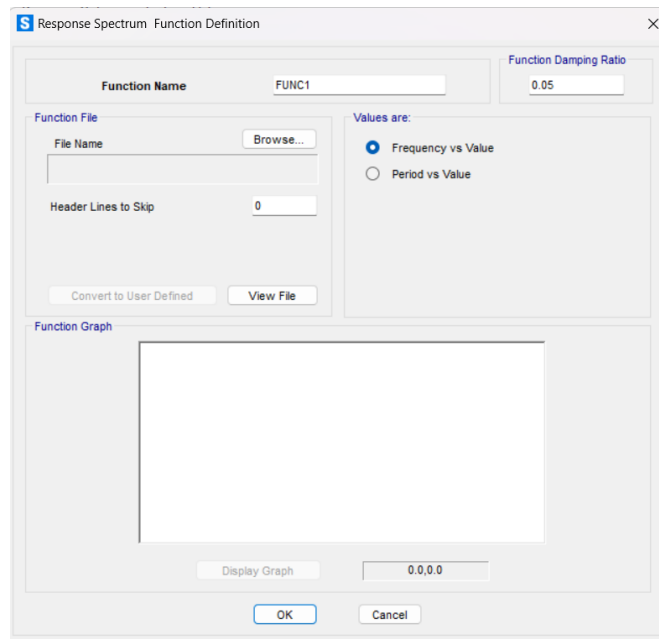
Adapun tahapan-tahapan dalam melakukan analisis beban gempa respon spektrum pada *software* SAP2000, berikut ini adalah selengkapnya.

5.7.1 Input Respon Spektrum Desain

Sebelumnya telah dilakukan perhitungan untuk respon spektrum desain pada *software Excel* dan telah dijadikan dalam bentuk file *notepad* yang nantinya akan dimasukkan dalam *software* SAP2000. Cara *input* respon spektrum desain pada *software* SAP2000 yaitu pilih menu *Define – Functions – Response Spectrum* akan muncul seperti pada Gambar 5.10. Selanjutnya di *Choose Function Type to Add* pilih *From File*, lanjut pilih *Add New Function* dan akan muncul lagi seperti pada Gambar 5.11 berikut.

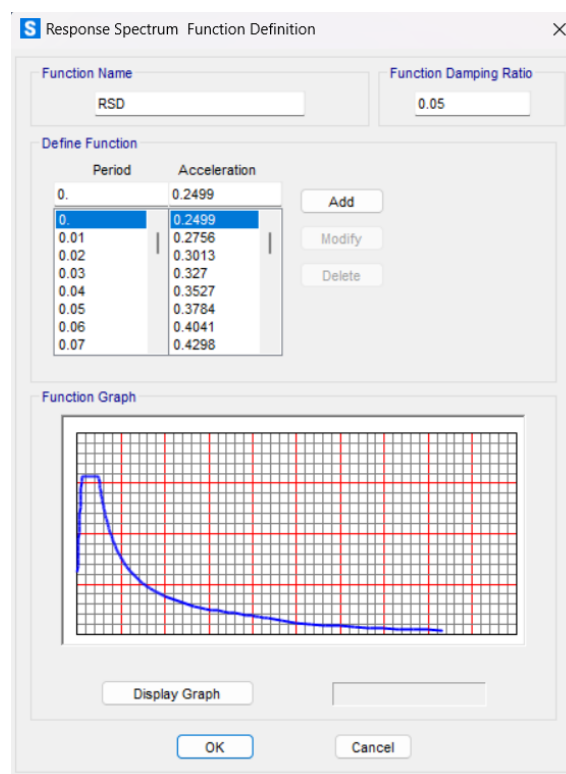


Gambar 5. 10 Define Response Spectrum



Gambar 5. 11 Response Spectrum Definition

Kemudian di *Function File* pilih *browse* dan masukkan respon spektrum desain dalam bentuk file *notepad*, lalu pilih *Convert to User Defined* sehingga akan terlihat seperti pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5. 12 Input Response Spectrum Design

5.7.2 Mendefinisikan Analisis Respon Spektrum

Mendefinisikan tipe respon spektrum dapat dilakukan dengan cara pilih menu *Define – Load Case – Add New Load Case*. Pertama isi *Load Case Name* dengan EQx untuk respon spektrum arah X dan EQy untuk respon spektrum arah Y, pada *Load Case Type* pilih *Response Spectrum*. Selanjutnya pada *Loads Applied* pilih U1 untuk EQx dan U2 untuk EQy serta Scale Factor masing-masing dapat diisi dengan 1,22625 didapat dari hasil $((I_e/R) \times 9,81)$ sebagai skala awal. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 sebagai berikut.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: EQx

Modal Combination: CQC (selected), SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, Double Sum

Directional Combination: SRSS (selected), CQC3, Absolute

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RSD	1.5566

Gambar 5.13 Response Spectrum Cases EQx

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: EQy

Modal Combination: CQC (selected), SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, Double Sum

Directional Combination: SRSS (selected), CQC3, Absolute

Loads Applied:

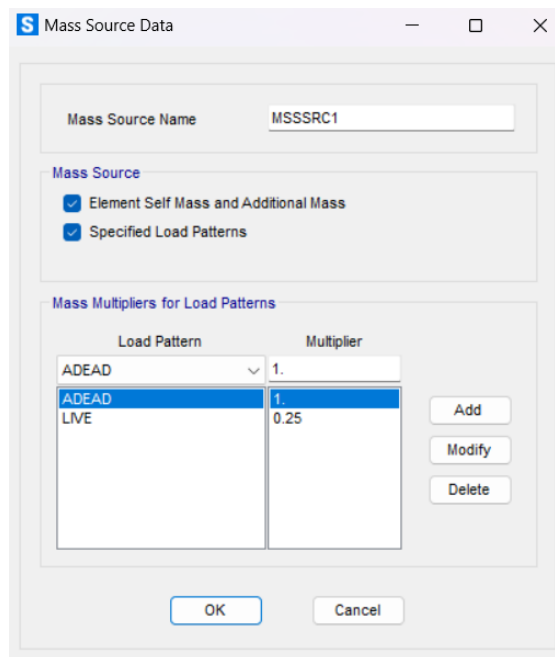
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RSD	1.5944

Gambar 5.14 Response Spectrum Cases EQy

5.7.3 Mendefinikan Massa Struktur (*Mass Source*)

Seperti yang diketahui gaya yang dihasilkan itu berasal dari percepatan gempa yang dikalikan dengan massa bangunan. Oleh karena itu pentingnya mendefinisikan massa struktur dikarenakan apabila tidak tepat maka akan menghasilkan gaya yang terlalu besar atau sebaliknya gaya yang terlalu kecil.

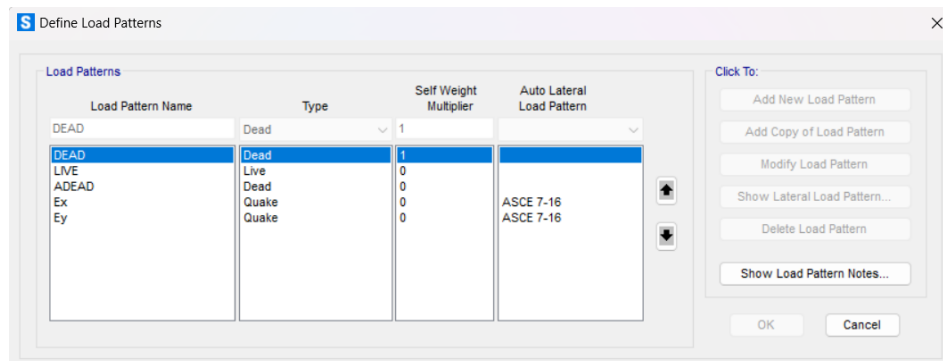
Pendefinisian massa struktur dapat dilakukan dengan cara pilih *Define – Mass Source* – pada *Click to* pilih *Modify/Show Mass Source*. Selanjutnya pada *Mass Source* dipilih semua serta pada *Mass Multipliers for Load Patterns* untuk *ADEAD* sebesar 1 *Multiplier* dan *LIVE* sebesar 0,25. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5. 15 *Mass Source Definition*

5.7.4 Gaya Lateral Analisis Respon Spektrum

Tahapan pemberian gaya lateral dilakukan dengan cara pilih *Define – Load Patterns* – pada *Load Pattern Name* buat Ex untuk arah X – pada *Type* pilih *Quake* – pada *Self Weight Multiplier* sebesar 0 – pada *Auto Lateral Load Pattern* pilih *ASCE 7-16* – pada *Click to* pilih *Add New Load Pattern*, begitupun juga pada *Load Pattern* buat Ey untuk arah Y. Selengkapny dapat dilihat seperti pada Gambar 5.16 berikut ini.



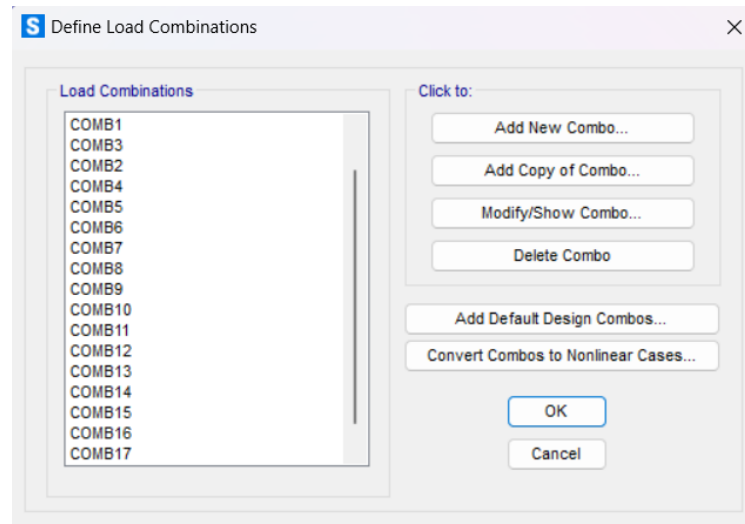
Gambar 5. 16 Load Petterns

5.7.5 Beban Kombinasi

Berdasarkan SNI 1726-2019 maka terdapat 18 buah untuk kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam analisis dinamik metode respon spektrum menggunakan SAP2000 sebagai berikut.

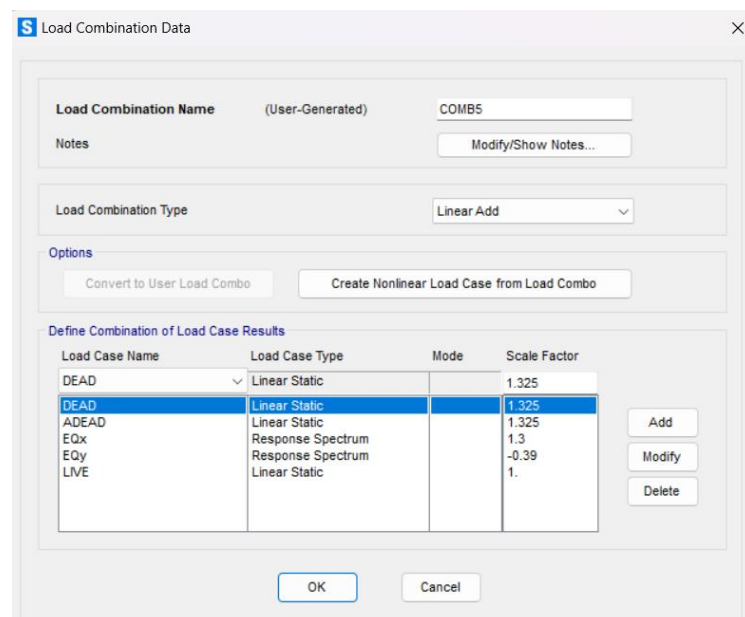
1. Combo 1 : $1,4 D$
2. Combo 2 : $1,4 D + 1,6 L$
3. Combo 3 : $1,325 D + 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y + 1 L$
4. Combo 4 : $1,325 D - 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y + 1 L$
5. Combo 5 : $1,325 D + 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y + 1 L$
6. Combo 6 : $1,325 D - 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y + 1 L$
7. Combo 7 : $1,325 D + 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x + 1 L$
8. Combo 8 : $1,325 D - 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x + 1 L$
9. Combo 9 : $1,325 D + 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x + 1 L$
10. Combo 10 : $1,325 D - 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x + 1 L$
11. Combo 11 : $0,775 D + 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y$
12. Combo 12 : $0,775 D - 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y$
13. Combo 13 : $0,775 D + 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y$
14. Combo 14 : $0,775 D - 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y$
15. Combo 15 : $0,775 D + 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x$
16. Combo 16 : $0,775 D - 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x$
17. Combo 17 : $0,775 D + 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x$
18. Combo 18 : $0,775 D - 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x$

Adapun cara meng-*input* beban kombinasi tersebut kedalam *software* SAP2000 yaitu pilih *Define – Load Combination –* kemudian pilih *Add New Combo*, lalu akan muncul seperti pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5. 17 Define Load Combinations

Selanjutnya pada *Define Combination of Load Case Results* masukkan tiap-tiap *Load Case Name* dan *Scale Factor* sesuai dengan kombinasi yang telah ditentukan sebelumnya lalu klik *Add – OK*. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.18 sebagai berikut.



Gambar 5. 18 Input Data Load Combination

5.8 Kontrol Mass Participant Ratio

Berdasarkan SNI 1726-2019 analisis yang dilakukan perlu menyertakan jumlah ragam yang cukup memperoleh partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Pengecualian analisis diizinkan untuk memperoleh massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa struktur. Adapun *modal mass participant ratio* dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

Tabel 5. 14 Modal Mass Participant Ratio

<i>StepNum</i>	<i>Period</i>	<i>SumUX</i>	<i>SumUY</i>
285	0,01232	0,93257	0,93209
286	0,01226	0,93257	0,93248
287	0,01090	0,93303	0,93248
288	0,01068	0,93303	0,93291
289	0,00828	0,93311	0,9527
290	0,00823	0,9511	0,95283
291	0,00773	0,9688	0,95286
292	0,00757	0,96882	0,96306
293	0,00615	0,97268	0,96306
294	0,00599	0,97268	0,96917
295	0,00449	0,97268	0,98828
296	0,00435	0,98745	0,98828
297	0,00345	0,98746	0,99498
298	0,00328	0,99409	0,99499
299	0,00178	0,99414	0,99936
300	0,00177	0,99925	0,9994

Setelah dilakukan analisis pada *software* SAP2000 diperoleh hasil *modal participant ratio* yaitu sebesar 99,92% untuk arah X dan 99,94% untuk arah Y terdapat pada *StepNum* 300 sehingga dari hasil tersebut telah memenuhi syarat paling sedikit 90%.

5.9 Kontrol Nilai *Base Shear*

Nilai gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari gaya geser dasar statik. Jika nilai gaya geser dinamik kurang dari gaya geser statik, maka perlu dilakukan penskalaan gaya. Maka dari itu skala awal perlu dikalikan dengan V/V_t . Nilai gaya geser dasar yang diperoleh dari skala awal pada SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5. 15 Hasil Gaya Geser Dasar Skala Awal

	V_{statik} (kN)	$V_{dinamik}$ (kN)	Cek
Arah X	2404,105	1893,919	Belum Ok
Arah Y	2404,105	1849,017	Belum Ok

Berdasarkan hasil pada Tabel 5.15 yang dimana gaya geser dasar dinamik ($V_{Dinamik}$) kurang dari gaya geser dasar statik (V_{Statik}), maka perlu dilakukan penskalaan gaya, berikut ini adalah tahapan dalam menghitung penskalaan gaya yang baru.

$$\begin{aligned}
 \text{Skala X} &= \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} \times \text{skala awal} \\
 &= \frac{2402,105}{1893,919} \times 1,22625 \\
 &= 1,5566
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Skala Y} &= \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} \times \text{skala awal} \\
 &= \frac{2402,105}{1849,017} \times 1,22625 \\
 &= 1,5944
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh skala gaya yang baru di atas, kemudian skala tersebut di *input* dalam mendefinikan respon spektrum pada *software* SAP2000. Selanjutnya dilakukan analisis kembali untuk mendapatkan hasil $V_{Dinamik}$ yang nantinya akan dibandingkan lagi dengan V_{Statik} . Adapun nilai gaya geser dasar yang diperoleh dari penskalaan gaya yang baru pada SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 5.16 sebagai berikut.

Tabel 5. 16 Hasil Gaya Geser Dasar Skala Baru

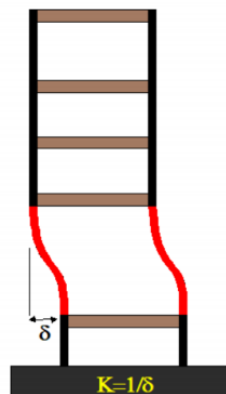
	V_{statik} (kN)	$V_{dinamik}$ (kN)	Cek
Arah X	2404,105	2404,625	Ok
Arah Y	2404,105	2404,188	Ok

Berdasarkan hasil gaya geser dasar pada Tabel 5.16 diperoleh gaya geser dasar dinamik ($V_{Dinamik}$) lebih besar dari gaya geser dasar statik (V_{Statik}), oleh karena itu telah memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726-2019.

5.10 Cek Ketidakberaturan Vertikal

1. Kategori 1a Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak

Kategori 1a didefinisikan ada ketika kekakuan satu tingkat itu lebih kecil dari 70% kekakuan satu tingkat di atasnya dan lebih kecil dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

**Gambar 5. 19 Ketidakberaturan Tingkat Lunak**

(Sumber: SNI 1726-2019)

Untuk mendapatkan nilai kekakuan diperlukan nilai gaya kumulatif dan *displacement* ditiap lantainya yang diperoleh dari hasil analisis *software* SAP2000. Adapun tahapan-tahapan untuk mendapat nilai kekakuan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \Delta_3 &= U_1 \text{ lantai 3} - U_1 \text{ lantai 2} \\
 &= 0,0161 - 0,0051 \\
 &= 0,0110 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_3 &= \frac{V_3}{\Delta_3} \\
 &= \frac{2309,69}{0,0110} \\
 &= 210354,281 \text{ kN/mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 K_i &< 70\% K_{i+1} \\
 210354,281 \text{ kN/mm} &< 0,7 \times 180717,489 \text{ kN/mm} \\
 210354,281 \text{ kN/mm} &> 126502,242 \text{ kN/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_i &< 80\% (\text{avg}K_{i+3}) \\
 210354,281 \text{ kN/mm} &< 0,8 \times \frac{180717,489+182498,609+165734,894}{3} \\
 210354,281 \text{ kN/mm} &> 141053,598 \text{ kN/mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas bahwa kekakuan pada lantai tiga lebih besar dari 70% kekakuan satu lantai di atasnya dan 80% dari rata-rata tiga lantai di atasnya, sehingga pada lantai tiga tidak terdapat ketidakberaturan tingkat lunak. Untuk lebih lengkapnya ketidakberaturan tingkat lunak pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Kekauan Tingkat Lunak Arah X

Lt	Gaya	U_i	Δ_i	K	Syarat		Cek
	V_i (kN)	mm	mm	kN/mm	70% K_{i+1}	80%(avg K_{i+3})	
Top	151,279	0,0441	0,0029	51683,977	0,000	0,000	OK
6	913,365	0,0412	0,0055	165734,894	36178,784	41347,181	OK
5	1574,598	0,0356	0,0086	182498,609	116014,426	86967,548	OK
4	1974,7	0,0270	0,0109	180717,489	127749,026	106644,661	OK
3	2309,69	0,0161	0,0110	210354,281	126502,242	141053,598	OK
2	2455,116	0,0051	0,0051	480453,229	147247,996	152952,101	OK
1		0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,000	

Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah Y

Lt	Gaya	U_i	Δ_i	K	Syarat		Cek
	V_i (kN)	mm	mm	kN/mm	70% K_{i+1}	80%(avg K_{i+3})	
Top	158,492	0,0471	0.0029	55108.484	0.000	0.000	OK
6	915,626	0,0443	0.0056	162517.927	38575.939	44086.787	OK
5	1568,627	0,0386	0.0103	151690.069	113762.549	87050.564	OK
4	1959,856	0,0283	0.0109	179309.790	106183.048	98484.395	OK
3	2295,259	0,0174	0.0110	209078.065	125516.853	131604.743	OK
2	2444,499	0,0064	0.0064	382730.390	146354.646	144020.780	OK
1		0,0000	0.0000	0.000	0.000	0.000	

2. Kategori 1b Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan

Kategori 1b didefinisikan ada ketika kekakuan satu tingkat itu lebih kecil dari 60% kekakuan satu tingkat di atasnya dan lebih kecil dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Untuk mendapatkan nilai kekakuan diperlukan nilai gaya kumulatif dan *displacement* di tiap lantainya yang diperoleh dari hasil analisis *software* SAP2000. Adapun tahapan-tahapan untuk mendapat nilai kekakuan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Delta_3 &= U_1 \text{ lantai 3} - U_1 \text{ lantai 2} \\ &= 0,0161 - 0,0051 \\ &= 0,0110 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_3 &= \frac{V_3}{\Delta_3} \\ &= \frac{2309,69}{0,0110} \\ &= 210354,281 \text{ kN/mm}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}K_i &< 60\% K_{i+1} \\ 210354,281 \text{ kN/mm} &< 0,6 \times 180717,489 \text{ kN/mm} \\ 210354,281 \text{ kN/mm} &> 108430.493 \text{ kN/mm}\end{aligned}$$

$$K_i < 70\% (\text{avg}K_{i+3})$$

$$210354,281 \text{ kN/mm} < 0,7 \times \frac{180717,489+182498,609+165734,894}{3}$$

$$210354,281 \text{ kN/mm} > 123421,898 \text{ kN/mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas bahwa kekakuan pada lantai tiga lebih besar dari 60% kekakuan satu lantai di atasnya dan 70% dari rata-rata tiga lantai di atasnya, sehingga pada lantai tiga tidak terdapat ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan. Untuk lebih lengkapnya ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebih Arah X

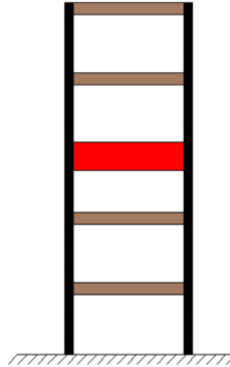
Lt	Gaya	U_I	Δ_i	K	Syarat		Cek
	V_i (kN)	mm	mm	kN/mm	60% K_{i+1}	70%(avg K_{i+3})	
Top	151,279	0,0441	0,0029	51683,977	0,000	0,000	OK
6	913,365	0,0412	0,0055	165734,894	31010.386	36178.784	OK
5	1574,598	0,0356	0,0086	182498,609	99440.936	76096.605	OK
4	1974,7	0,0270	0,0109	180717,489	109499.166	93314.079	OK
3	2309,69	0,0161	0,0110	210354,281	108430.493	123421.898	OK
2	2455,116	0,0051	0,0051	480453,229	126212.568	133833.088	OK
1		0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,000	

Tabel 5. 20 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebih Arah Y

Lt	Gaya	U_I	Δ_i	K	Syarat		Cek
	V_i (kN)	mm	mm	kN/mm	60% K_{i+1}	70%(avg K_{i+3})	
Top	158.492	0.0471	0.0029	55108.484	0.000	0.000	OK
6	915.626	0.0443	0.0056	162517.927	33065.090	38575.939	OK
5	1568.627	0.0386	0.0103	151690.069	97510.756	76169.244	OK
4	1959.856	0.0283	0.0109	179309.790	91014.041	86173.845	OK
3	2295.259	0.0174	0.0110	209078.065	107585.874	115154.150	OK
2	2444.499	0.0064	0.0064	382730.390	125446.839	126018.182	OK
1		0,0000	0,0000	0.000	0.000	0.000	

3. Kategori 2 Ketidakberaturan Massa

Kategori 2 didefinisikan ada ketika satu tingkat memiliki massa lebih besar dari 150% massa didekatnya. Sebagai pengecualian atap yang massanya lebih ringan dari tingkat di bawahnya tidak perlu ditinjau.



Gambar 5. 20 Ketidakberaturan Massa

(Sumber: SNI 1726-2019)

Nilai berat bangunan diambil berdasarkan hasil perhitungan pada *microsoft Excel*. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk ketidakberaturan massa.

$$W_3 = 10865,050 \text{ kN}$$

Kontrol:

$$W_i > 150\% W_{i+1}$$

$$10865,050 \text{ kN} > 1,5 \times 9837,248 \text{ kN}$$

$$10865,050 \text{ kN} < 14755,872 \text{ kN}$$

$$W_i > 150\% W_{i-1}$$

$$10865,050 \text{ kN} > 1,5 \times 10264,296 \text{ kN}$$

$$10865,050 \text{ kN} < 15396,444 \text{ kN}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas bahwa massa struktur pada lantai tiga kurang dari 150% massa satu lantai di atasnya dan 150% massa satu lantai di bawahnya, sehingga pada lantai tiga tidak terdapat ketidakberaturan massa.

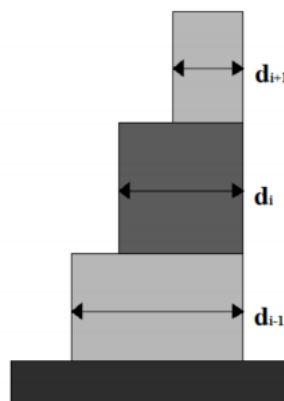
Untuk lebih lengkapnya ketidakberaturan massa dapat dilihat pada Tabel 5.21 sebagai berikut.

Tabel 5. 21 Ketidakberaturan Massa

Lantai	W_i (kN)	$150\%W_{i+1}$	Cek	$150\%W_{i-1}$	Cek
Top	1499,845			11559,755	Reguler
Atap	7706,504	2249,767	Tidak Perlu	17463,070	Reguler
5	11642,047	11559,755	Tidak Perlu	14755,872	Reguler
4	9837,248	17463,070	Reguler	16297,575	Reguler
3	10865,050	14755,872	Reguler	15396,444	Reguler
2	10264,296	16297,575	Reguler	12660,815	Reguler
1	8440,544	15396,444	Reguler		

4. Kategori 3 Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Kategori 3 didefinisikan ada ketika struktur memiliki sistem pemikul gaya seismik atau dalam hal ini kolom yang memiliki dimensi lebih dari 130% tingkat didekatnya.



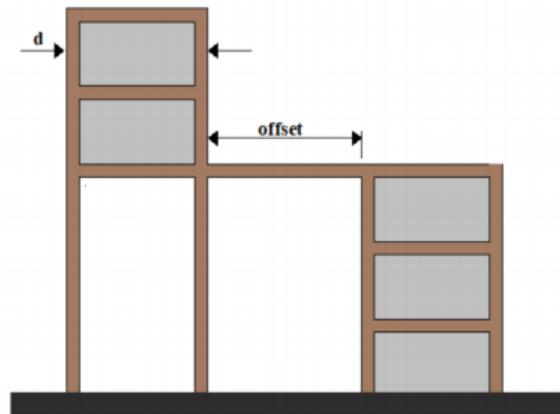
Gambar 5. 21 Ketidakberaturan Geometri Vertikal

(Sumber: SNI 1726-2019)

Berdasarkan hal itu, dari data struktur yang dianalisis bahwa tidak terdapat pengecilan atau perubahan dimensi yang terjadi pada struktur kolom, sehingga tidak terdapat ketidakberaturan geometri vertikal.

5. Kategori 4 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral

Kategori 4 didefinisikan ada ketika elemen vertikal pemikul gaya lateral yang dalam hal ini kolom yang tidak menerus dari atas sampai bawah dan *offset*-nya lebih besar dari lebar (d) elemen tersebut.



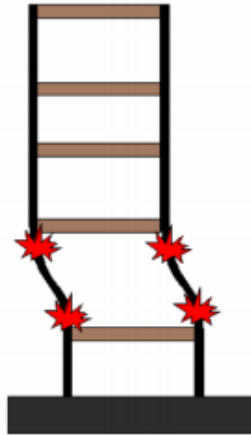
Gambar 5. 22 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Vertikal

(Sumber: SNI 1726-2019)

Berdasarkan pada gedung yang dievaluasi tidak terdapat pergeseran (*offset*) elemen penahan gaya lateral lebih besar dari lebar (d) elemen tersebut. Oleh karena itu, tidak terdapat ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral.

6. **Kategori 5a Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat**

Kategori 5a terjadi ketika ada satu tingkat memiliki kekuatan lateral kurang dari 80% kekuatan lateral satu tingkat di atasnya. Sebagai pengecekan, kapasitas elemen yang didesain pada satu tingkat berbanding lurus dengan gaya yang dipikul oleh elemen pada tingkat tersebut.



Gambar 5. 23 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat

(Sumber: SNI 1726-2019)

Nilai gaya lateral yang diperoleh dari gaya geser tingkat analisis *software* SAP2000 dibagi dengan 0,75. Berikut ini perhitungan untuk ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat tiga.

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{V_x}{\phi} \\
 &= \frac{2309,69}{0,75} \\
 &= 3079,587 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 V_n &< 80\% V_{ni+1} \\
 3079,587 \text{ kN} &< 0,8 \times 2632,933 \text{ kN} \\
 3079,587 \text{ kN} &> 2106,347 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa kekuatan lateral pada lantai tiga lebih besar dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya, sehingga tidak terdapat ketidakberaturan tingkat lemah. Adapun hasil ketidakberaturan tingkat lemah pada arah X dan arah Y berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 berikut ini.

Tabel 5. 22 Ketidakberaturan Tingkat Lemah pada Arah X

Tingkat	Vx	Vn	80%Vni+I	Cek
Top	151,279	201,705		
Dak Atap	913,365	1217,820	161,364	Reguler
5	1553,852	2071,803	974,256	Reguler
4	1974,7	2632,933	1657,442	Reguler
3	2309,69	3079,587	2106,347	Reguler
2	2455,116	3273,488	2463,669	Reguler
1	0,00			

Tabel 5. 23 Ketidakberaturan Tingkat Lemah pada Arah Y

Tingkat	Vx	Vn	80%Vni+I	Cek
Top	158,492	211,323		
Dak Atap	915,626	1220,835	169,058	Reguler
5	1568,627	2091,503	976,668	Reguler
4	1959,856	2613,141	1673,202	Reguler
3	2295,259	3060,345	2090,513	Reguler
2	2444,499	3259,332	2448,276	Reguler
1	0,00			

7. Kategori 5b Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat

Kategori 5b terjadi ketika ada satu tingkat memiliki kekuatan lateral kurang dari 65% kekuatan lateral satu tingkat di atasnya. Sebagai pengecekan, kapasitas elemen yang didesain pada satu tingkat berbanding lurus dengan gaya yang dipikul oleh elemen pada tingkat tersebut.

Nilai gaya lateral yang diperoleh dari gaya geser tingkat analisis *software* SAP2000 dibagi dengan 0,75. Berikut ini perhitungan untuk ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat Diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat tiga.

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{V_x}{\phi} \\
 &= \frac{2309,69}{0,75} \\
 &= 3079,587 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 V_n &< 65\% V_{ni+1} \\
 3079,587 \text{ kN} &< 0,65 \times 2632,933 \text{ kN} \\
 3079,587 \text{ kN} &> 1711,407 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa kekuatan lateral pada lantai tiga lebih besar dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya, sehingga tidak terdapat ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan. Adapun hasil ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan pada arah X dan arah Y berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5. 24 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan pada Arah X

Tingkat	V_x	V_n	$65\% V_{ni+1}$	Cek
Top	151,279	201,705		
Dak Atap	913,365	1217,820	131,108	Reguler
5	1553,852	2071,803	791,583	Reguler
4	1974,7	2632,933	1346,672	Reguler
3	2309,69	3079,587	1711,407	Reguler
2	2455,116	3273,488	2001,731	Reguler
1	0,00			

Tabel 5. 25 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan pada Arah Y

Tingkat	V_x	V_n	$65\% V_{ni+1}$	Cek
Top	158.492	211.323		
Dak Atap	915.626	1220.835	137,360	Reguler
5	1568.627	2091.503	793,543	Reguler
4	1959.856	2613.141	1359,477	Reguler

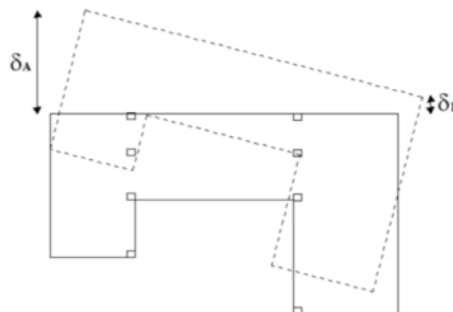
Lanjutan Tabel 5. 26 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan pada Arah Y

Tingkat	V_x	V_n	$65\%V_{ni+1}$	Cek
3	2295.259	3060.345	1698,542	Reguler
2	2444.499	3259.332	1989,224	Reguler
1	0,00			Reguler

5.11 Cek Ketidakberaturan Horizontal

1. Kategori 1a dan 1b Ketidakberaturan Torsi

Kategori 1a yaitu ketidakberaturan torsi didefinisikan ada apabila simpangan antar tingkat maksimum itu lebih besar dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata pada kedua ujung struktur. Sedangkan kategori 1b yaitu ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan apabila simpangan antar tingkat maksimum itu lebih besar dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata pada kedua ujung struktur.



Gambar 5. 24 Ketidakberaturan Torsi

(Sumber: SNI 1726-2019)

Untuk memperoleh nilai simpangan antar tingkat diperlukan nilai *displacement* berdasarkan hasil analisis *software* SAP2000 dengan dua titik survei ujung struktur. Adapun tahapan-tahapan perhitungan untuk ketidakberaturan torsi kategori 1a dan kategori 1b berikut ini.

$$\begin{aligned} \Delta_{A3} &= U_{IA} \text{ lantai 3} - U_{IA} \text{ lantai 2} \\ &= 0,0169 - 0,0053 \\ &= 0,0116 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta_{B3} = U_{IB} \text{ lantai 3} - U_{IB} \text{ lantai 2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0169 - 0,0053 \\
 &= 0,0116 \text{ m} \\
 \Delta_{avg} &= \frac{\Delta A3 + \Delta B3}{2} \\
 &= \frac{0,0116 + 0,0116}{2} \\
 &= 0,0116 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

Kategori 1a

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} &> 1,2 \\
 \frac{0,0116}{0,0116} &> 1,2 \\
 1,0 &< 1,2
 \end{aligned}$$

Kategori 1b

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} &> 1,4 \\
 \frac{0,0116}{0,0116} &> 1,4 \\
 1,0 &< 1,4
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas bahwa pada lantai tiga nilai simpangannya kurang dari 1,2 (kategori 1a) dan kurang dari 1,4 (kategori 1b) yang berarti tidak terdapat ketidakberaturan torsi baik kategori 1a maupun kategori 1b. Untuk ketidakberaturan torsi arah X dan arah Y lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5. 27 Ketidakberaturan Torsi Arah X

Lt	U_{IA}	Δ_A	U_{IB}	Δ_B	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek 1a	Cek 1b
	m	m	m	m	m		
Top	0.0463	0.0029	0.0463	0.0029	1.000	Reguler	Reguler
Atap	0.0434	0.0057	0.0434	0.0057	1.000	Reguler	Reguler
5	0.0376	0.0091	0.0376	0.0091	1.000	Reguler	Reguler

Lanjutan Tabel 5. 28 Ketidakberaturan Torsi Arah X

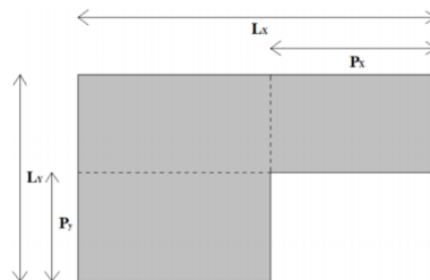
Lt	U_{IA}	Δ_A	U_{IB}	Δ_B	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek 1a	Cek 1b
	m	m	m	m	m		
4	0.0285	0.0116	0.0285	0.0116	1.000	Reguler	Reguler
3	0.0169	0.0116	0.0169	0.0116	1.000	Reguler	Reguler
2	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	1.000	Reguler	Reguler
1	0	0	0	0	0.000	Reguler	Reguler

Tabel 5. 29 Ketidakberaturan Torsi Arah Y

Lt	U_{2A}	Δ_A	U_{2B}	Δ_B	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek 1a	Cek 1b
	m	m	m	m	m		
Top	0.0518	0.0027	0.0464	0.0032	1.086	Reguler	Reguler
Atap	0.0491	0.0057	0.0432	0.0060	1.020	Reguler	Reguler
5	0.0434	0.0105	0.0372	0.0090	1.079	Reguler	Reguler
4	0.0328	0.0135	0.0282	0.0114	1.083	Reguler	Reguler
3	0.0194	0.0134	0.0168	0.0116	1.073	Reguler	Reguler
2	0.0060	0.0060	0.0052	0.0052	1.066	Reguler	Reguler
1	0	0	0	0	0.000	Reguler	Reguler

2. Kategori 2 Ketidakberaturan Sudut Dalam

Kategori 2 didefinisikan ada ketika kedua proyeksi dimensi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur pada arah yang ditinjau.



Gambar 5. 25 Ketidakberaturan Sudut Dalam

(Sumber: SNI 1726-2019)

Berdasarkan pada gedung yang dievaluasi memiliki denah struktur yang persegi panjang atau peletakan kolom yang tipikal terhadap sumbu ortogonal, sehingga dapat disimpulkan bahwa gedung tersebut tidak terdapat ketidakberaturan sudut dalam.

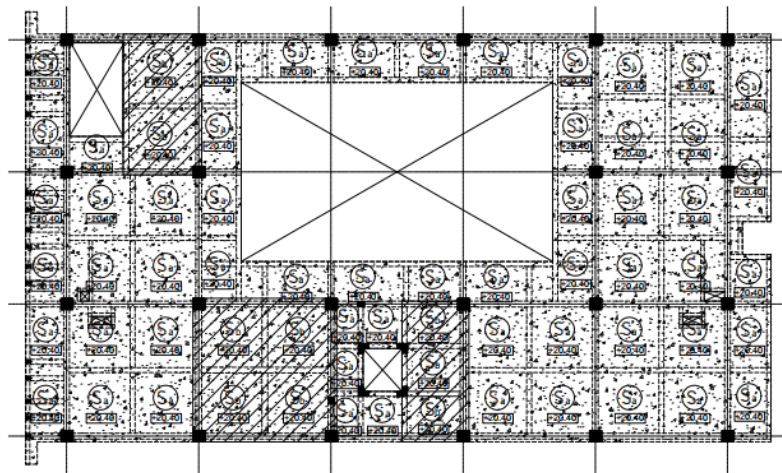
3. Kategori 3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Kategori 3 didefinisikan ada ketika terdapat satu tingkat memiliki bukaan atau daerah yang terpotong lebih besar dari 50% luas daerah totalnya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% satu tingkat ke tingkat selanjutnya.



Gambar 5. 26 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

(Sumber: SNI 1726-2019)



Gambar 5. 27 Bukaan pada Lantai Dak Atap

Berdasarkan pada Gambar 5.24 di atas, didapatkan pada lantai dak atap luas total sebesar 1110,446 m² dengan bukaan seluas 231,2503 m². Adapun langkah perhitungan yang dilakukan untuk pengecekan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma sebagai berikut.

$$\frac{\text{Luas Bukaannya}}{\text{Luas Total}} \times 100\% > 50\%$$

$$\frac{231,2503}{1110,446} \times 100\% > 50\%$$

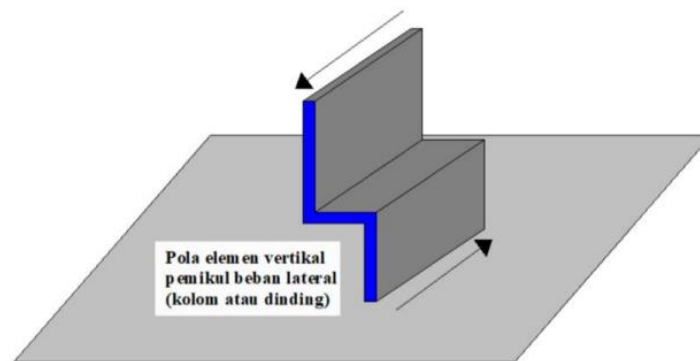
$$20,83\% < 50\%$$

Pada hasil perhitungan di atas diperoleh rasio luas bukaan terhadap luas total yaitu sebesar 20,83% yang mana hasil tersebut kurang dari 50%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada lantai dak atap tidak terdapat ketidakberaturan diskontinuitas diafragma. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.28 sebagai berikut.

Tabel 5. 30 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Lantai	A_{total} (m ²)	A_{bukaan} (m ²)	Ratio	Cek
Atap	1110,446	231,2503	20,83%	Reguler
5	1172,493	79,4328	6,77%	Reguler
4	1009,169	74,9919	7,43%	Reguler
3	1143,648	68,7863	6,01%	Reguler
2	982,5225	68,7863	7,00%	Reguler
1	982,5225	6,11	0,62%	Reguler

- Kategori 4 Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang
 Kategori 4 didefinisikan ada ketika elemen vertikal yang dalam hal ini yaitu kolom yang mengalami pembengkokan atau pergeseran tegak lurus terhadap bidang setidaknya terjadi pada satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.



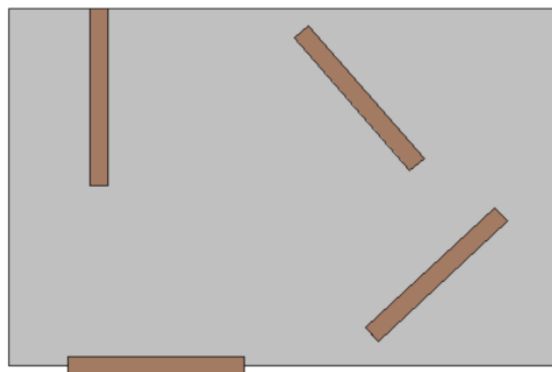
Gambar 5. 28 Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang

(Sumber: SNI 1726-2019)

Berdasarkan denah struktur yang dievaluasi, dimana struktur pada elemen vertikal yaitu kolom menerus dari bawah sampai atas dan tidak mengalami pembekokan atau pergeseran ke dalam ataupun ke luar terhadap bidang. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang.

5. Kategori 5 Ketidakberaturan Sistem Nonparalel

Kategori 5 didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral dalam hal ini yaitu kolom yang tidak paralel terhadap sumbu ortogonal utama (sumbu X dan sumbu Y) sistem pemikul gaya seismik.



Gambar 5. 29 Ketidakberaturan Sistem Nonparalel

(Sumber: SNI 1726-2019)

Berdasarkan pada gedung yang dievaluasi bahwa dapat dilihat elemen vertikal pemikul gaya lateral yaitu kolom semuanya tegak lurus terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama, sehingga dapat disimpulkan bahwa gedung tersebut tidak memiliki ketidakberaturan sistem nonparalel.

5.12 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Tabel 20, batas kriteria simpangan antar lantai (Δ_a) untuk bangunan dengan kategori risiko II yaitu $0,002h_{sx}$ dan sesuai pasal 7.12.1.1 untuk kategori desain seismik D, simpangan antar lantai (δ_x) yang diperoleh tidak boleh melebihi Δ_a/ρ untuk semua lantai, dengan h_{sx} adalah tinggi lantai yang ditinjau dan ρ adalah faktor redundansi.

Adapun contoh perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada lantai tiga arah X berikut ini.

$$\begin{aligned}\delta_{e3} &= U_I \text{ lantai 3} - U_I \text{ lantai 2} \\ &= 0,0161 - 0,0051 \\ &= 0,0110 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_3 &= \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \\ &= \frac{5,5 \times 0,0110}{1} \\ &= 0,0604 \text{ m}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\delta_3 \leq \frac{\Delta_a}{\rho}$$

$$\delta_3 \leq \frac{0,002h_{sx}}{\rho}$$

$$0,0604 \text{ m} \leq \frac{0,002 \times 4,2}{1,3}$$

$$0,0604 \text{ m} \leq 0,0646 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai δ_x pada lantai tiga sebesar 0,0604 m yang mana kurang dari simpangan antar lantai izin (Δ_a/ρ) yaitu sebesar 0,0646 m, maka dapat dikatakan bahwa pada lantai tiga telah memenuhi syarat simpangan antar lantai izin. Untuk lebih lengkapnya hasil perhitungan

simpangan antar lantai untuk arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 sebagai berikut.

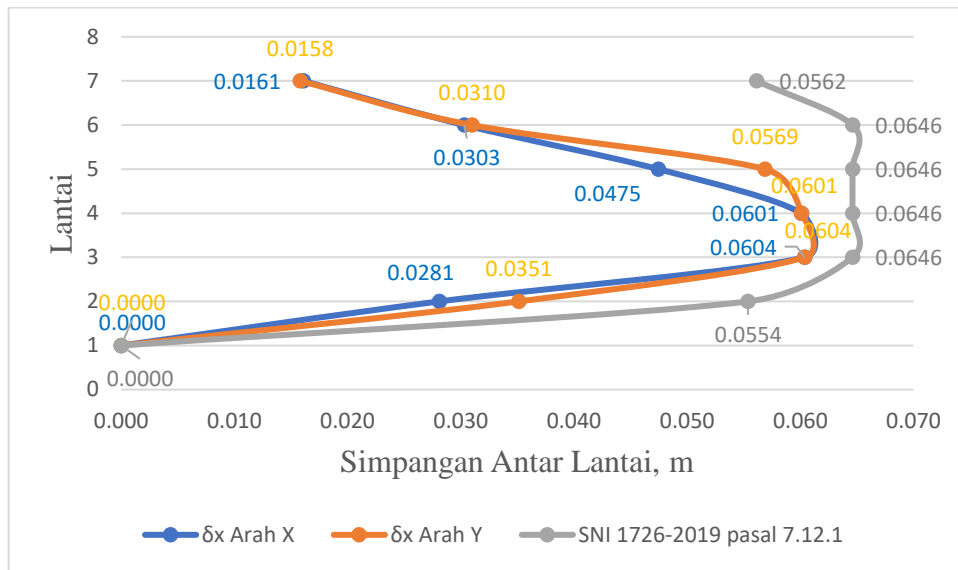
Tabel 5. 31 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	U_1	C_d/I_e	δ_{xe}	δ_x	h_{sx}	Δ_d/ρ	Cek
	m		m	m	m	m	
Top	0,0441	5,5	0,0029	0,0161	3,65	0,0562	Aman
Dak Atap	0,0412	5,5	0,0055	0,0303	4,2	0,0646	Aman
5	0,0356	5,5	0,0086	0,0475	4,2	0,0646	Aman
4	0,0270	5,5	0,0109	0,0601	4,2	0,0646	Aman
3	0,0161	5,5	0,0110	0,0604	4,2	0,0646	Aman
2	0,0051	5,5	0,0051	0,0281	3,6	0,0554	Aman
1	0	5,5	0,0000	0,0000	0	0,0000	Aman

Tabel 5. 32 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	U_2	C_d/I_e	δ_{ye}	δ_y	h_{sy}	Δ_d/ρ	Cek
	m		m	m	m	m	
Top	0,0471	5,5	0,0029	0,0158	3,65	0,0562	Aman
Dak Atap	0,0443	5,5	0,0056	0,0310	4,2	0,0646	Aman
5	0,0386	5,5	0,0103	0,0569	4,2	0,0646	Aman
4	0,0283	5,5	0,0109	0,0601	4,2	0,0646	Aman
3	0,0174	5,5	0,0110	0,0604	4,2	0,0646	Aman
2	0,0064	5,5	0,0064	0,0351	3,6	0,0554	Aman
1	0,0000	5,5	0,0000	0,0000	0	0,0000	Aman

Hasil rekapitulasi dari Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 di atas, dapat ditampilkan dalam bentuk garfik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.30 sebagai berikut.



Gambar 5. 30 Grafik Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan grafik di atas pada Gambar 5.24 dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai yang diperoleh baik arah X maupun arah Y telah memenuhi syarat yang ada yaitu kurang dari simpangan antar lantai izin (Δ_a/ρ).

5.13 Kontrol Kinerja Batas Layan

Sebagai bentuk pemenuhan kriteria kinerja batas layan struktur, dalam hal ini simpangan antar lantai yang dihasilkan dari perhitungan simpangan struktur gedung pada analisis *software* SAP2000 tidak boleh melebihi $0,03/R$ dikali dengan tinggi lantai yang tinjau atau 30 mm, digunakan nilai yang terkecil sebagai batas kriteria kinerja batas layan.

Adapun contoh perhitungan evaluasi kinerja batas layan pada lantai tiga arah X berikut ini.

$$\begin{aligned}\Delta_s \text{ antar lantai} &= U_I \text{ lantai 3} - U_I \text{ lantai 2} \\ &= 0,0169 - 0,0053 \\ &= 0,0116 \text{ m}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\Delta_s \text{ antar lantai} &< \frac{0,03}{R} \times h_{s,3} \text{ atau } 30 \text{ mm} \\ 0,0116 \text{ m} &< \frac{0,03}{8} \times 4,2 \text{ atau } 0,03 \text{ m} \\ 0,0116 \text{ m} &< 0,0158 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai Δ_s antar lantai sebesar 0,0116 m yang mana kurang dari syarat yaitu sebesar 0,0158 m, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada lantai tiga simpangan antar lantainya telah memenuhi syarat kinerja batas layan. Untuk lebih lengkapnya perhitungan kinerja batas layan untuk arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan Tabel 5.32 sebagai berikut.

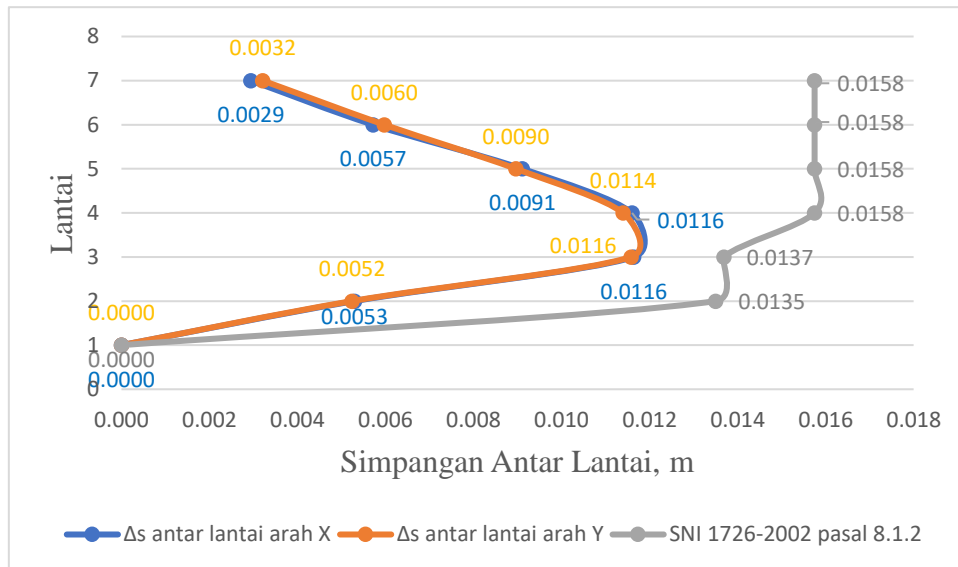
Tabel 5. 33 Kontrol Kinerja Batas Layan pada Arah X

Lantai	U_{IB}	Δ_s antar lantai	h_{sx}	Δ_{izin1}	Δ_{izin2}	Cek
	m	m	m	m	m	
Top	0,0463	0,0029	3,65	0,03	0,0137	OK
Dak Atap	0,0434	0,0057	4,2	0,03	0,0158	OK
5	0,0376	0,0091	4,2	0,03	0,0158	OK
4	0,0285	0,0116	4,2	0,03	0,0158	OK
3	0,0169	0,0116	4,2	0,03	0,0158	OK
2	0,0053	0,0053	3,6	0,03	0,0135	OK
1	0,0000	0	0	0,03	0,0000	OK

Tabel 5. 34 Kontrol Kinerja Batas Layan pada Arah Y

Lantai	U_{2B}	Δ_s antar lantai	h_{sx}	Δ_{izin1}	Δ_{izin2}	Cek
	m	m	m	m	m	
Top	0,0464	0,0032	3,65	0,03	0,0137	OK
Dak Atap	0,0432	0,0060	4,2	0,03	0,0158	OK
5	0,0372	0,0090	4,2	0,03	0,0158	OK
4	0,0282	0,0114	4,2	0,03	0,0158	OK
3	0,0168	0,0116	4,2	0,03	0,0158	OK
2	0,0052	0,0052	3,6	0,03	0,0135	OK
1	0,0000	0	0	0,03	0,0000	OK

Hasil rekapitulasi dari Tabel 5.31 dan Tabel 5.32 di atas, ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.31 sebagai berikut.



Gambar 5. 31 Grafik Kontrol Kinerja Batas Layan

Berdasarkan grafik di atas seperti yang ditunjukkan Gambar 5.28 dapat disimpulkan bahwa Δ_s antar lantai yang diperoleh baik arah X maupun arah Y telah memenuhi syarat kinerja batas layan yaitu kurang dari simpangan antar lantai izin sesuai SNI 1726-2002 pasal 8.1.2.

5.14 Kontrol Kinerja Batas Ultimit

Untuk pemenuhan kriteria kinerja batas ultimit struktur, dalam hal ini simpangan antar lantai (Δ_m) yang dihasilkan dari simpangan struktur gedung pada analisis *software* SAP2000 yang dikali dengan $0,7R$ itu tidak boleh melebihi nilai $0,02$ dikali dengan tinggi lantai yang tinjau.

Adapun contoh perhitungan evaluasi kinerja batas ultimit pada lantai tiga arah X berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \xi &= 0,7 \times R \\
 &= 0,7 \times 8 \\
 &= 5,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_m \text{ antar lantai} &= U_{IA} \text{ lantai 3} - U_{IA} \text{ lantai 2} \\
 &= 0,0169 - 0,0053 \\
 &= 0,0116 \text{ m} \\
 \xi \Delta_m &= 5,6 \times 0,0116 \\
 &= 0,0652 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 \xi \Delta_m &< 0,02h_{sx} \\
 0,0116 \text{ m} &< 0,02 \times 4,2 \\
 0,0116 \text{ m} &< 0,0840 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai $\xi \Delta_m$ antar lantai sebesar 0,0116 m yang mana kurang dari syarat yaitu sebesar 0,0840 m, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada lantai tiga simpangan antar lantainya telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit. Berikut ini untuk lebih lengkapnya perhitungan kinerja batas ultimit untuk arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.33 dan Tabel 5.34.

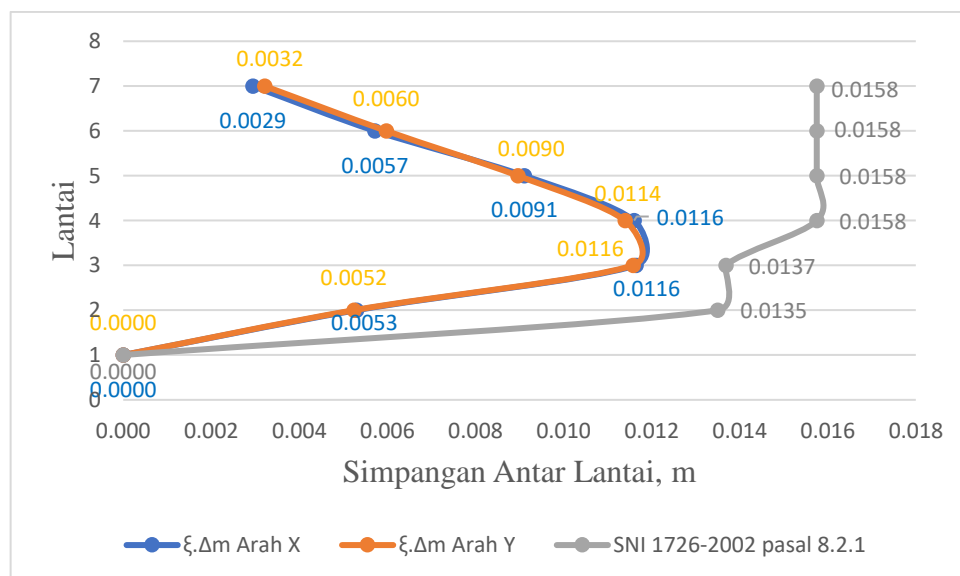
Tabel 5. 35 Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah X

Lantai	U_{IA}	Δ_m antar lantai	h_{sx}	$\xi \Delta_m$	$0.02h_{sx}$	Cek
	m	m	m	m		
Top	0,0463	0,0029	3,65	0,0165	0,0730	OK
Dak Atap	0,0434	0,0057	4,2	0,0320	0,0840	OK
5	0,0376	0,0091	4,2	0,0510	0,0840	OK
4	0,0285	0,0116	4,2	0,0650	0,0840	OK
3	0,0169	0,0116	4,2	0,0652	0,0840	OK
2	0,0053	0,0053	3,6	0,0297	0,0720	OK
1	0,0000	0	0	0,0000	0,0000	OK

Tabel 5. 36 Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah Y

Lantai	U_{2A}	Δ_m antar lantai	h_{sx}	$\xi \cdot \Delta_m$	$0.02h_{sx}$	Cek
	m	m	m	m		
Top	0.0518	0.0027	3,65	0.0151	0,0730	OK
Dak Atap	0.0491	0.0057	4,2	0.0321	0,0840	OK
5	0.0434	0.0105	4,2	0.0589	0,0840	OK
4	0.0328	0.0135	4,2	0.0754	0,0840	OK
3	0.0194	0.0134	4,2	0.0750	0,0840	OK
2	0.0060	0.0060	3,6	0.0335	0,0720	OK
1	0.0000	0	0	0,0000	0,0000	OK

Hasil rekapitulasi hasil dari Tabel 5.33 dan Tabel 5.34 di atas, ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang disajikan pada Gambar 5.32 sebagai berikut.



Gambar 5. 32 Grafik Kontrol Kinerja Batas Ultimit

Berdasarkan grafik di atas seperti yang ditunjukkan Gambar 5.29 dapat disimpulkan bahwa nilai $\xi \cdot \Delta_m$ antar lantai yang diperoleh baik arah X maupun arah Y telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit yaitu kurang dari simpangan antar lantai izin ($0,02h_{sx}$).

5.15 Level Kinerja Berdasarkan ATC-40

Level kinerja gedung dapat ditentukan berdasarkan kriteria ATC-40. Berdasarkan pada Tabel 5.29 untuk arah X dan pada Tabel 5.30 untuk arah Y mengenai batasan *drift* pada atap dapat diketahui level kinerja gedung dengan parameter *maximum drift ratio* dan *maximum inelastic drift ratio*.

Adapun perhitungan kontrol level kinerja berdasarkan kriteria ATC-40 pada arah X dan arah Y berikut ini.

1. *Drift Ratio* Menurut ATC-40 pada Arah X

$$\begin{aligned} \text{a. Max Drift Ratio} &= \frac{D_t}{H_{total}} \\ &= \frac{0,0441}{24,05} \\ &= 0,00183 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.17 nilai *max draft ratio* kurang dari 0,01 maka level kinerja gedung termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy*.

$$\begin{aligned} \text{b. Max Inelastic Drift Ratio} &= \frac{D_t - D_l}{H_{total}} \\ &= \frac{0,0441 - 0,0051}{24,05} \\ &= 0,0016 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.17 nilai *max inelastic draft ratio* kurang dari 0,005 maka level kinerja gedung termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy*.

2. *Drift Ratio* Menurut ATC-40 pada Arah Y

$$\begin{aligned} \text{a. Max Drift Ratio} &= \frac{D_t}{H_{total}} \\ &= \frac{0,0471}{24,05} \\ &= 0,00196 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.17 nilai *max draft ratio* kurang dari 0,01 maka level kinerja gedung termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy*.

$$\begin{aligned} \text{b. Max Inelastic Drift Ratio} &= \frac{D_t - D_l}{H_{total}} \\ &= \frac{0,0471 - 0,0064}{24,05} \\ &= 0,0017 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.17 nilai *max inelastic draft ratio* kurang dari 0,005 maka level kinerja gedung termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy*

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan evaluasi struktur menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum pada BAB V, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai gaya geser dasar dinamik yang diperoleh yaitu pada arah X sebesar 2404,625 kN dan pada arah Y sebesar 2404,188 kN telah melebihi nilai dari gaya geser statik sebagai syarat sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4. Kemudian pada pusat massa nilai simpangan antar lantai terbesar berada di lantai tiga yaitu untuk arah X sebesar 0,06039 m dan untuk arah Y sebesar 0,06038 m telah memenuhi syarat kurang dari simpangan antar lantai izin (Δ_a/ρ) sebesar 0,0646 m, sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1.1.
2. Berdasarkan kriteria kinerja batas layan nilai simpangan antar lantai terbesar berada di lantai tiga yaitu sebesar 0,01164 m untuk arah X dan sebesar 0,01158 m untuk arah Y telah memenuhi syarat kurang dari $0,03/R$ dikali dengan tinggi lantai yang tinjau yaitu sebesar 0,0158 m, sesuai dengan SNI 1726-2002 pasal 8.1.2. Sedangkan berdasarkan kriteria kinerja batas ultimit nilai simpangan antar lantai terbesar berada di lantai empat yaitu sebesar 0,0116 m untuk arah X dan sebesar 0,0135 m untuk arah Y telah memenuhi syarat kurang dari $0,02$ dikali dengan tinggi lantai yang tinjau yaitu sebesar 0,0840 m, sesuai dengan SNI 1726-2002 pasal 8.2.2.
3. Nilai *drift ratio* yang diperoleh yaitu sebesar 0,00183 untuk arah X dan sebesar 0,00196 untuk arah Y, sehingga menurut ATC-40 level kinerja struktur masuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO). Yang artinya pada saat terjadi gempa, struktur gedung tidak mengalami kerusakan yang berarti dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum terjadi gempa sehingga dapat segera difungsikan kembali tanpa perbaikan yang signifikan.

6.2 Saran

Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, beberapa saran dari penulis untuk penelitian berikutnya adalah sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan penelitian dengan menganalisis bangunan yang lebih kompleks atau tidak beraturan dan lokasi gedung yang berada pada daerah yang cukup rawan terjadi gempa bumi, sehingga analisis dengan metode respon spektrum dapat memperoleh hasil yang lebih signifikan.
2. Dapat melakukan penelitian dengan analisis dinamik metode riwayat waktu dengan menggunakan pendekatan beban gempa yang mendekati kondisi riil.
3. Pada analisis struktur berikutnya dapat dilanjutkan dengan memperhitungkan pengaruh *P-Delta* untuk mengetahui tingkat keamanan dan kestabilan gedung.
4. Diperlukan komputer berperforma tinggi untuk mempercepat proses analisis menggunakan *software* SAP2000 dengan metode respon spektrum dan mengurangi kemungkinan kegagalan selama eksekusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council (ATC-40)*. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Volume 1. Redwood City. California.
- Arrasyid, M. I. 2022. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Metode Analisis Respons Spektrum dan *Time History* (Studi Kasus : Gedung Direktorat Narkoba dan Direktorat Intelkam Polda Jabar Kota Bandung). Skripsi. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1726:2002). 2002. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1726:2019). 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1727:2018). 2018. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1727:2020). 2020. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847:2019). 2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta.
- Geo and Structure Academy*. 2014. *Load analysis, design and detailing of lift core consisting of shear wall in ETABS 2016/17/18/19*. Diakses pada 12 Oktober 2023 dari <https://www.youtube.com/watch?v=eqZ-OYAEL-s&list=PL3yYJrxNKmxxReJMCio9dRysb02PXkJXC&index=3&pp=gAQBiAQB>

- Hasan, A., dan Astira, I. F. 2013. Analisis Perbandingan Simpangan Lateral Bangunan Tinggi dengan Variasi Bentuk dan Posisi Dinding Geser. Studi Kasus: Proyek Apartemen The Royale Springhill Residences. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Universitas Sriwijaya *1*(1). 047-056.
- Rendra, R., Kurniawandy, A., dan Djauhari, Z. 2015. Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa dengan Metode Respon Spektrum dan Time History. In *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)* (Vol. 1, pp.153-160).
- Satria, F. A. 2022. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Akibat Gempa Berdasarkan Simpangan Dengan Analisis Respon Spektrum (Studi Kasus Apartemen Kingland Avenue Serpong). Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Setiawan, D. B. 2021. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung pada Batas Layan dan Batas Ultimit dengan Analisis Dinamik Metode Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi). Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Silaban, G. T. N., Tampubolon, S. P., dan Mulyani, A. S. 2023. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, *9*(1), 84-95.
- Syahputra, R., Irwan, I., dan Sumantri, A. 2021. Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726: 2019. *Buletin Utama Teknik*, *17*(1), 98-105.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Tjokrodimuljo, K. 2007. *Concrete Technology*. Yogyakarta: Nafiri.

United States Geological Survey. 1879. *USGS Vs30 Maps Viewer*. Diakses pada 7 Mei 2023 dari

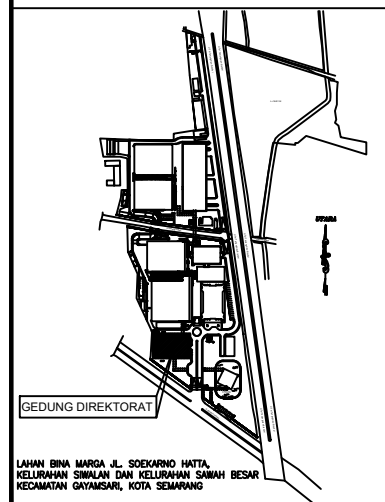
<https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1>.

Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. 1987. SKBI 1.3. 53.1987 Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Jakarta.

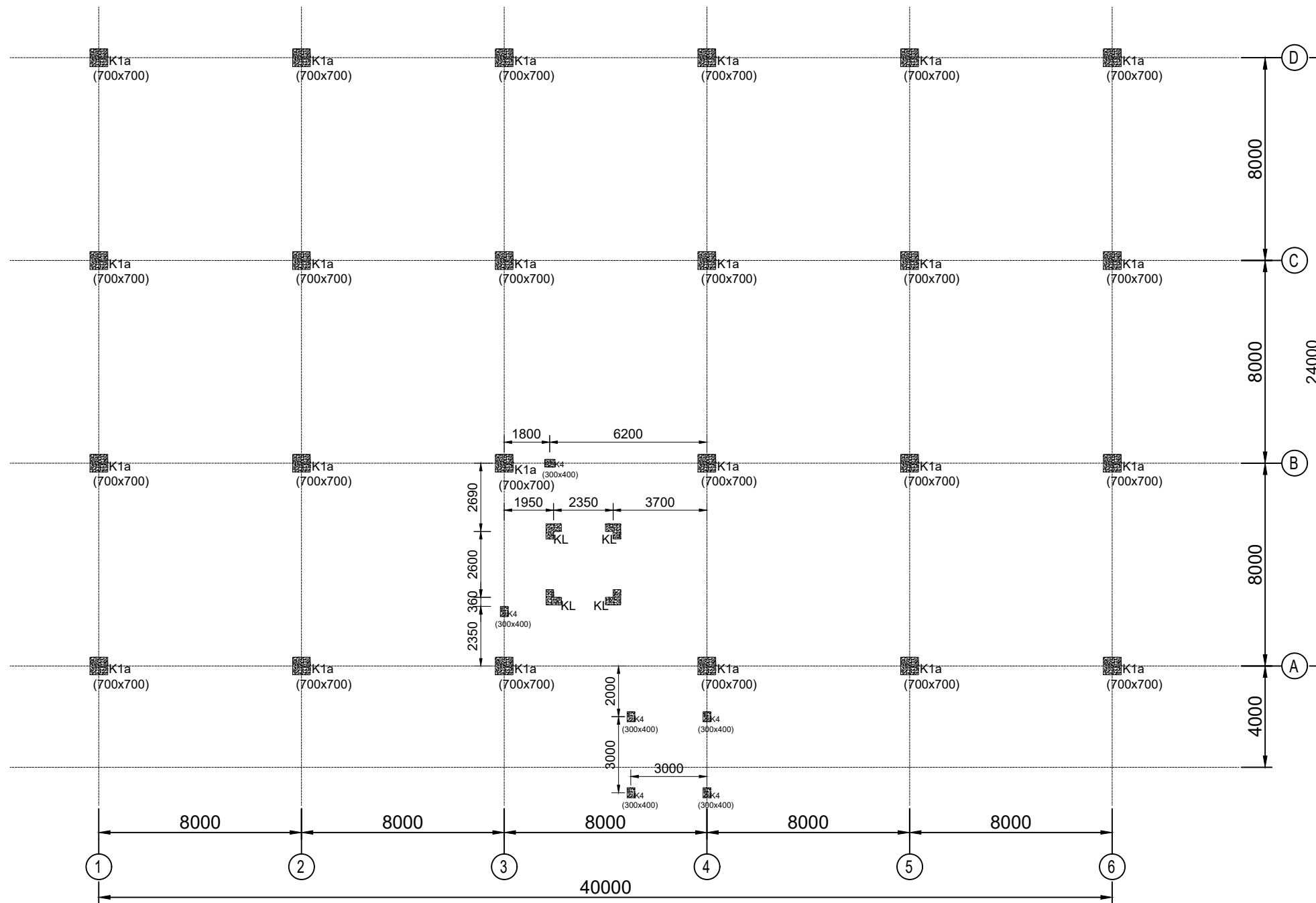
Wibowo, A. S. 2011. Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Riwayat Waktu. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

LAMPIRAN

**Lampiran 2 *Detail Engineering Design* (DED) Bangunan Gedung Direktorat
Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang**



LAHAN BINA MARGA JL. SOEKARNO HATTA
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG



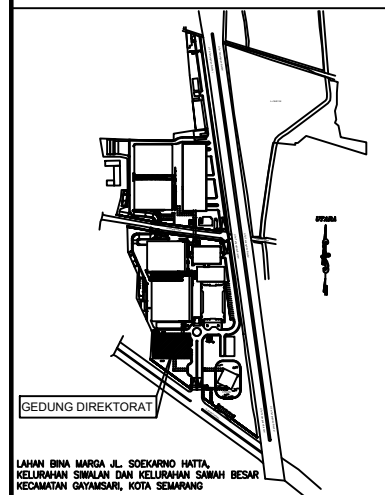
DENAH RENCANA KOLOM LANTAI.1
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:

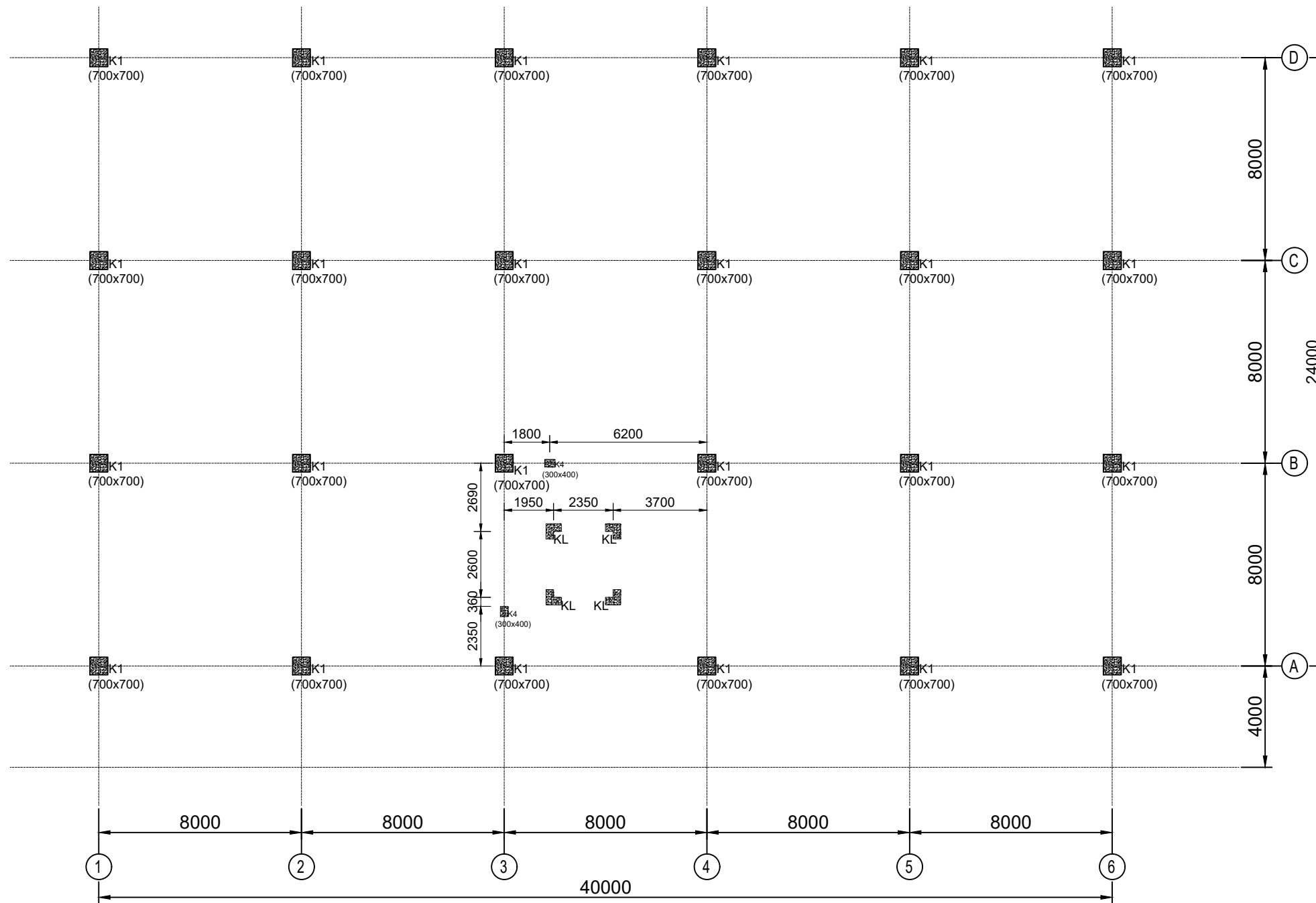
MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

DAFTAR KOLOM :

No.	Type	Dimensi	Jumlah	Elevasi Lantai	Tinggi Lantai	Keterangan
1.	K1a	700x700	24	±0.000	+3.600mm	Kolom Beton Bertulang
2.	K1	700x700	-	-	-	-
3.	K2	700x700	-	-	-	-
4.	K4	300x400	6	±0.000	+3.600mm	Kolom Beton Bertulang
5.	KL	300x600	4	±0.000	+3.600mm	Kolom Beton Bertulang
6.	W300	300x150x6.5x9	-	-	-	Kolom Baja IWF



LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO HMTA
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG



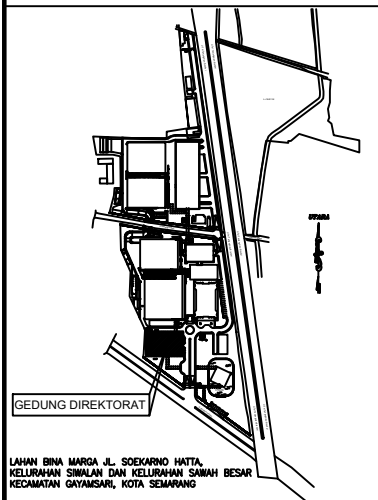
SPESIFIKASI:

MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

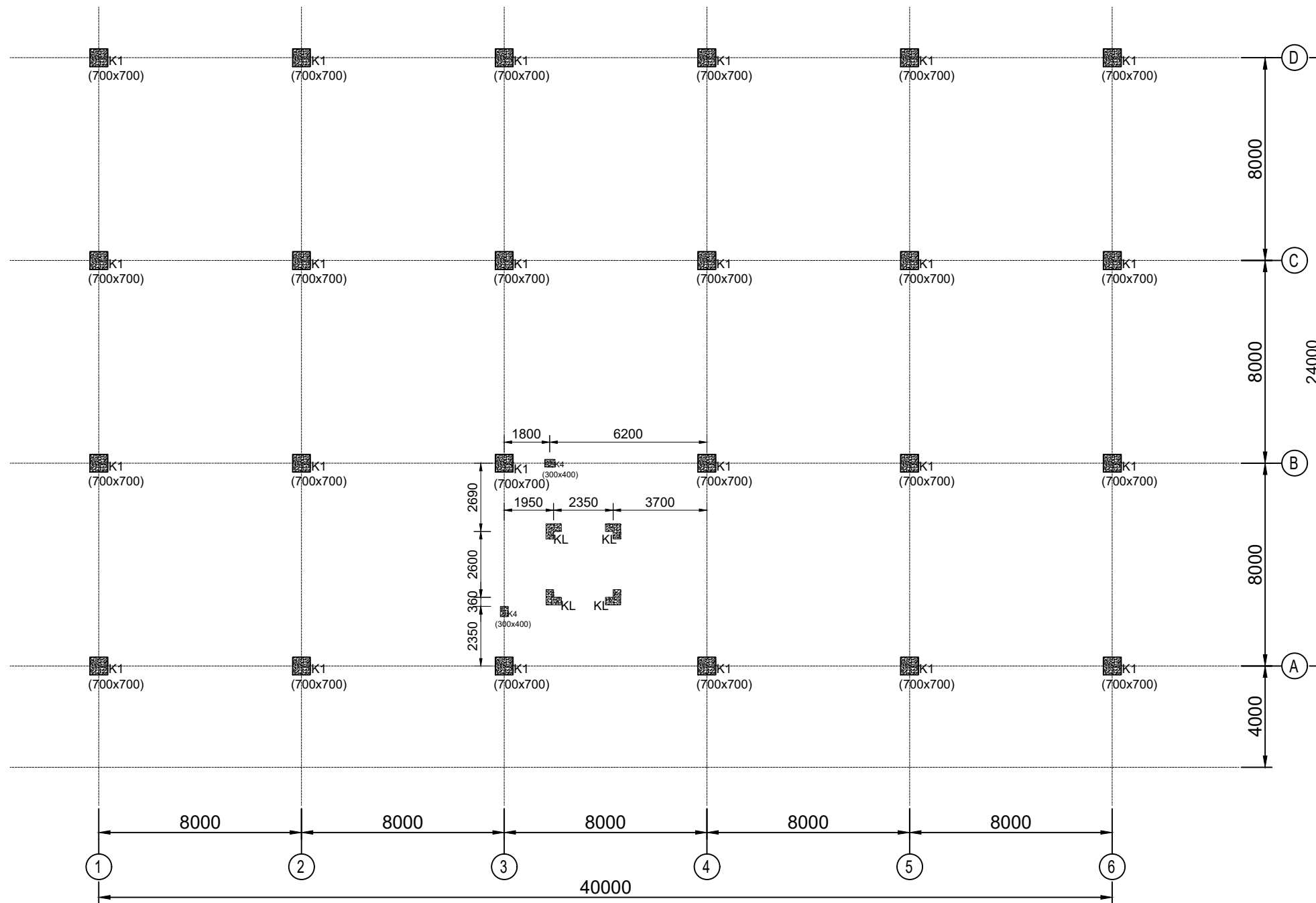
DAFTAR KOLOM :

No.	Type	Dimensi	Jumlah	Elevasi Lantai	Tinggi Lantai	Keterangan
1.	K1a	700x700	-	-	-	-
2.	K1	700x700	24	+3.600	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
3.	K2	700x700	-	-	-	-
4.	K4	300x400	2	+3.600	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
5.	KL	300x600	4	+3.600	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
6.	W300	300x150x6.5x9	-	-	-	Kolom Baja IWF

DENAH RENCANA KOLOM LANTAI.2
 SKALA 1 : 100



LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO HMTA
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG



DENAH RENCANA KOLOM LANTAI.3
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:

MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

DAFTAR KOLOM :

No.	Type	Dimensi	Jumlah	Elevasi Lantai	Tinggi Lantai	Keterangan
1.	K1a	700x700	-	-	-	-
2.	K1	700x700	24	+7.800	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
3.	K2	700x700	-	-	-	-
4.	K4	300x400	2	+7.800	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
5.	KL	300x600	4	+7.800	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
6.	W300	300x150x6.5x9	-	-	-	Kolom Baja IWF

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

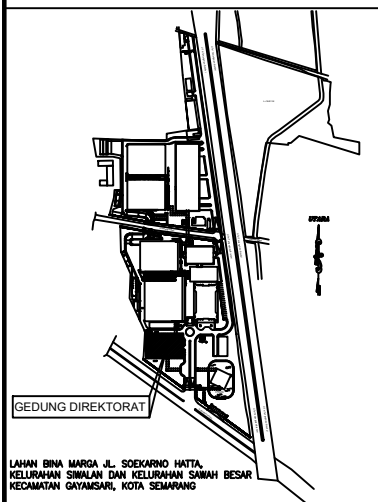
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

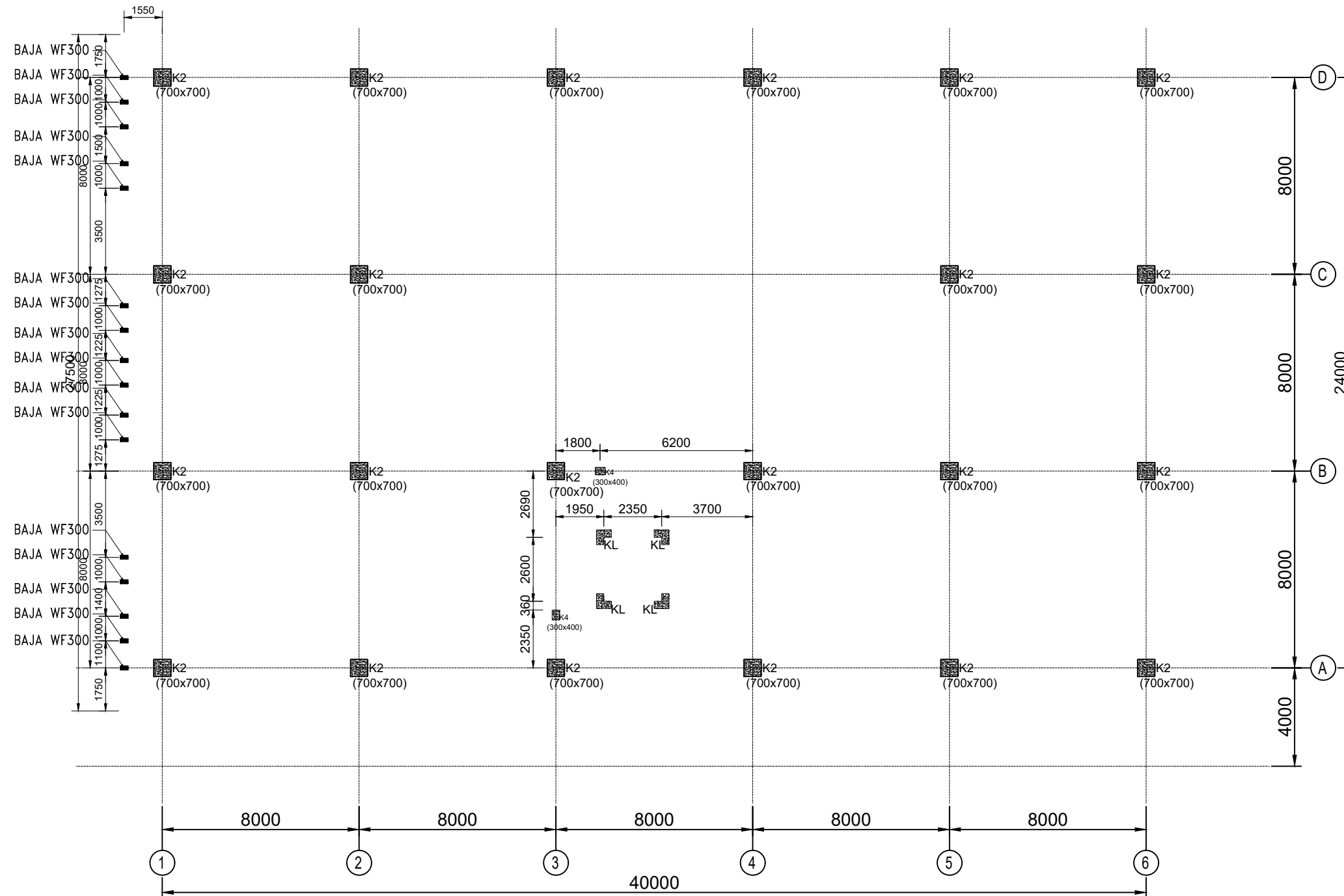
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296



LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

DENAH RENCANA KOLOM LANTAI.5



SPESIFIKASI:

MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

DAFTAR KOLOM :

No.	Type	Dimensi	Jumlah	Elevasi Lantai	Tinggi Lantai	Keterangan
1.	K1a	700x700	-	-	-	-
2.	K1	700x700	-	-	-	-
3.	K2	700x700	22	+16.200	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
4.	K4	300x400	2	+16.200	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
5.	KL	300x600	4	+16.200	+4.200mm	Kolom Beton Bertulang
6.	W300	300x150x6,5x9	16	+16.200	+4.200mm	Kolom Baja IWF

DENAH RENCANA KOLOM LANTAI.5
 SKALA 1 : 100

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

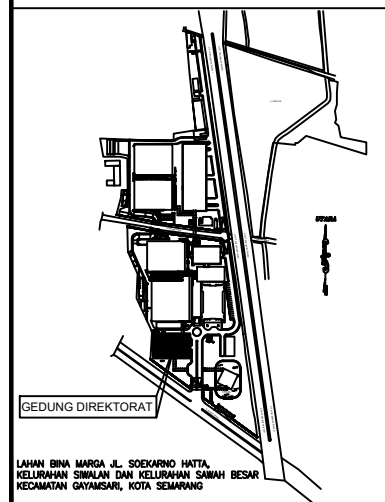
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

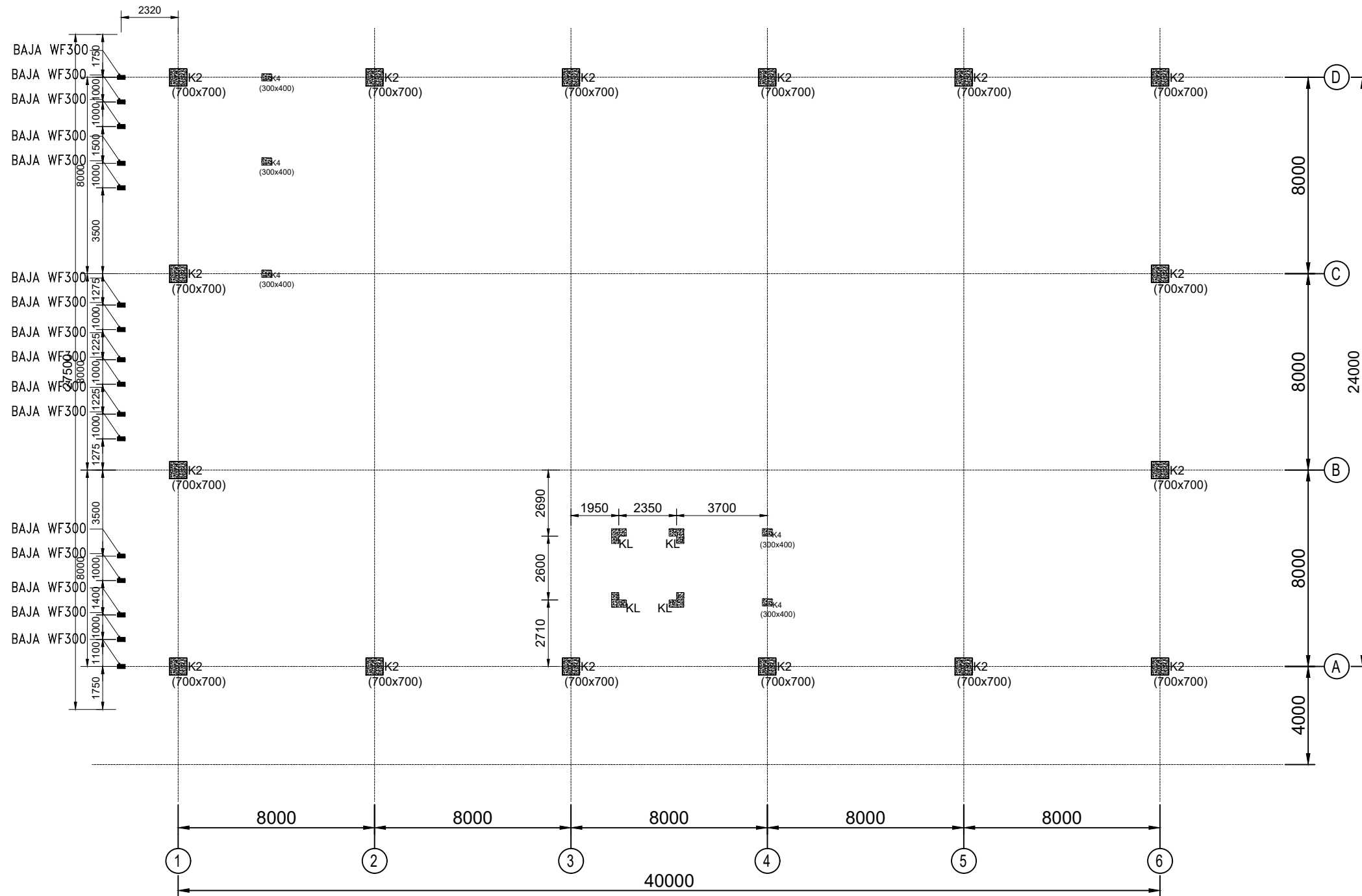
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296



LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENCANA
 KOLOM LT. DAK ATAP**



SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

DAFTAR KOLOM :						
No.	Type	Dimensi	Jumlah	Elevasi Lantai	Tinggi Lantai	Keterangan
1.	K1a	700x700	-	-	-	-
2.	K1	700x700	-	-	-	-
3.	K2	700x700	16	+20.400	+3.650mm	Kolam Beton Bertulang
4.	K4	300x400	2	+20.400	+3.650mm	Kolam Beton Bertulang
5.	KL	300x600	4	+20.400	+3.650mm	Kolam Beton Bertulang
6.	W300	300x150x6,5x9	16	+20.400	+3.650mm	Kolam Baja IWF

DENAH RENCANA KOLOM LT. DAK ATAP
 SKALA 1 : 100

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

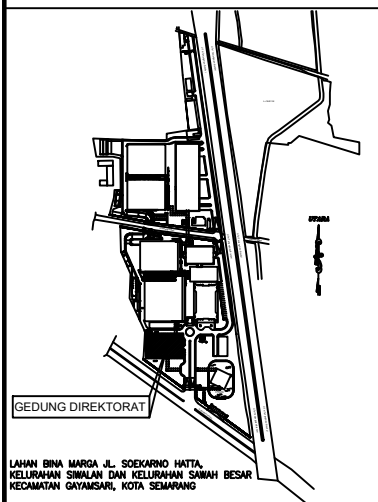
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



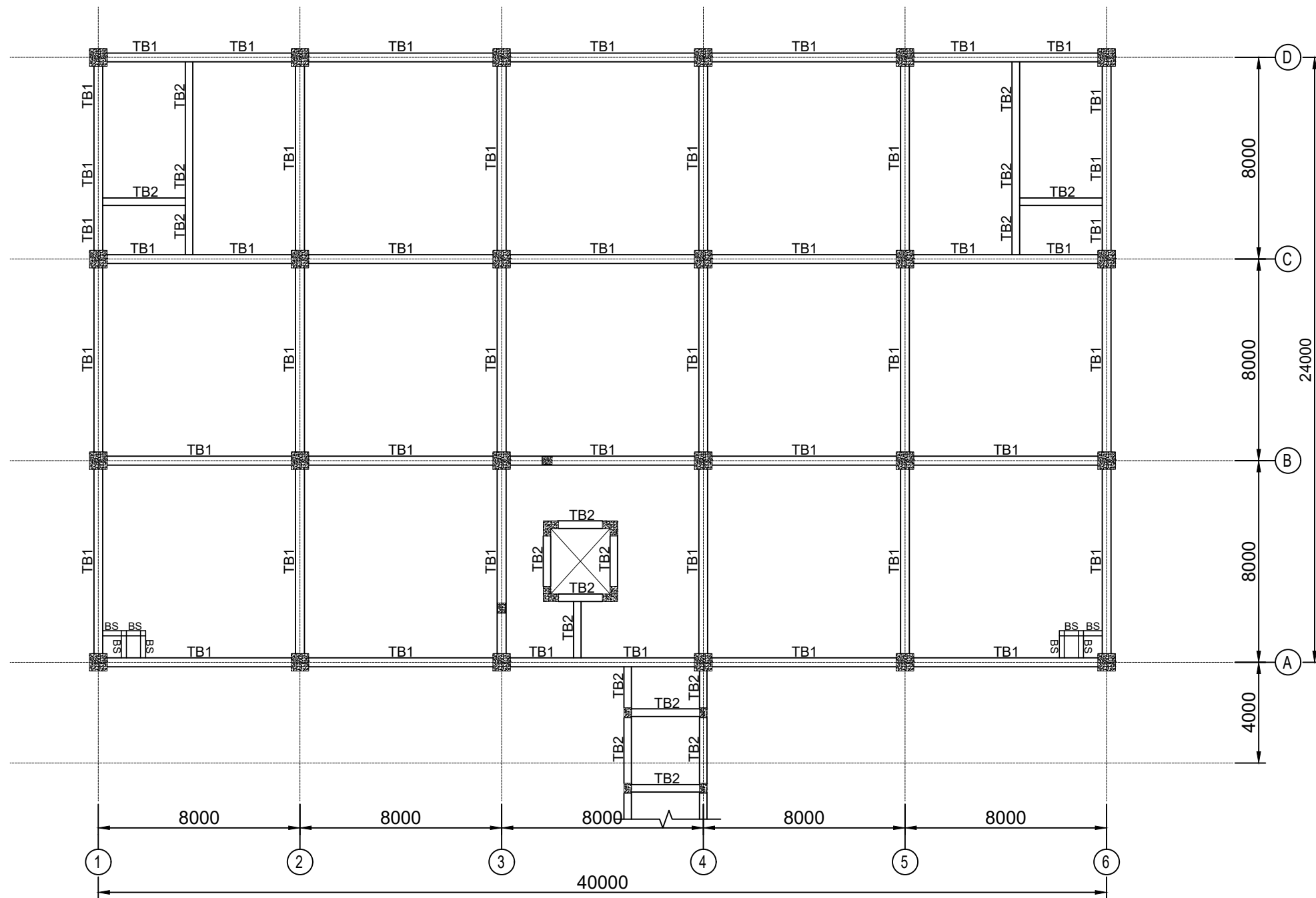
LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENCANA BALOK
 TIEBEAM LANTAI.1**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-26 1



○ DENAH RENCANA BALOK TIE BEAM LANTAI.1
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (B.JTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (B.JTP)	280 MPa

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

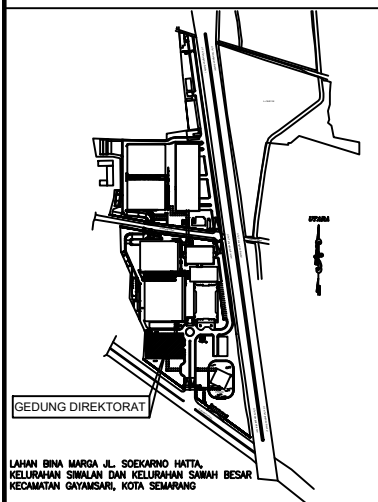
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



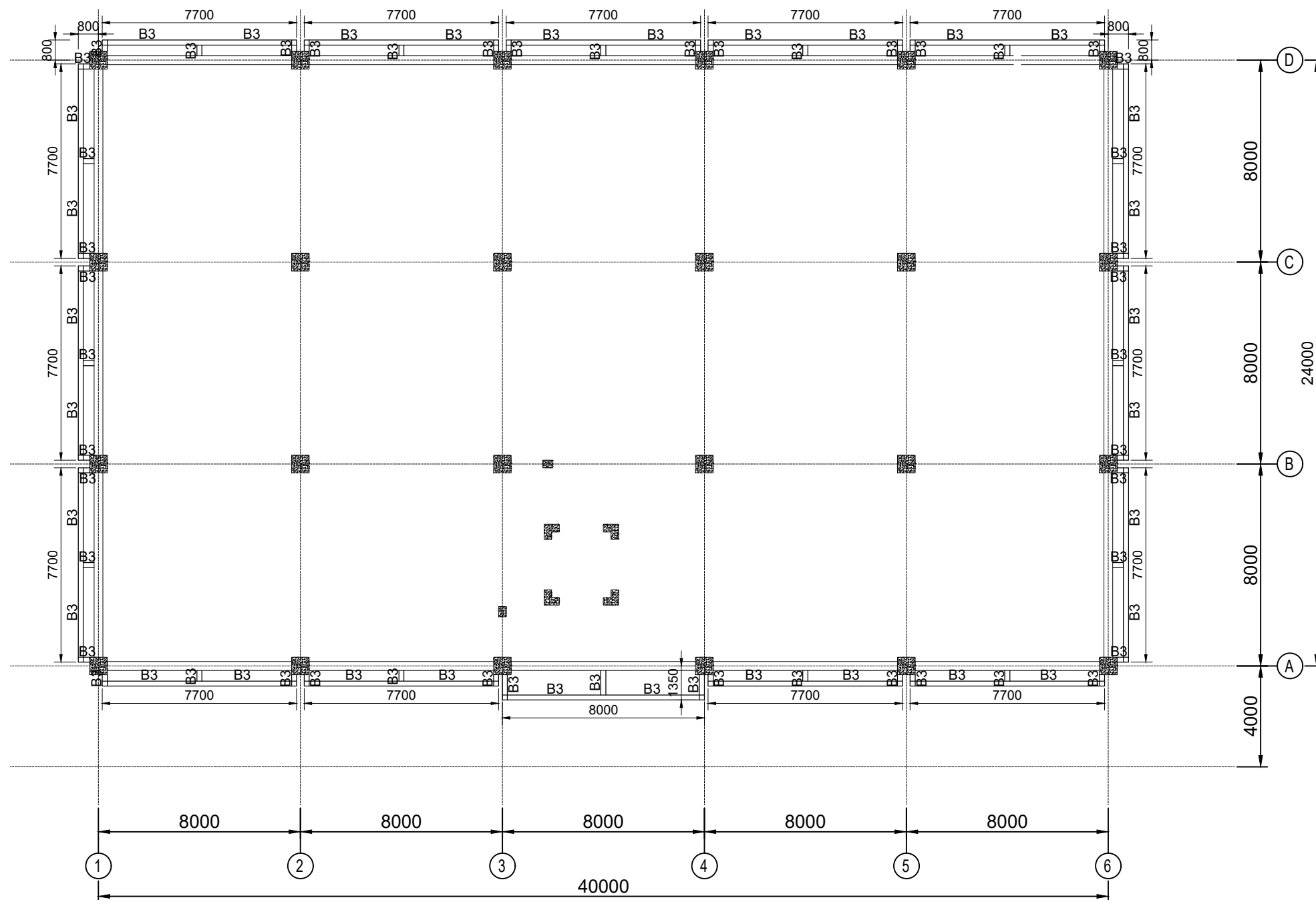
LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENCANA BALOK
 KANOPI Eiv. +2.950**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-28 1



○ DENAH RENCANA BALOK KANOPI Eiv. +2.950
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:

MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (B.JTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (B.JTP)	280 MPa

DAFTAR BALOK :

No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

DAFTAR BALOK :

No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

SEBELUM PELAKSANAAN PEKERJAAN DIMULAI, PELAKSANA DIWAJIBKAN MEMERIKSA, MEMBANDINGKAN SEMUA GAMBAR ARSITEKTUR, STRUKTUR, MEP, SERTA MELAPORKAN KEPADA DIREKSI LAPANGAN/PERENCANA APABILA TERDAPAT GAMBAR YANG TIDAK COCOK/TIDAK SESUAI TERMASUK DIMENSI ATAU UKURAN.

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

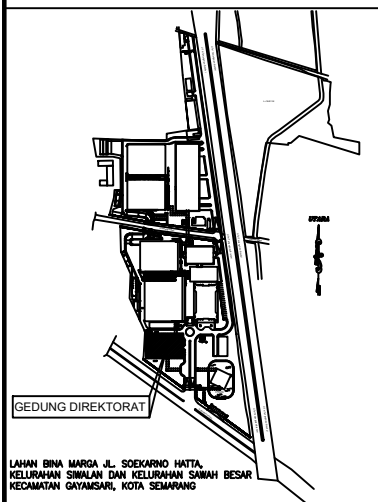
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



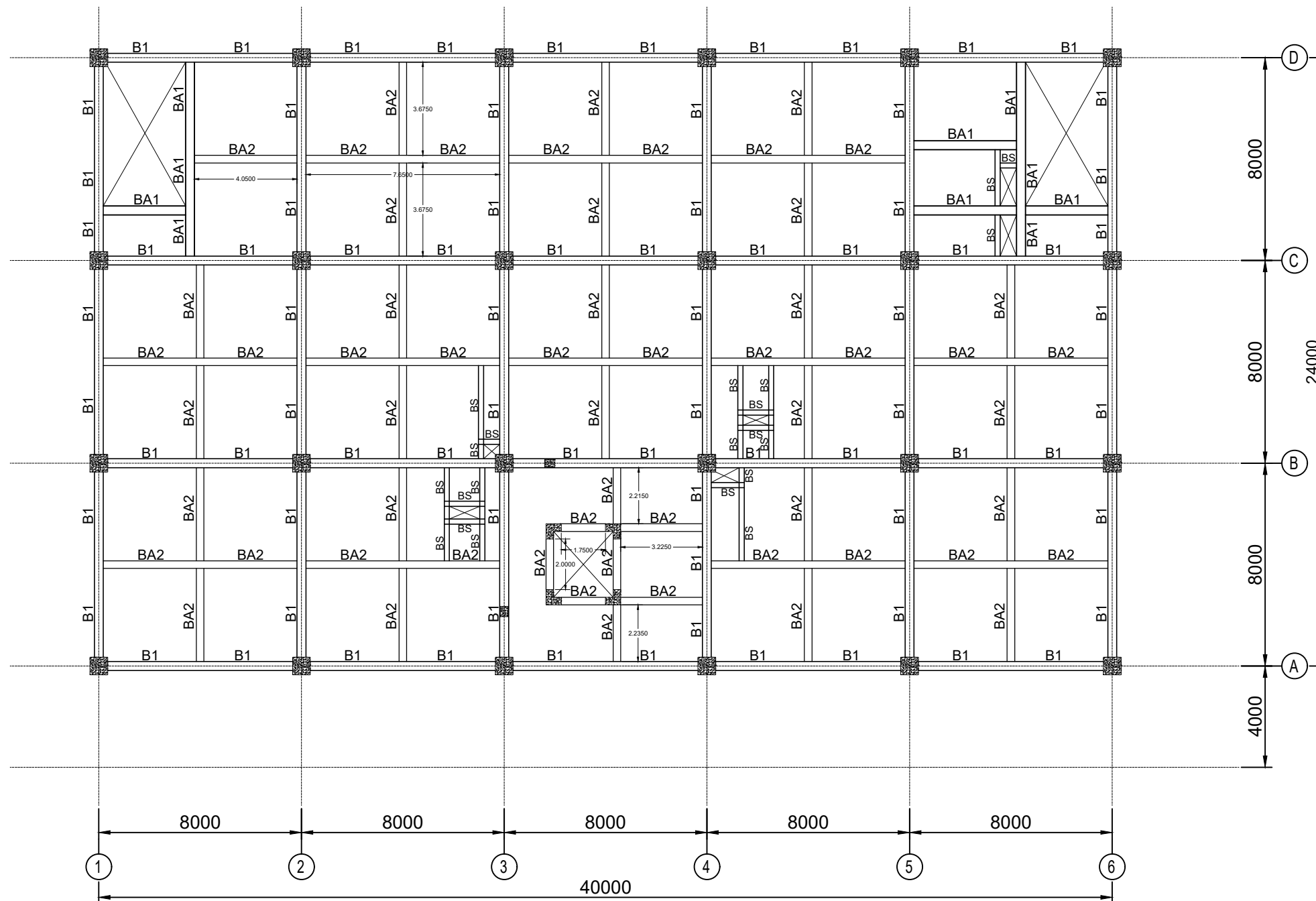
LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO MTJA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA BALOK LANTAI.2

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-29 1



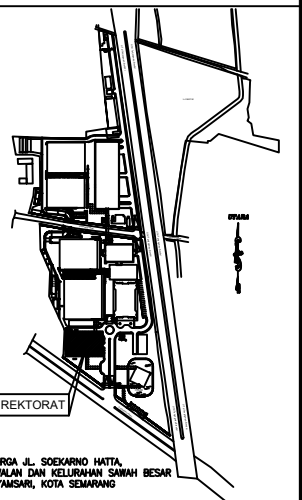
DENAH RENCANA BALOK LANTAI. 2
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (B.JTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (B.JTP)	280 MPa

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

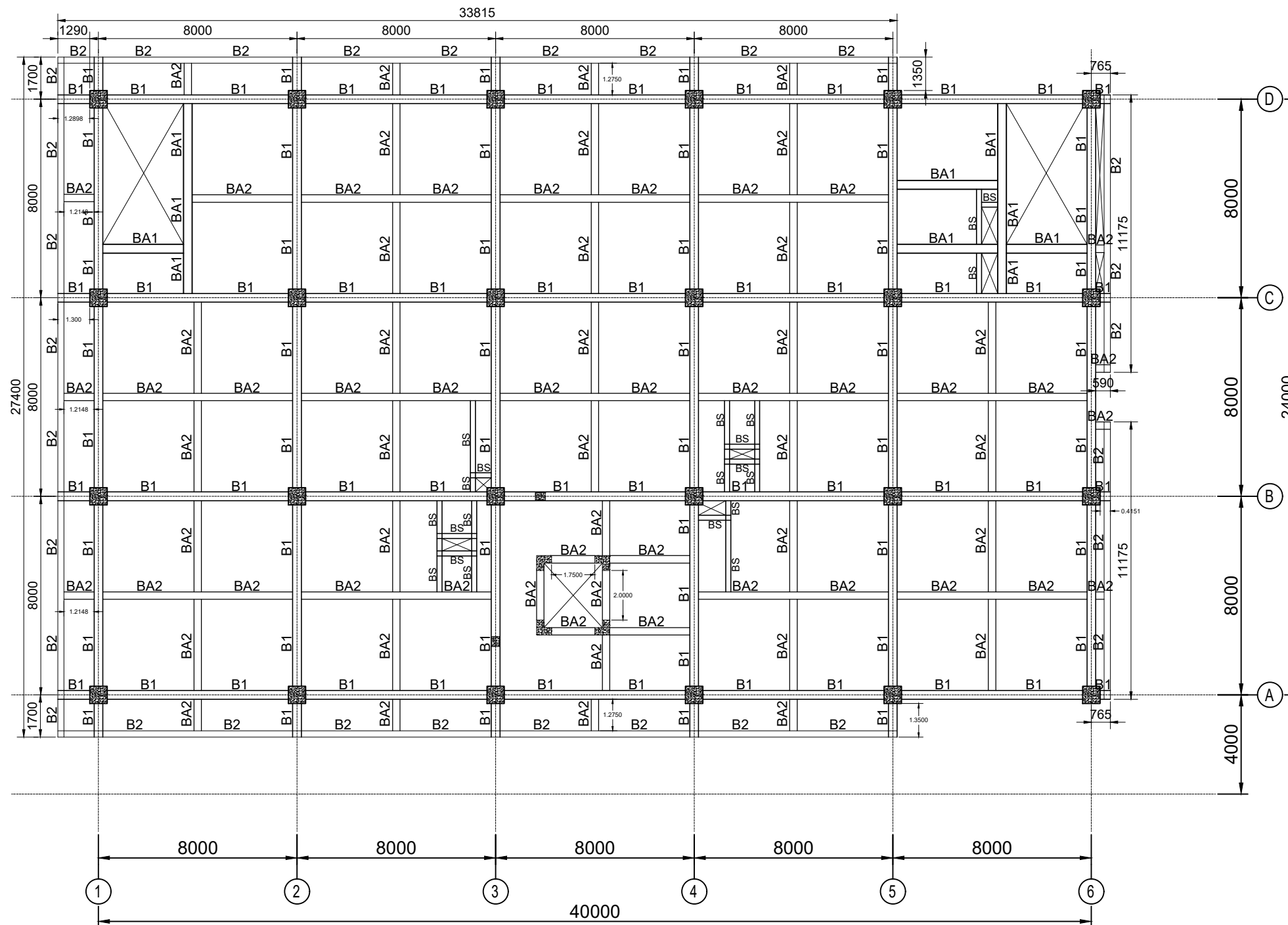
DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**



LAHIRI BINA MARGA JL. SOEKARNO HATTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAN BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENCANA BALOK
 LANTAI.3**



DENAH RENCANA BALOK LANTAI. 3
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:

MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

DAFTAR BALOK :				DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan	No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang	8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang	9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang	10.	W250	250x125x6.5x9	Balok Baja IWF
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang	11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang	12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang	13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang	14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

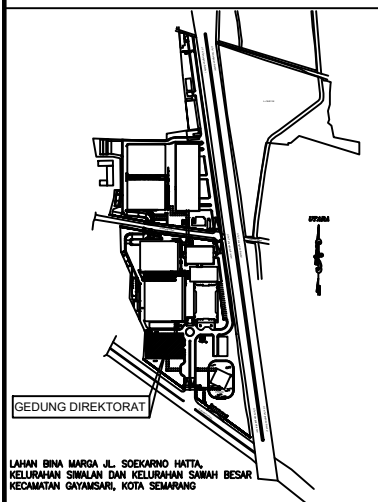
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



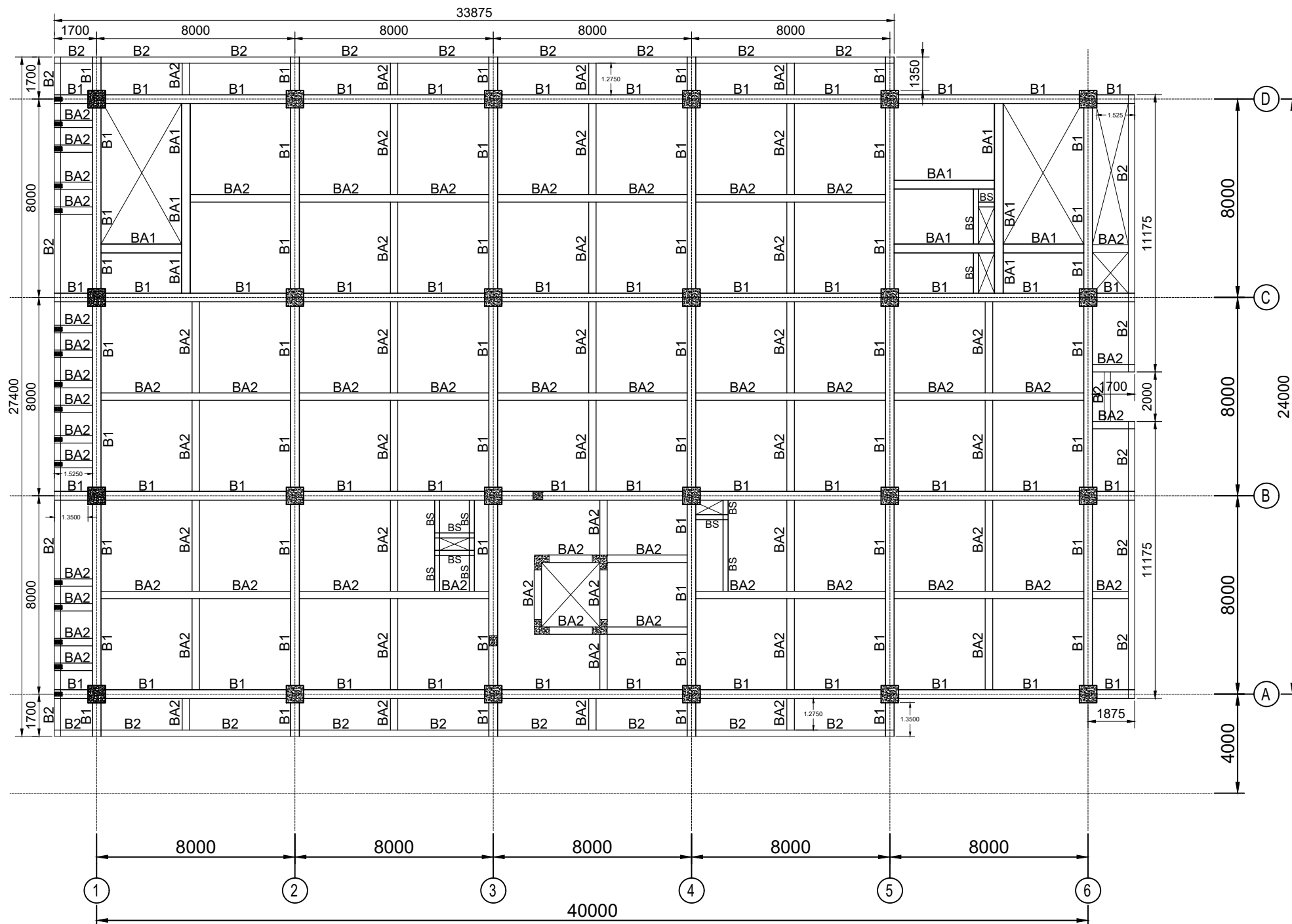
LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO MTJA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENCANA BALOK
 LANTAI.5**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-32 1



DENAH RENCANA BALOK LANTAI. 5
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:

MUTU BETON (f _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

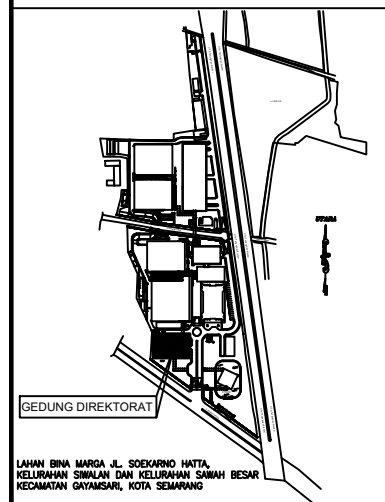
DAFTAR BALOK :

No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

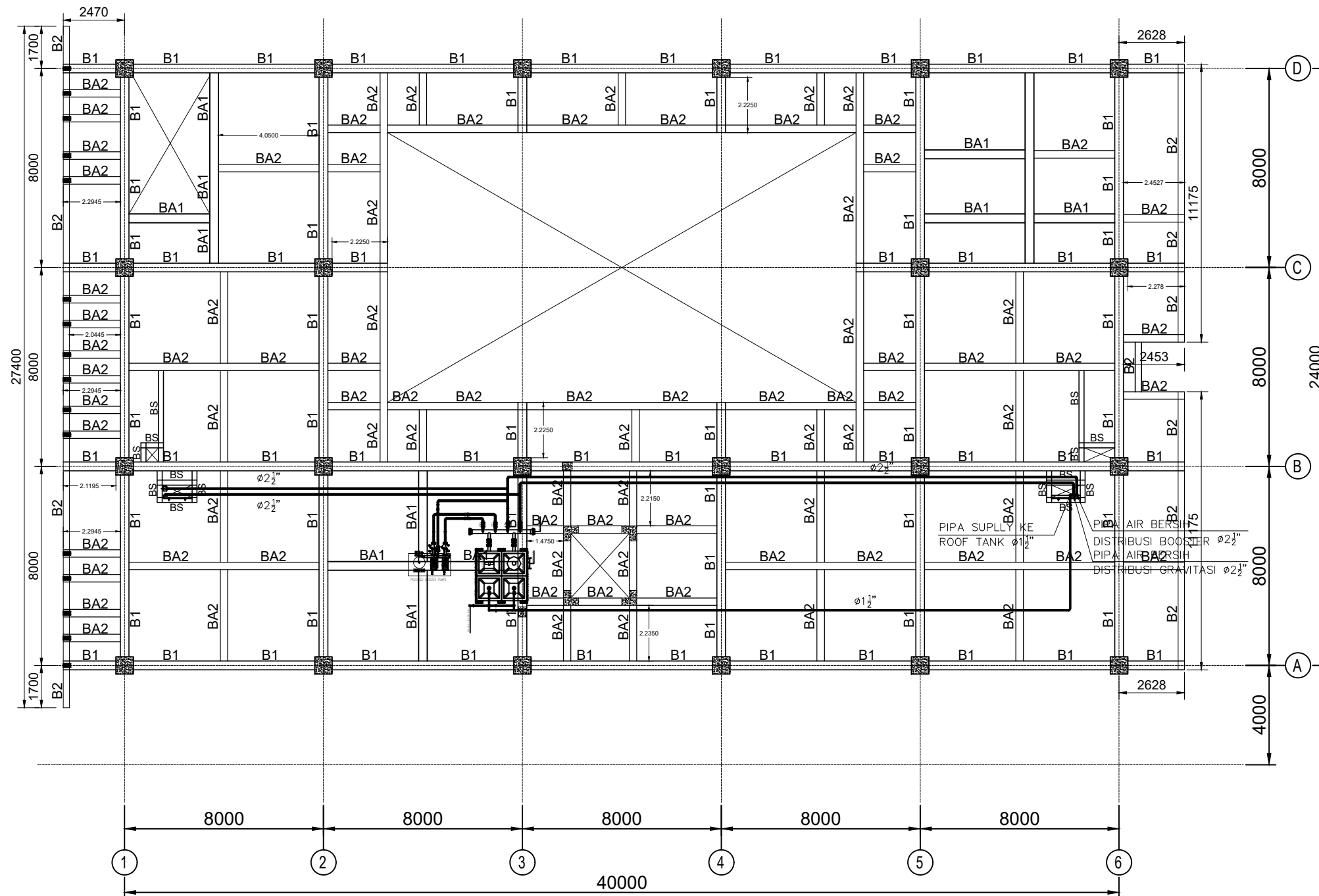
DAFTAR BALOK :

No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

SEBELUM PELAKSANAAN PEKERJAAN DIMULAI, PELAKSANA DIWAJIBKAN MEMERIKSA, MEMBANDINGKAN SEMUA GAMBAR ARSITEKTUR, STRUKTUR, MEP, SERTA MELAPORKAN KEPADA DIREKSI LAPANGAN/PERENCANA APABILA TERDAPAT GAMBAR YANG TIDAK COCOK/TIDAK SESUAI TERMASUK DIMENSI ATAU UKURAN.



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG



DENAH RENCANA BALOK LT. DAK ATAP
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (B.JTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (B.JTP)	280 MPa

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

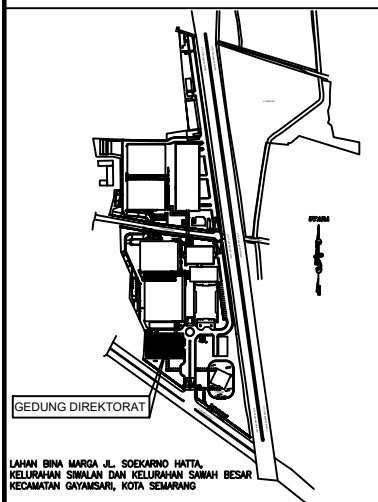
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

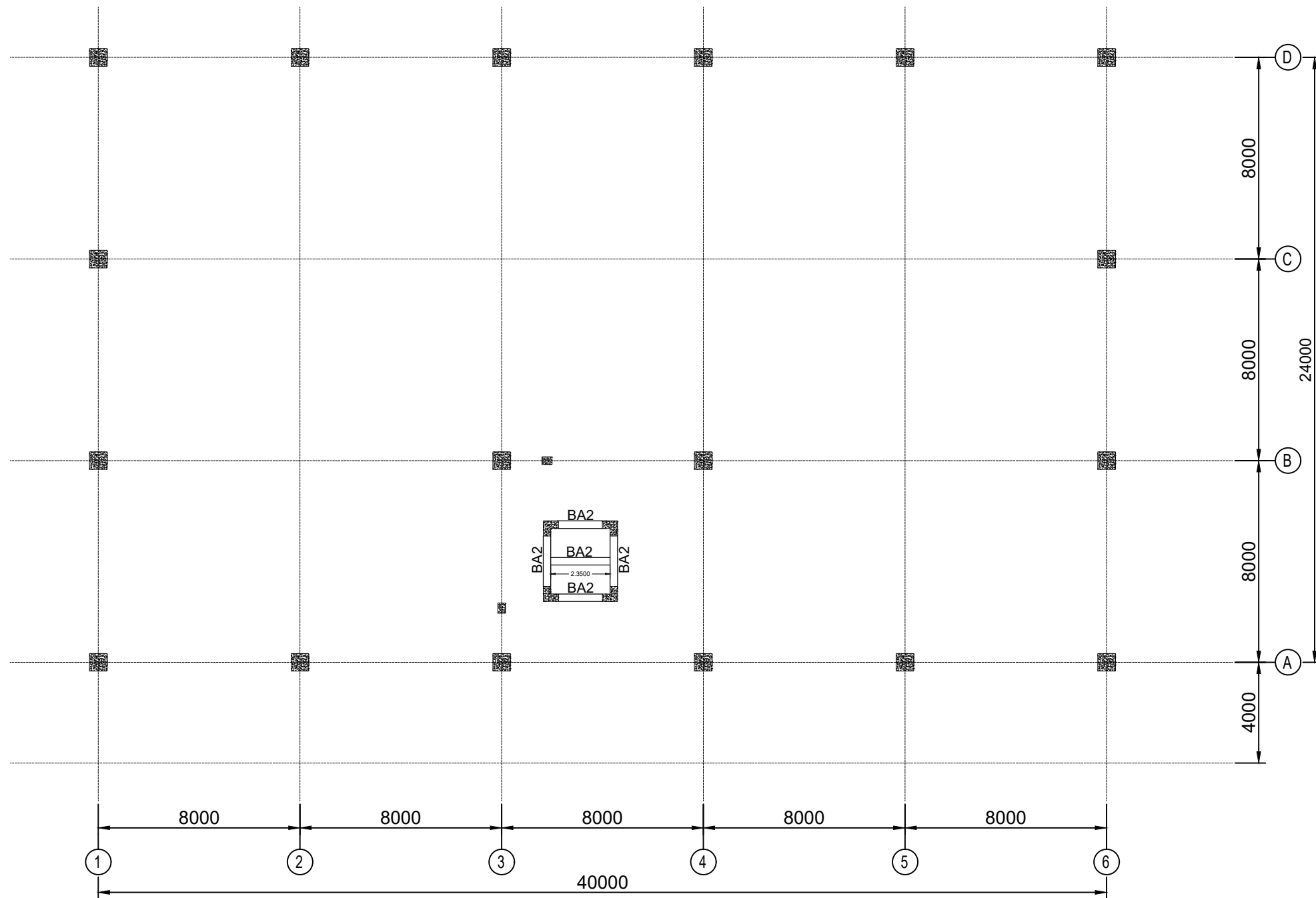
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296



LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SMANAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENCANA BALOK
 LT. MESIN LIFT**



○ DENAH RENCANA BALOK LT. MESIN LIFT
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:

MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

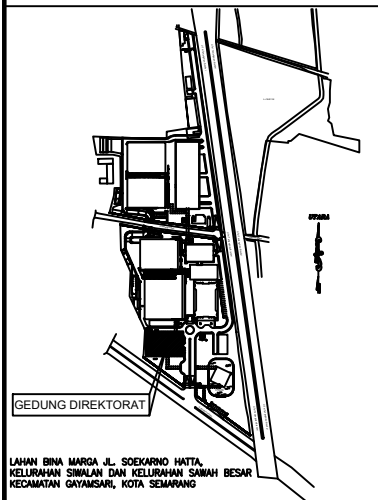
DAFTAR BALOK :

No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

DAFTAR BALOK :

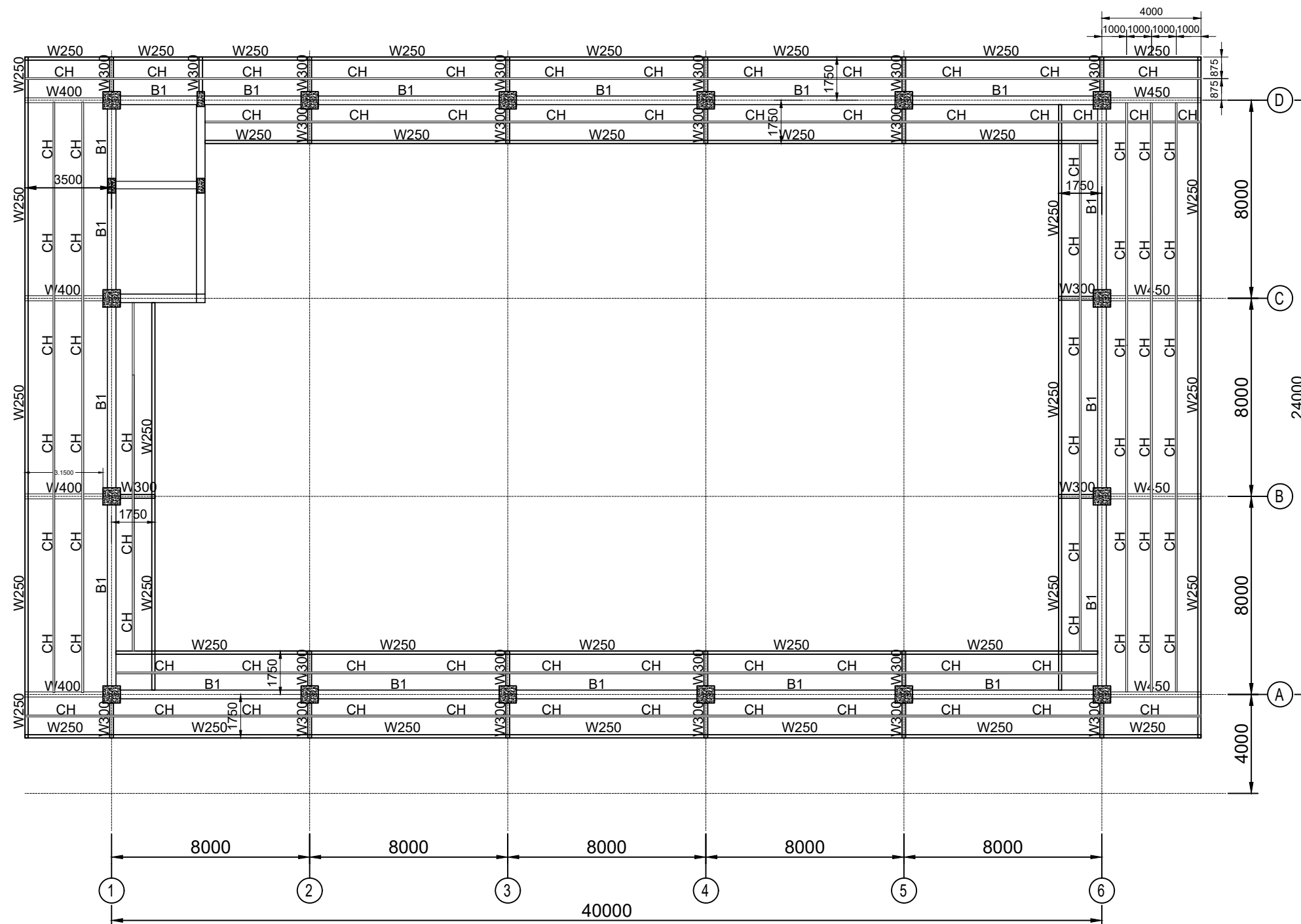
No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO MTJA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENC. RANGKA BAJA
 BAJA Eiv.+24.050**



○ DENAH RENC. RANGKA BAJA Eiv.+24.050
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (F _c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
1.	TB1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
2.	TB2	300 x 500	Balok Beton Bertulang
3.	B1	350 x 700	Balok Beton Bertulang
4.	B2	250 x 450	Balok Beton Bertulang
5.	B3	200 x 300	Balok Beton Bertulang
6.	BA1	350 x 600	Balok Beton Bertulang
7.	BA2	300 x 500	Balok Beton Bertulang

DAFTAR BALOK :			
No.	Type	Dimensi	Keterangan
8.	BA3	250 x 400	Balok Beton Bertulang
9.	BS (Shaft)	200 x 300	Balok Beton Bertulang
10.	W250	250x125x6x9	Balok Baja IWF
11.	W300	300x150x6.5x9	Balok Baja IWF
12.	W400	400x200x8x13	Balok Baja IWF
13.	W450	450x200x9x14	Balok Baja IWF
14.	CH	200x75x20x3.2	Lipped Channel

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

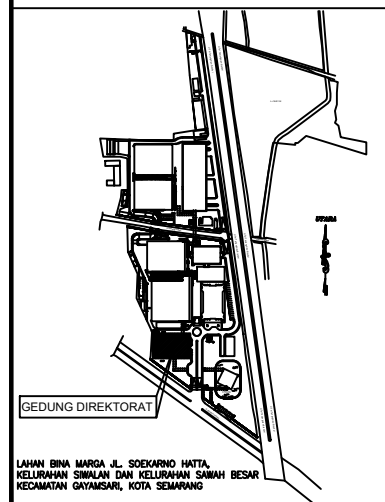
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



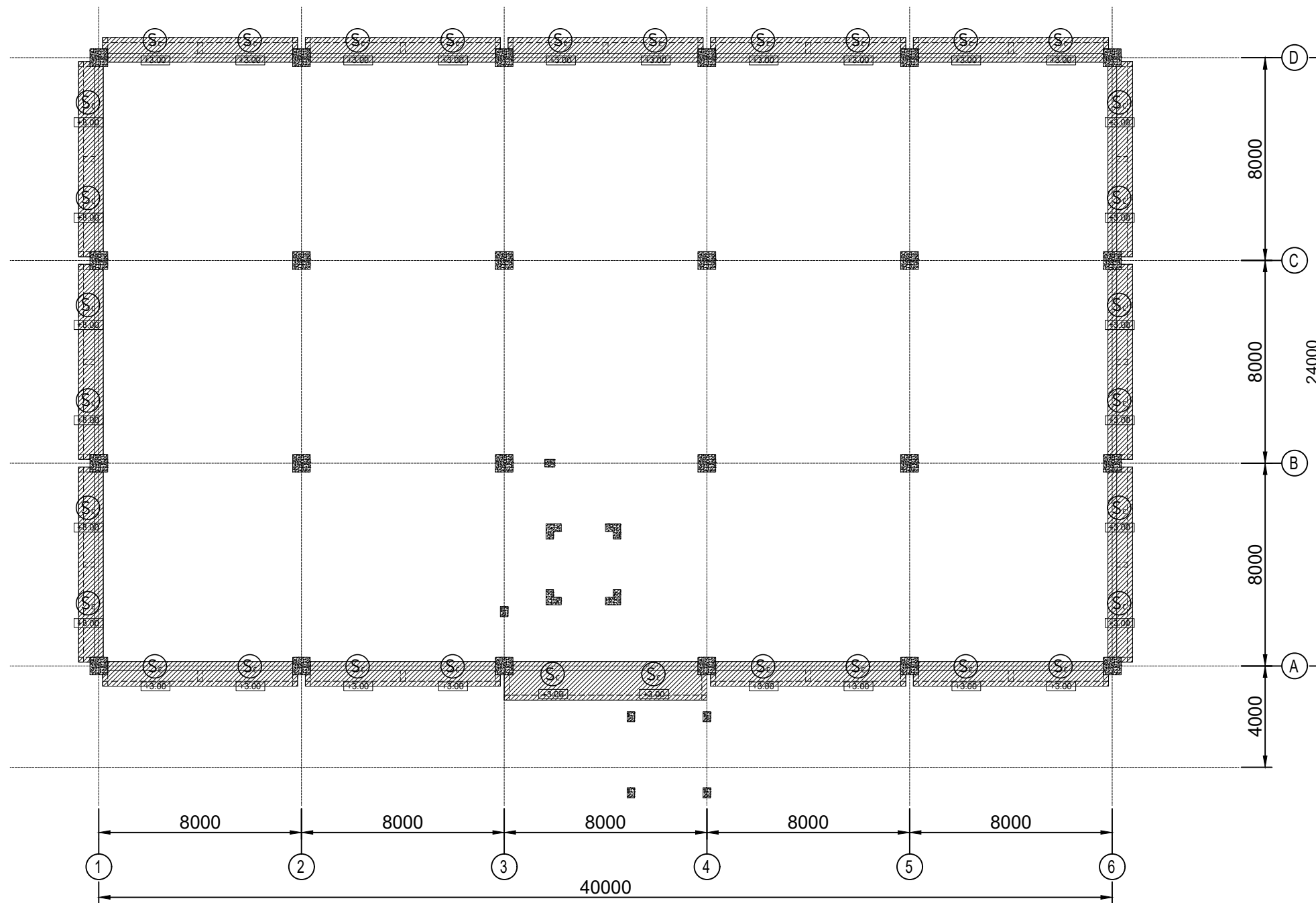
LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HITTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMBAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENC. PELAT
 BETON KANOPI Eiv.+2.950**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-41 1



○ DENAH RENC. PELAT BETON KANOPI Eiv.+2.950
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

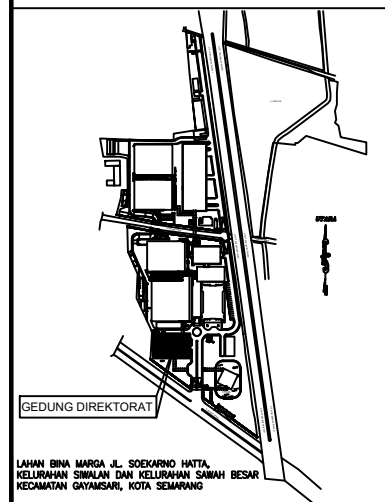
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

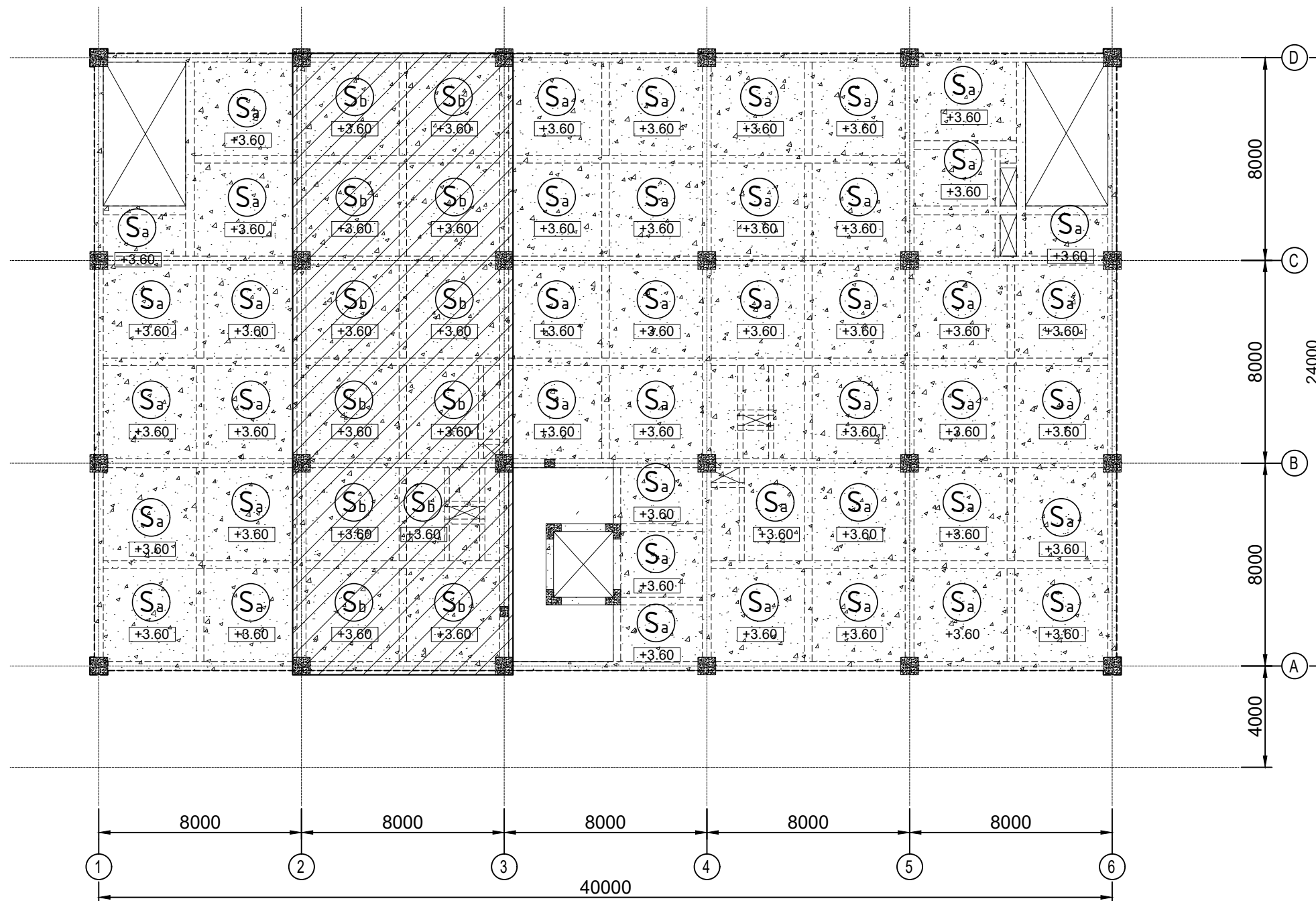
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO MTJA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENC. PELAT
 BETON LANTAI.2**



○ DENAH RENC. PELAT BETON LANTAI.2
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

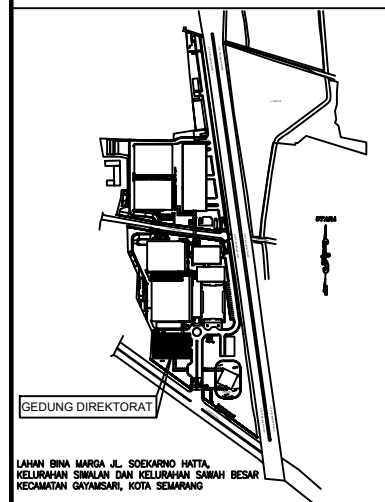
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



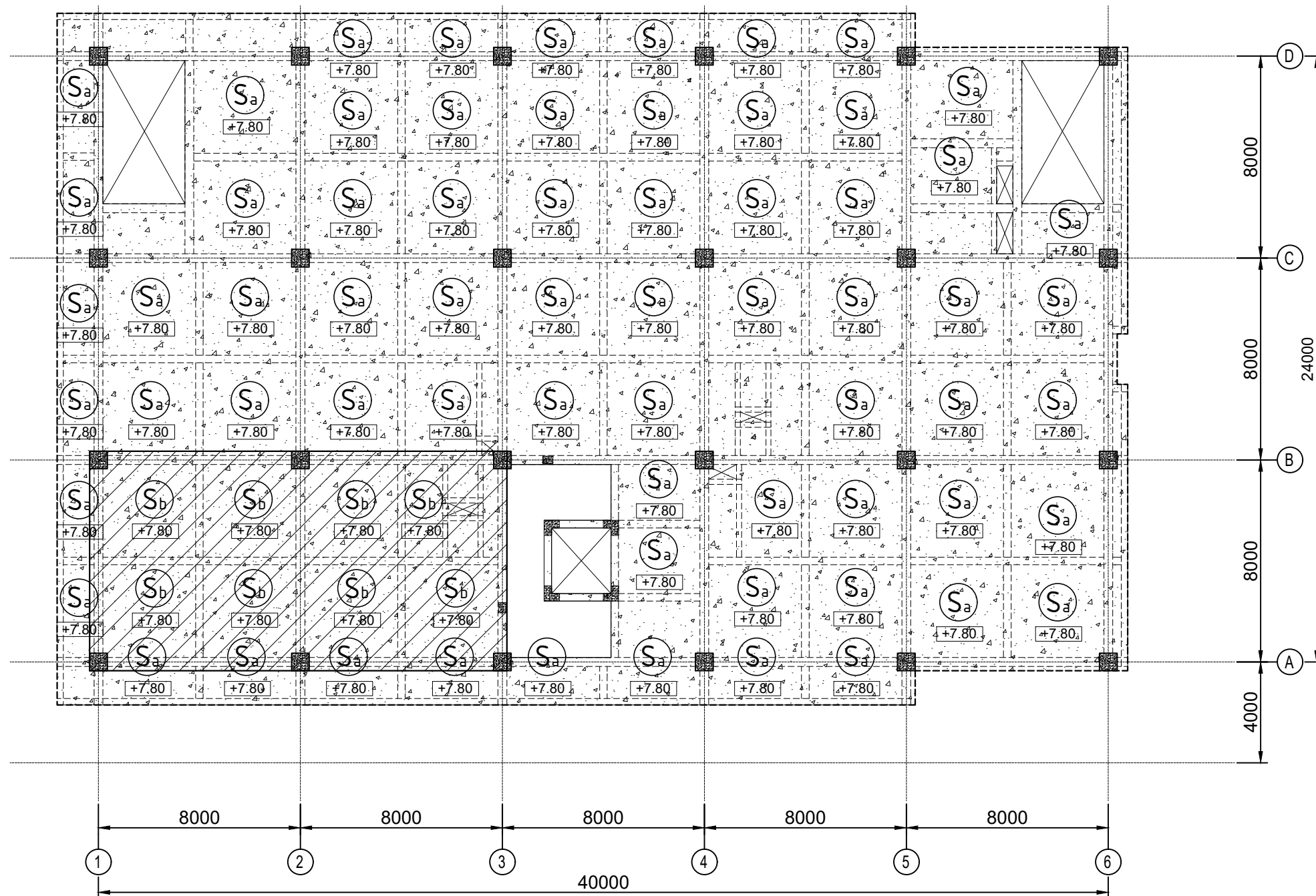
LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO MTJA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENC. PELAT
 BETON LANTAI.3**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-43 1



SPESIFIKASI:

MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:

NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

○ DENAH RENC. PELAT BETON LANTAI.3
 SKALA 1 : 100

SEBELUM PELAKSANAAN PEKERJAAN DIMULAI, PELAKSANA DIWAJIBKAN MEMERIKSA, MEMBANDINGKAN SEMUA GAMBAR ARSITEKTUR, STRUKTUR, MEP, SERTA MELAPORKAN KEPADA DIREKSI LAPANGAN/PERENCANA APABILA TERDAPAT GAMBAR YANG TIDAK COCOK/TIDAK SESUAI TERMASUK DIMENSI ATAU UKURAN.

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

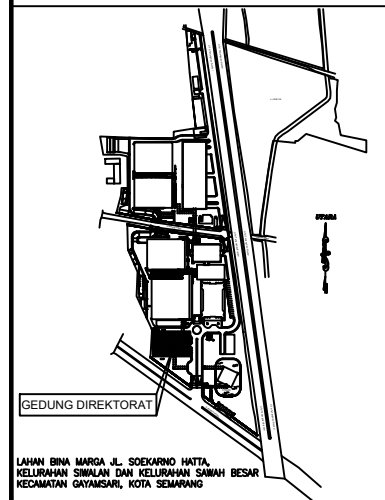
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

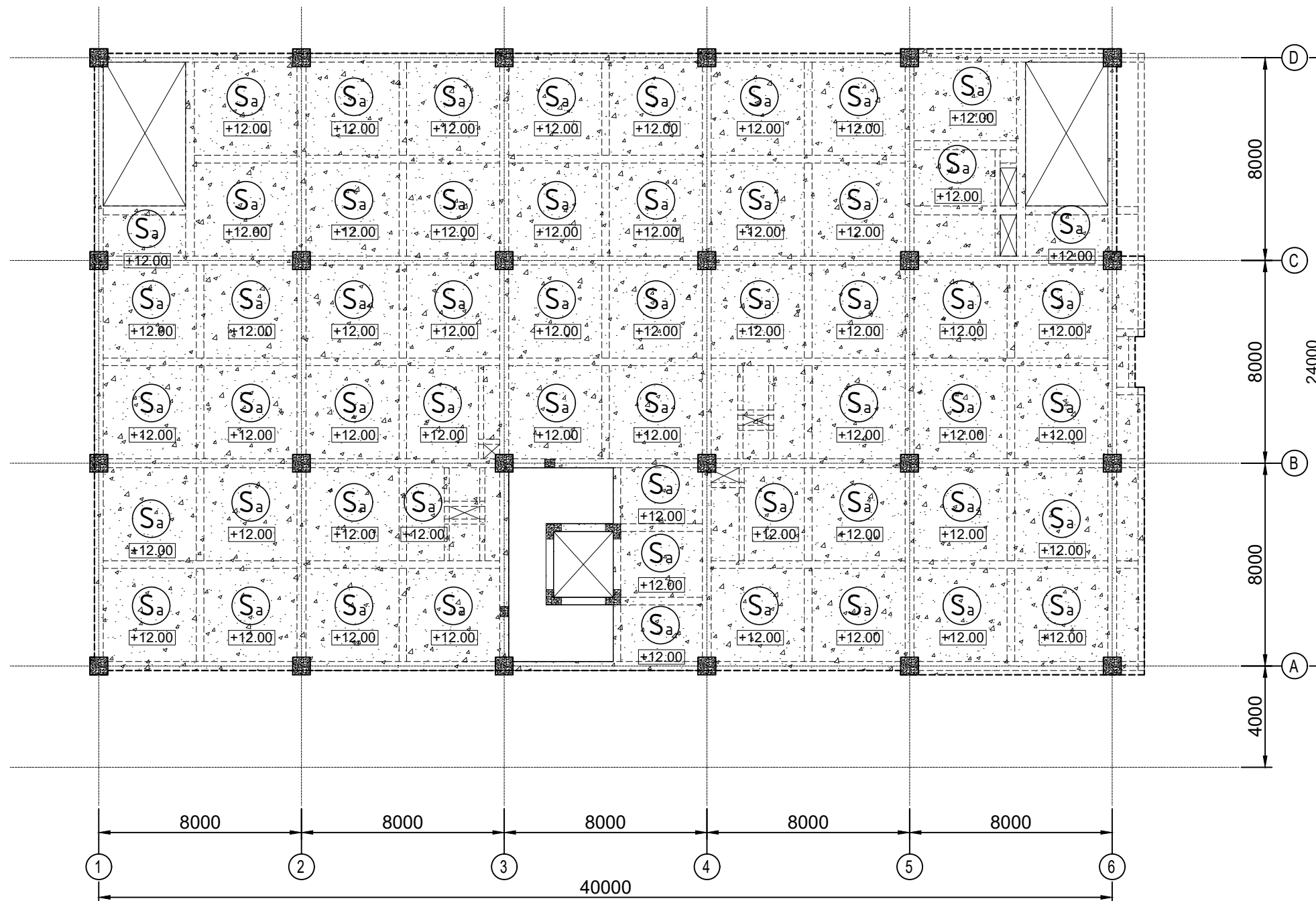
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HITTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENC. PELAT
 BETON LANTAI.4**



○ DENAH RENC. PELAT BETON LANTAI.4
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

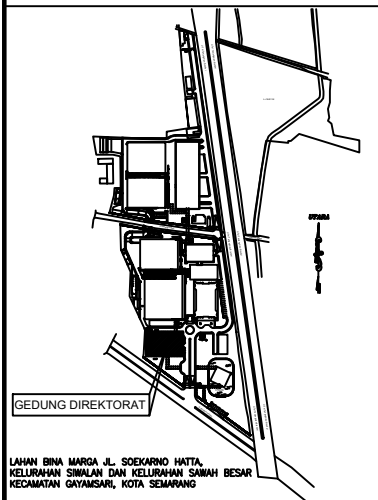
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

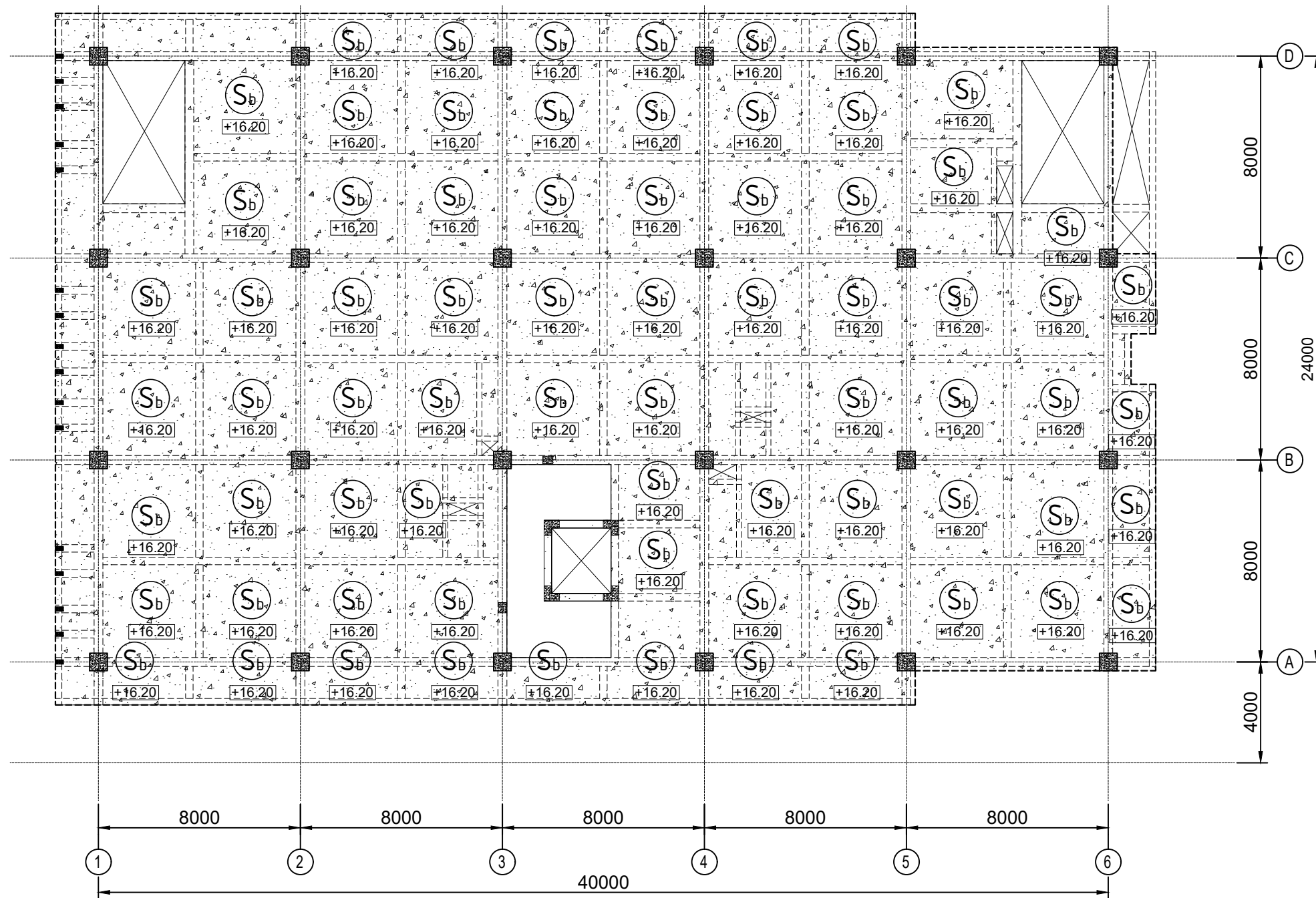
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296



LAHAN BINA MARGA JL. SDEKARNO HITTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

**DENAH RENC. PELAT
 BETON LANTAI.5**

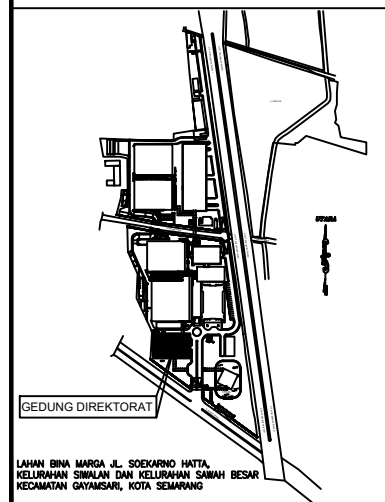


○ DENAH RENC. PELAT BETON LANTAI.5
 SKALA 1 : 100

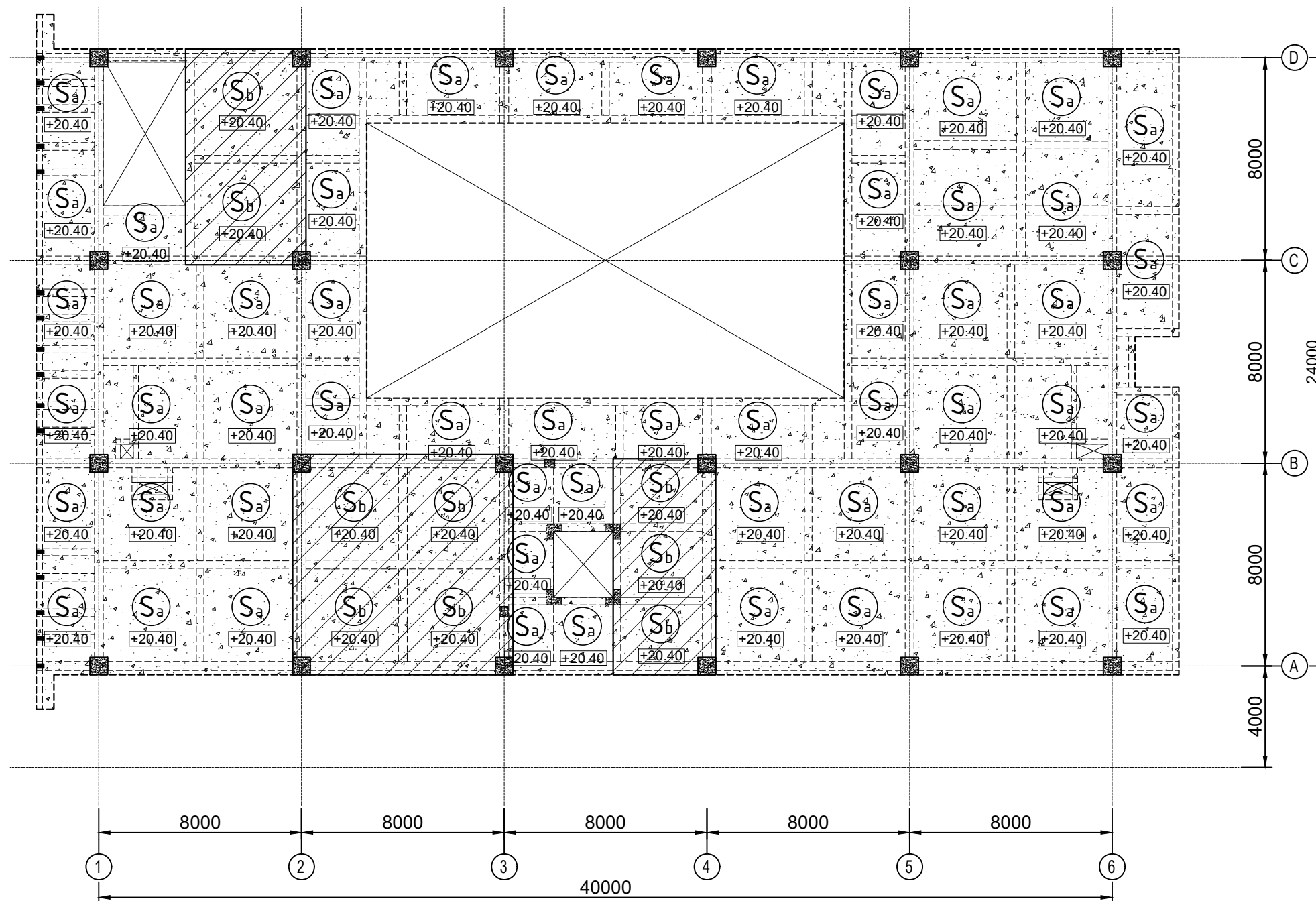
SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HITTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG



SPESIFIKASI:

MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:

NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

○ DENAH RENC. PELAT BETON LT. DAK ATAP
 SKALA 1 : 100

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

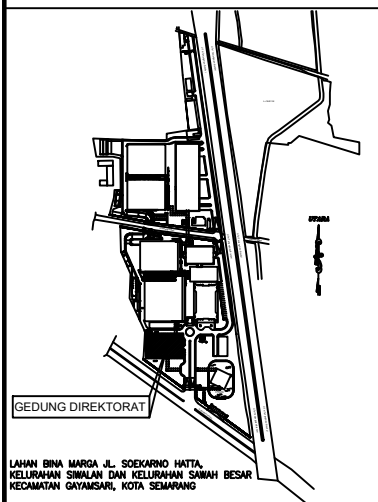
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



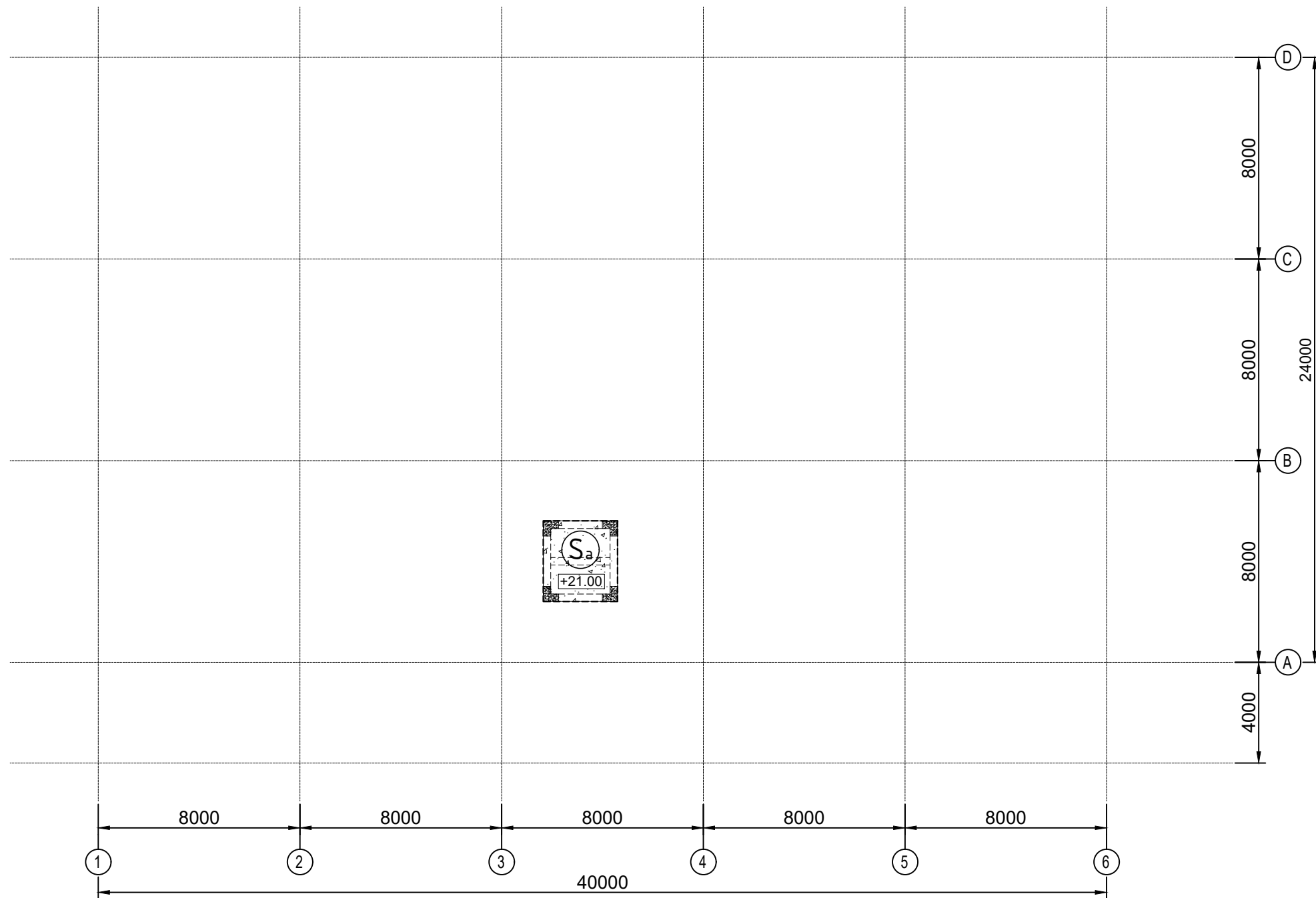
LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HUTA,
 KELLURAHAN SIMALAN DAN KELLURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENC. PELAT
 BETON LT. MESIN LIFT**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-47 1



SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

○ DENAH RENC. PELAT BETON LT. MESIN LIFT
 SKALA 1 : 100

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
 TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
 PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

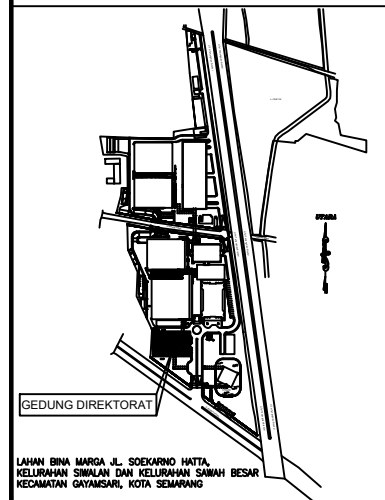
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



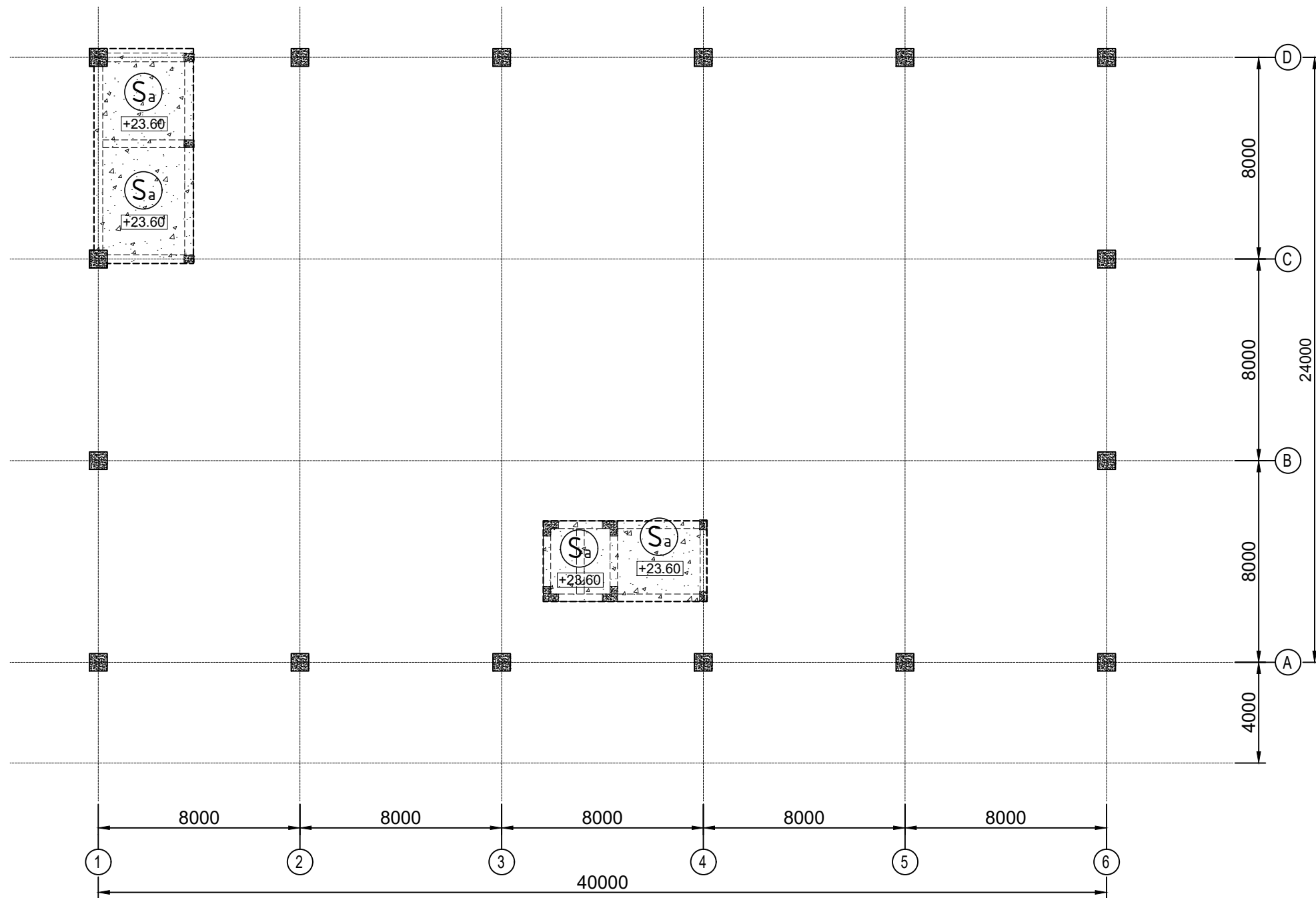
LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA,
 KELLURAHAN SIMALAN DAN KELLURAHAN SIMAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DENAH RENC. PELAT
 BETON LANTAI TOP**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 100 S-STR-48 1



○ DENAH RENC.PELAT BETON LANTAI TOP
 SKALA 1 : 100

SPESIFIKASI:	
MUTU BETON (f'c)	30 MPa
MUTU BAJA ULIR (BJTS)	420 MPa
MUTU BAJA POLOS (BJTP)	280 MPa

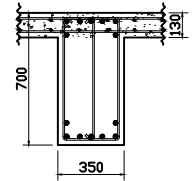
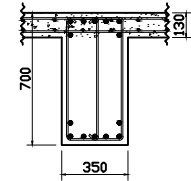
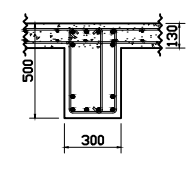
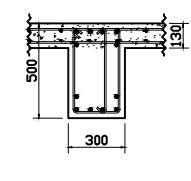
NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
 2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.

DETAIL TIE BEAM

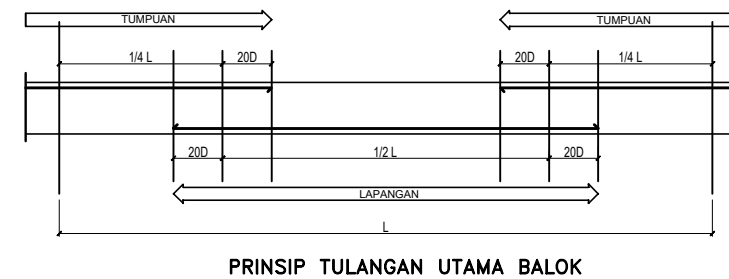
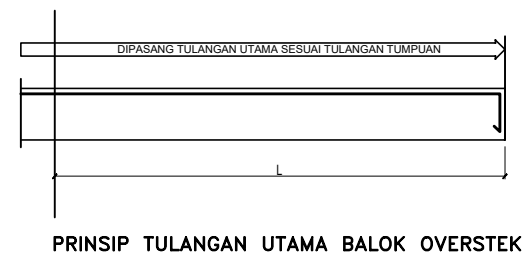
SKALA 1 : 20


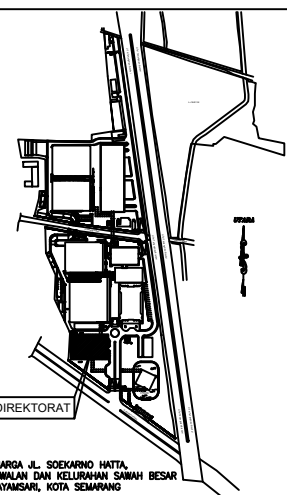
DETAIL TIE BEAM :

TIPE BALOK	TB1		TB2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG				
B X H	350 X 700	350 X 700	300 X 500	300 X 500
TULANGAN ATAS	7 D22	7 D22	6 D19	6 D19
TULANGAN BADAN	-	-	-	-
TULANGAN BAWAH	7 D22	7 D22	6 D19	6 D19
TULANGAN SENGGANG	3D10-100	3D10-150	3D10-100	3D10-150

DETAIL TIE BEAM

SKALA 1 : 20



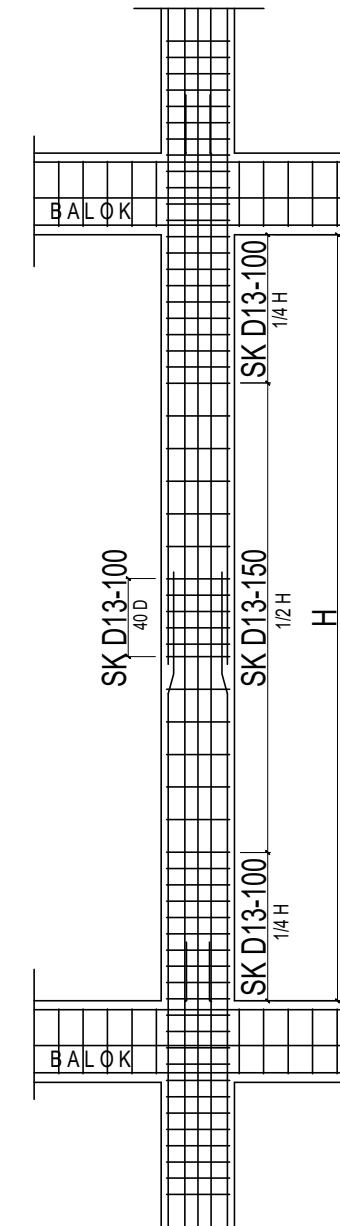
KONSULTAN PERENCANA		
		
PAKET PEKERJAAN		
PENYUSUNAN PERENCANAAN TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM		
PEMBERI TUGAS		
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH		
DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA		
PANJI HARJASA, ST., MT		
TEAM LEADER		
Dr. ABANG WINARWAN SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380		
TENAGA AHLI		
STRUKTUR ATAS		
M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007		
TENAGA AHLI		
STRUKTUR BAWAH		
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT 1.2.216.2.031.09.1042239		
DRAFTER		
AHMAD SUDARMANTO, ST SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296		
KEY PLAN		
		
<p>LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA, KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMAH BESAR KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG</p>		
JUDUL GAMBAR		
DETAIL TIE BEAM		
SKALA	NOMOR GAMBAR	JML. GAMBAR
1 : 20	S-STR-54	

DETAIL KOLOM LANTAI .1 - LANTAI .2

SKALA 1 : 20

+7.80 LANTAI TIGA	TIPE KOLOM		K1		K4		KL
	PENAMPANG						
	B X H		700 X 700		300 X 400		300 X 600
+3.60 LANTAI DUA	TULANGAN UTAMA		28 D19		12 D16		18 D19
	SENGKANG TUMPUAN		3D10-100		2D10-100		2D10-100
	SENGKANG LAPANGAN		3D10-150		2D10-150		2D10-150
±0.00 LANTAI SATU	TIPE KOLOM	K1A			K4		KL
	PENAMPANG						
	B X H	700 X 700		300 X 400		300 X 600	
	TULANGAN UTAMA	28 D19		12 D16		18 D19	
	SENGKANG TUMPUAN	4D13-100		2D10-100		2D10-100	
	SENGKANG LAPANGAN	4D13-150		2D10-150		2D10-150	

○ DETAIL KOLOM
SKALA 1 : 20



○ DETAIL PRINSIP PENULANGAN KOLOM
SKALA 1 : 20

KONSULTAN PERENCANA

PT. PANDU PERSADA
 Design, Engineering, Construction Management & Environmental Consultant
 Jl. Sekeloa No. 15, Tugu, Kecamatan Tugu, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah 50275
 Email : pandupersadaperencanaan.com / pandupersadaperencanaan@gmail.com
 Telp : 0291-8222222

PAKET PEKERJAAN

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT
TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380
TENAGA AHLI
STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007
TENAGA AHLI
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
1.2.216.2.031.09.1042239
DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296
KEY PLAN

GEDUNG DIREKTORAT

LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA,
KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMBANG BESAR,
KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DETAIL KOLOM
LANTAI .1 - LANTAI .2**

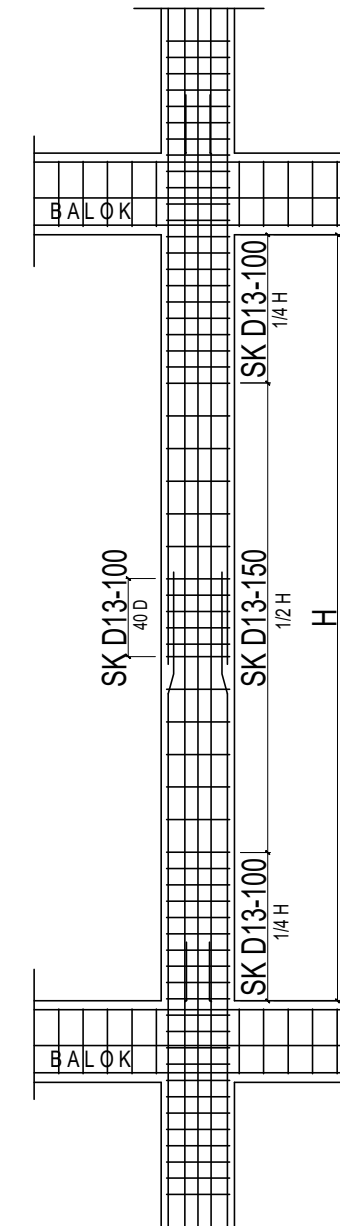
SKALA	NOMOR GAMBAR	JML. GAMBAR
1 : 20	S-STR-56	

DETAIL KOLOM LANTAI .3 - LANTAI .4

SKALA 1 : 20

+16.20 LANTAI LIMA	TIPE KOLOM		K1	K2	K4	KL
	PENAMPANG					
	B X H		700 X 700	700 X 700	300 X 400	300 X 600
	TULANGAN UTAMA		28 D19	24 D19	12 D16	18 D19
	SENGKANG TUMPUAN		3D10-100	3D10-100	2D10-100	2D10-100
	SENGKANG LAPANGAN		3D10-150	3D10-150	2D10-150	2D10-150
+12.00 LANTAI EMPAT	TIPE KOLOM		K1		K4	KL
	PENAMPANG					
	B X H		700 X 700		300 X 400	300 X 600
	TULANGAN UTAMA		28 D19		12 D16	18 D19
	SENGKANG TUMPUAN		3D10-100		2D10-100	2D10-100
	SENGKANG LAPANGAN		3D10-150		2D10-150	2D10-150
+7.80 LANTAI TIGA	TIPE KOLOM					
	PENAMPANG					
	B X H		700 X 700		300 X 400	300 X 600
	TULANGAN UTAMA		28 D19		12 D16	18 D19
	SENGKANG TUMPUAN		3D10-100		2D10-100	2D10-100
	SENGKANG LAPANGAN		3D10-150		2D10-150	2D10-150

○ DETAIL KOLOM
SKALA 1 : 20



○ DETAIL PRINSIP PENULANGAN KOLOM
SKALA 1 : NTS

KONSULTAN PERENCANA

PT. PANDU PERSADA
 Design, Engineering, Construction Management & Environmental Consultant
 Jl. Sekeloa No. 16, Tugu, Kecamatan Mijen, Kabupaten Sukoharjo, Kota Sukoharjo, Jawa Tengah
 Email: pandupersadaperencanaan.com / pandupersadaperencanaan@gmail.com
 Telp: 0271-8322000

PAKET PEKERJAAN

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
 BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT
 TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
 SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380
 TENAGA AHLI
 STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
 SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007
 TENAGA AHLI
 STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
 1.2.216.2.031.09.1042239
 DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
 SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296
 KEY PLAN

GEDUNG DIREKTORAT

LAHANI BINA MARGA, JL. SDEKARNO HMTA,
 KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMBAH BESAR
 KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

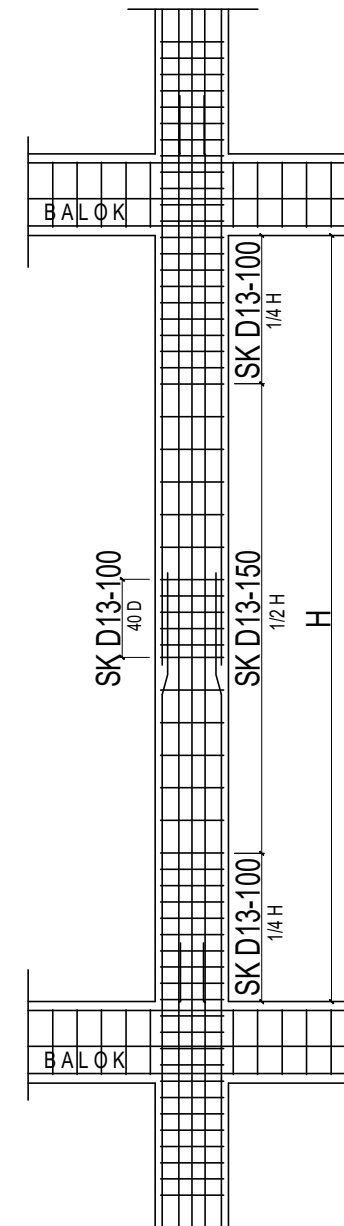
**DETAIL KOLOM
LANTAI .3 - LANTAI .4**

SKALA	NOMOR GAMBAR	JML. GAMBAR
1 : 20	S-STR-57	

DETAIL KOLOM LANTAI .5 - LT. MESIN LIFT

SKALA 1 : 20

+24.05 LANTAI TOP ATAP	TIPE KOLOM	K1			KL		
	PENAMPANG						
	B X H	700 X 700			300 X 600		
	TULANGAN UTAMA	28 D19			18 D19		
	SENGKANG TUMPUAN	3D10-100			2D10-100		
	SENGKANG LAPANGAN	3D10-150			2D10-150		
+21.00 LANTAI R.MESIN LIFT	TIPE KOLOM	K1	K2	K4	KL		
	PENAMPANG						
	B X H	700 X 700	700 X 700	300 X 400	300 X 600		
	TULANGAN UTAMA	28 D19	24 D19	12 D16	18 D19		
	SENGKANG TUMPUAN	3D10-100	3D10-100	2D10-100	2D10-100		
	SENGKANG LAPANGAN	3D10-150	3D10-150	2D10-150	2D10-150		
+20.40 LANTAI DAK ATAP	TIPE KOLOM	K1			K2	K4	KL
	PENAMPANG						
	B X H	700 X 700	700 X 700	300 X 400	300 X 600		
	TULANGAN UTAMA	28 D19	24 D19	12 D16	18 D19		
	SENGKANG TUMPUAN	3D10-100	3D10-100	2D10-100	2D10-100		
	SENGKANG LAPANGAN	3D10-150	3D10-150	2D10-150	2D10-150		
+16.20 LANTAI LIMA	TIPE KOLOM	K1			K2	K4	KL
	PENAMPANG						
	B X H	700 X 700	700 X 700	300 X 400	300 X 600		
	TULANGAN UTAMA	28 D19	24 D19	12 D16	18 D19		
	SENGKANG TUMPUAN	3D10-100	3D10-100	2D10-100	2D10-100		
	SENGKANG LAPANGAN	3D10-150	3D10-150	2D10-150	2D10-150		



DETAIL PRINSIP PENULANGAN KOLOM
SKALA 1 : NTS

KONSULTAN PERENCANA



PAKET PEKERJAAN

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

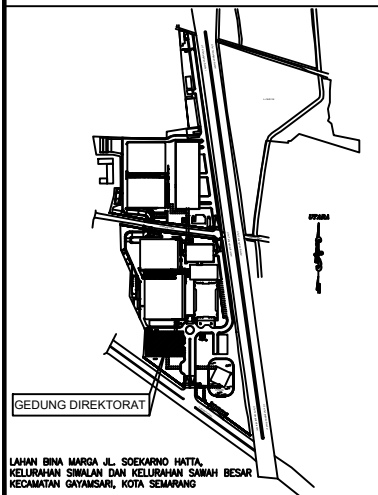
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



LAHAN BINA MARGA, JL. SZEKARNO HMTA,
KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMAH BESAR
KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DETAIL KOLOM LANTAI .5
- LT. MESIN LIFT**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 20 S-STR-58

DETAIL KOLOM
SKALA 1 : 20

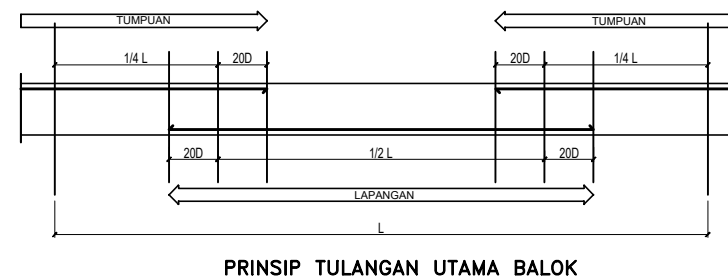
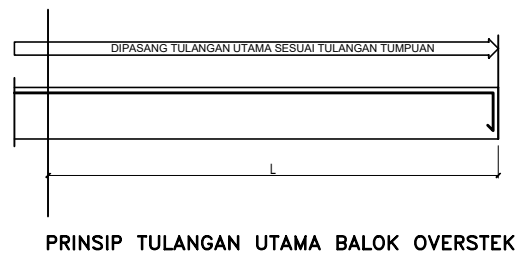
DETAIL BALOK

SKALA 1 : 20

DETAIL BALOK :

TIPE BALOK	B1		B2		B3		BS (shaft)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG								
B X H	350 X 700	350 X 700	250 X 450	250 X 450	200 X 300	200 X 300	200 X 300	200 X 300
TULANGAN ATAS	8 D22	5 D22	5 D19	3 D19	4 D13	2 D13	3 D16	3 D16
TULANGAN BADAN	2 D16	2 D16	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	-	-
TULANGAN BAWAH	5 D22	8 D22	3 D19	5 D19	2 D13	4 D13	3 D16	3 D16
TULANGAN SENGKANG	3D10-90	3D10-125	2D10-100	2D10-150	2D10-100	2D10-150	2D10-100	2D10-150

TIPE BALOK	BA1		BA2		BA3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG						
B X H	350 X 600	350 X 600	300 X 500	300 X 500	250 X 400	250 X 400
TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19	6 D19	3 D19	4 D13	3 D13
TULANGAN BADAN	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	-	-
TULANGAN BAWAH	4 D19	6 D19	3 D19	6 D19	3 D13	4 D13
TULANGAN SENGKANG	3D10-100	2D10-150	2D10-100	2D10-150	2D10-100	2D10-150

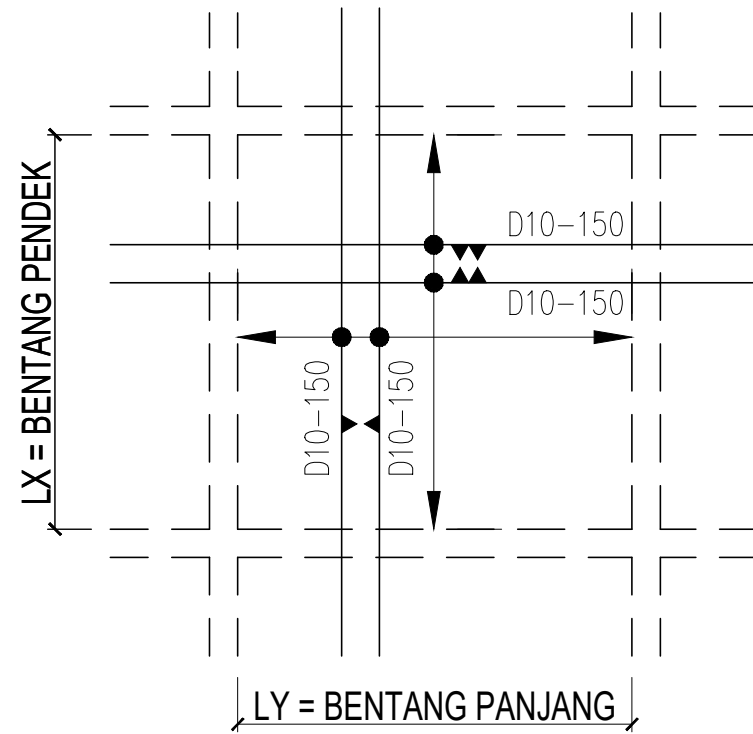


DETAIL BALOK
SKALA 1 : 20

KONSULTAN PERENCANA		
PAKET PEKERJAAN		
PENYUSUNAN PERENCANAAN TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM		
PEMBERI TUGAS		
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA BALAI PRASARANA PERMUKIMAN WILAYAH JAWA TENGAH		
DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA		
PANJI HARJASA, ST., MT		
TEAM LEADER		
Dr. ABANG WINARWAN SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380		
TENAGA AHLI		
STRUKTUR ATAS		
M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007		
TENAGA AHLI		
STRUKTUR BAWAH		
Ir. M. TAUFIK TAIB, MT 1.2.216.2.031.09.1042239		
DRAFTER		
AHMAD SUDARMANTO, ST SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296		
KEY PLAN		
<small>LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HITTA, KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SAMAH BESAR KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG</small>		
JUDUL GAMBAR		
DETAIL BALOK		
SKALA	NOMOR GAMBAR	JML. GAMBAR
1 : 20	S-STR-55	

DETAIL PRINSIP PENULANGAN PELAT TYPE (Sa)

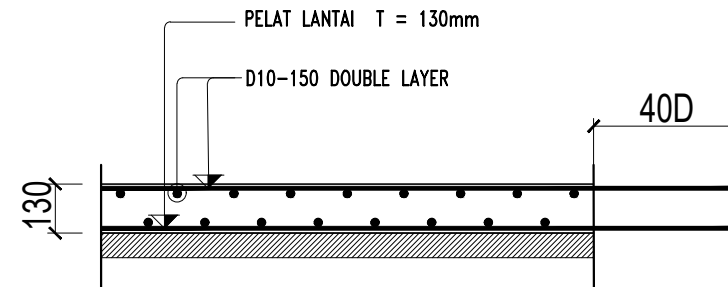
SKALA 1 : 10



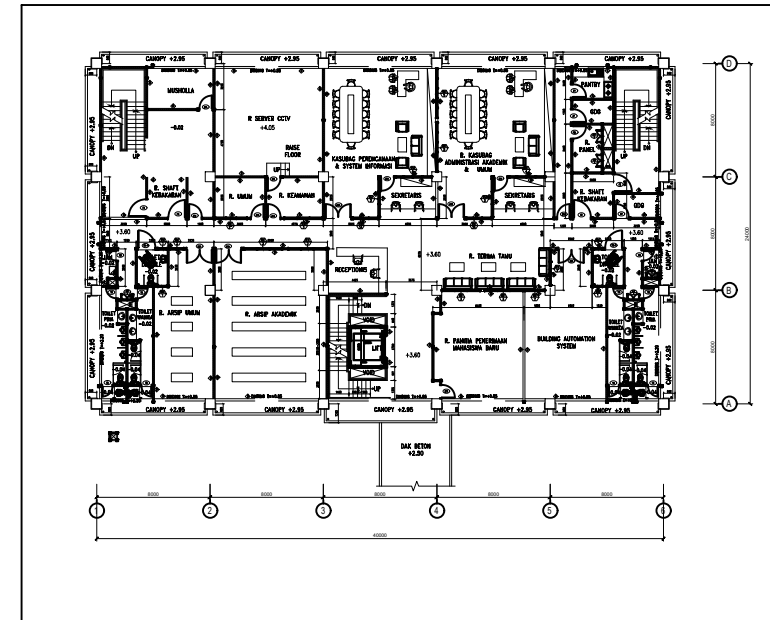
DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE Sa (t=130mm)
NTS

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.



POT. PRINSIP LANTAI BETON Sa
NTS



KEYPLAN DENAH PELAT LANTAI 1-LANTAI MESIN LIFT

KONSULTAN PERENCANA



PAKET PEKERJAAN

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
BALAI PRASARANA PERUMUKAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

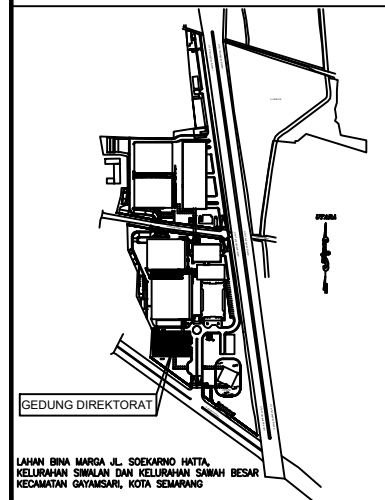
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HUTA,
KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR,
KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

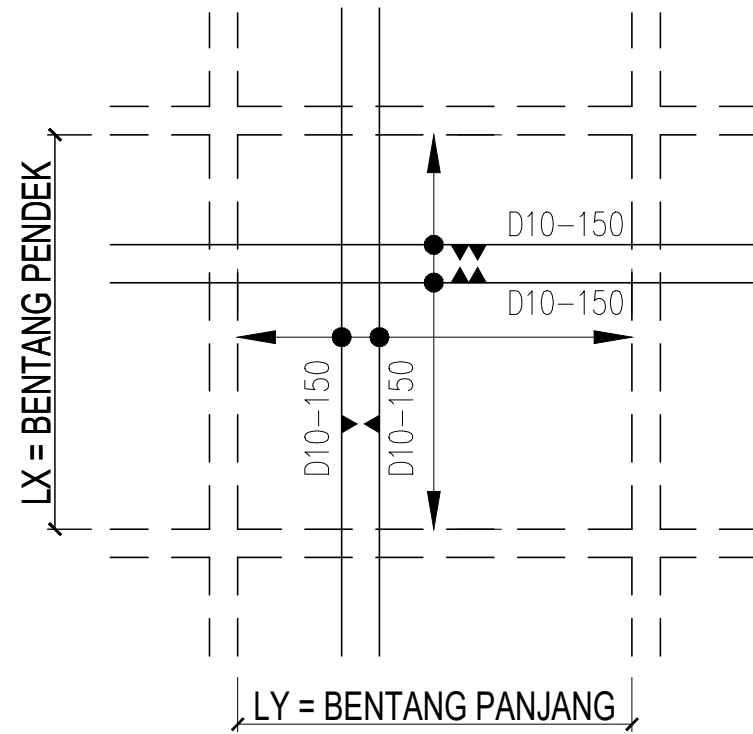
**DETAIL PRINSIP
PENULANGAN PELAT TIPE
(Sa)**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 10 S-STR-59 1

DETAIL PRINSIP PENULANGAN PELAT TYPE (Sb)

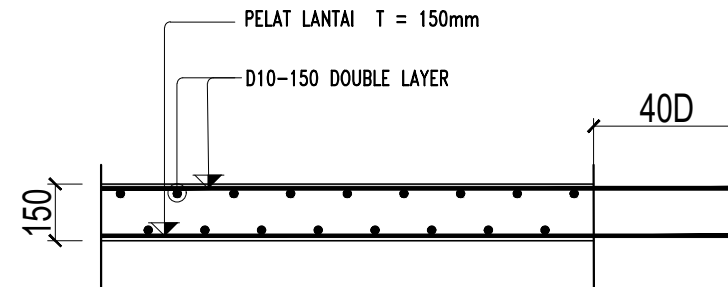
SKALA 1 : 10



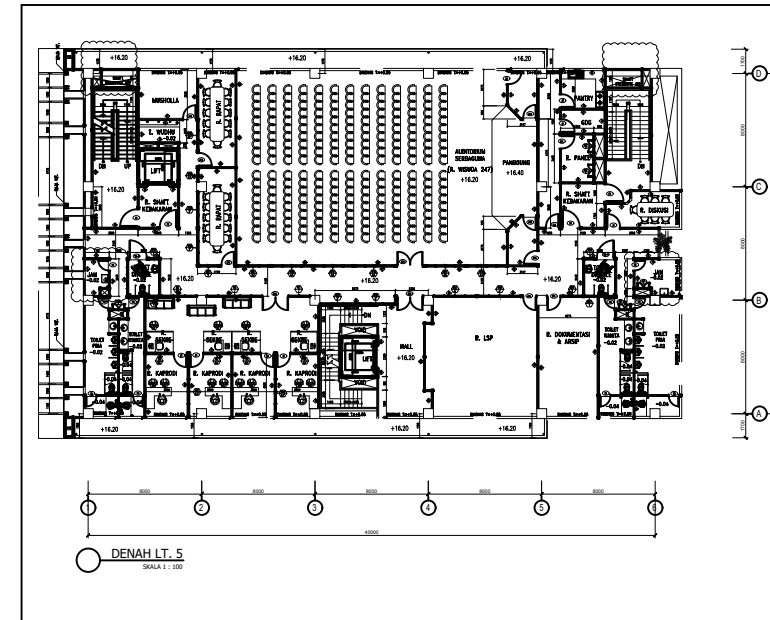
DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE Sb (t=150mm)
NTS

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.



POT. PRINSIP LANTAI BETON Sb
NTS



KEYPLAN DENAH PELAT LANTAI 5

KONSULTAN PERENCANA



PAKET PEKERJAAN

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
BALAI PRASARANA PERUMUKAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

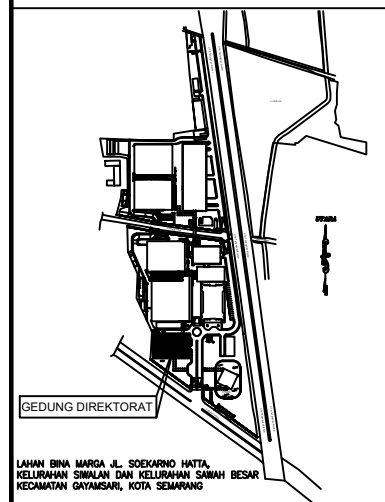
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HUTA,
KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAH BESAR,
KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

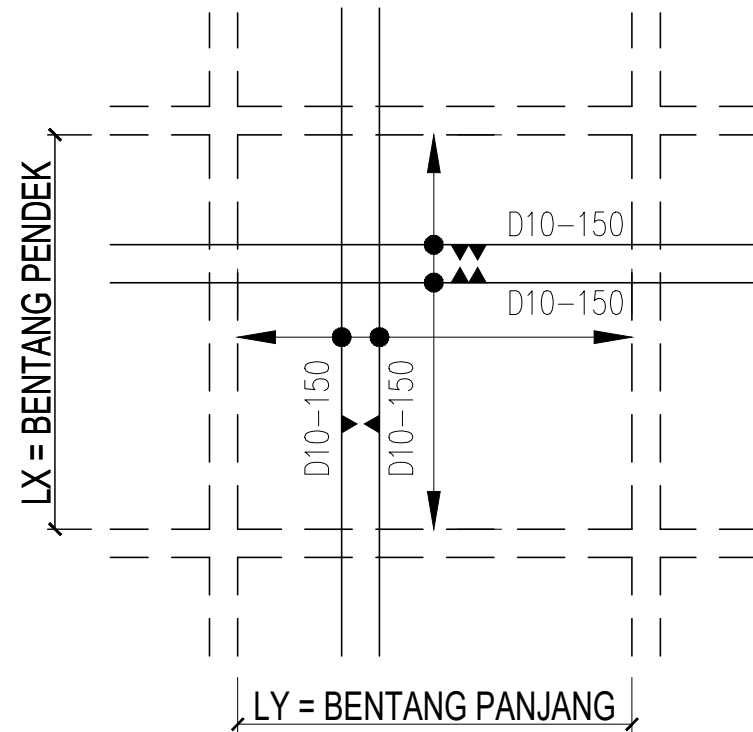
**DETAIL PRINSIP
PENULANGAN PELAT TIPE
(Sb)**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 10 S-STR-60 1

DETAIL PRINSIP PENULANGAN PELAT TYPE (Sc)

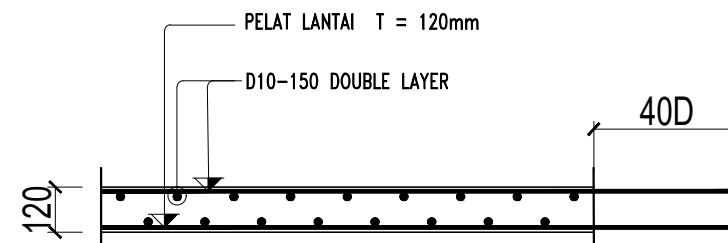
SKALA 1 : 10



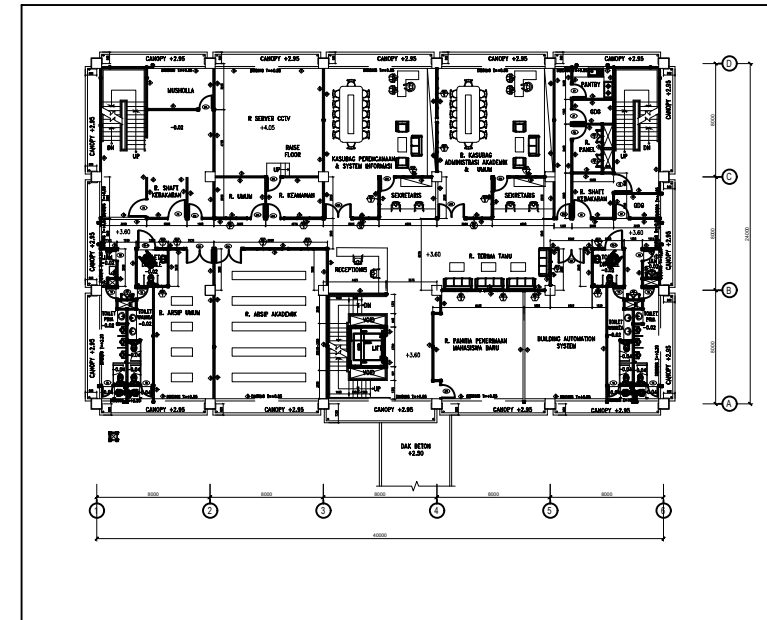
DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE Sc (t=120mm)
NTS

NOTASI PELAT BETON:			
NOTASI	DIMENSI (mm)	KETERANGAN	KETERANGAN
Sa	130mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sb	150mm	Pelat Lantai	BETON BERTULANG
Sc	120mm	Pelat Kanopi	BETON BERTULANG

NB : 1. ZONA KAMAR MANDI PLAT BETON TURUN 100mm
2. ELEVASI PELAT STRUKTUR TURUN 50mm DARI LANTAI ARSITEKTUR.



POT. PRINSIP LANTAI BETON Sc
NTS



KEYPLAN DENAH PELAT LANTAI KANOPI

KONSULTAN PERENCANA



PAKET PEKERJAAN

**PENYUSUNAN PERENCANAAN
TEKNIS GEDUNG POLITEKNIK
PEKERJAAN UMUM**

PEMBERI TUGAS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
BALAI PRASARANA PERUMUKAN WILAYAH JAWA TENGAH

DIREKTUR UTAMA PT.PANDU PERSADA

PANJI HARJASA, ST., MT

TEAM LEADER

Dr. ABANG WINARWAN
SKA. 1.1.101.2.027.10.1896380

TENAGA AHLI

STRUKTUR ATAS

M. ARIF TOTO RAHARDJO, ST, M.Eng
SKA. 1.2.201.1.025.09.1036007

TENAGA AHLI

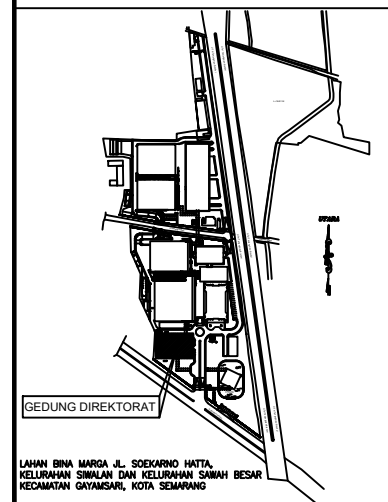
STRUKTUR BAWAH

Ir. M. TAUFIK TAIB, MT
1.2.216.2.031.09.1042239

DRAFTER

AHMAD SUDARMANTO, ST
SKT. 2.2.003.1.142.10.4040296

KEY PLAN



LAHAN BINA MARGA, JL. SDEKARNO HUTA,
KELURAHAN SIMALAN DAN KELURAHAN SIMAN BESAR,
KECAMATAN GAYAMSARI, KOTA SEMARANG

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PRINSIP
PENULANGAN PELAT TIPE
(Sc)**

SKALA NOMOR GAMBAR JML. GAMBAR

1 : 10 S-STR-61 1