

TUGAS AKHIR

**KAJIAN REKAYASA NILAI PADA PEKERJAAN
STRUKTUR ATAS GEDUNG
(*VALUE ENGINEERING STUDY OF UPPER
STRUCTURE BUILDING*)**

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY)



Dwi Fajar Nugroho

18511096

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

2022

TUGAS AKHIR

KAJIAN REKAYASA NILAI PADA PEKERJAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG (*VALUE ENGINEERING STUDY OF UPPER STUCTURE BUILDING*)

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY)

Disusun oleh

Dwi Fajar Nugroho
18511096

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

Diuji pada tanggal 8 Agustus 2022
Oleh Dewan Penguji

Penguji I



Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 005110101

Penguji II



Vendie Abma, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Penguji III



Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 945110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

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, 8 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan




Dwi Fajar Nugroho

(18511096)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Kajian Rekayasa Nilai pada Pekerjaan Struktur Atas Gedung (Studi Kasus Gedung *Disaster Recovery Center* PT Bank BPD DIY). 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 dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana,
2. Ibu Fitri Nugraheni S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing,
3. PT Muara Mitra Mandiri yang telah membantu untuk meminta data kepada pihak perencana,
4. PT Proporsi selaku perencana yang telah memberikan data teknis proyek,
5. Kedua orang tua yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual,
6. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya,
7. Serta semua pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 8 Agustus 2022

Penulis,



Dwi Fajar Nugroho

18511096

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| Halaman Judul | i |
| Halaman Pengesahan | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR GRAFIK | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xvii |
| ABSTAK | xviii |
| <i>ABSTRACT</i> | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Tinjauan Umum | 6 |
| 2.2 Penelitian Sebelumnya | 6 |
| 2.2.1 Penerapan <i>Value Engineering</i> pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi kasus Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksaan Inspektori Daerah Sleman). | 6 |
| 2.2.2 Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi Dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode <i>Zero-One</i> (Studi Kasus Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia). | 8 |

| | |
|--|----|
| 2.2.3 <i>Value Engineering for Canal Tail Irrigation Water Problem</i> (Studi Kasus Saluran irigasi di Mesir) | 8 |
| 2.3 Perbandingan Penelitian | 9 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 11 |
| 3.1 Rekayasa Nilai | 11 |
| 3.2 Sebab dan Tujuan Penerapan Rekayasa Nilai | 13 |
| 3.3 Pengertian Nilai, Biaya dan Fungsi | 14 |
| 3.3.1 Pengertian Nilai | 14 |
| 3.3.2 Pengertian Biaya | 14 |
| 3.3.3 Pengertian Fungsi | 15 |
| 3.4 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai | 17 |
| 3.4.1 Tahap Perencanaan | 17 |
| 3.4.2 Tahap Akhir Perencanaan | 18 |
| 3.4.3 Tahap Pelaksanaan | 18 |
| 3.5 Rencana Kerja Rekayasa Nilai | 19 |
| 3.5.1 Tahap Informasi | 20 |
| 3.5.2 Tahap Spekulatif | 22 |
| 3.5.3 Tahap Analisis | 23 |
| 3.5.4 Tahap Pengembangan | 23 |
| 3.5.5 Tahap Penyajian | 23 |
| 3.6 Diagram FAST | 24 |
| 3.7 Analisis Tingkat Kelayakan | 26 |
| 3.8 Analisis Keuntungan dan Kerugian | 27 |
| 3.9 Analisis Menggunakan Metode <i>Zero-One</i> | 28 |
| 3.10 Pengertian Balok, Kolom dan Pelat | 31 |
| 3.10.1 Pengertian Balok | 31 |
| 3.10.2 Pengertian Kolom | 32 |
| 3.10.3 Pengertian Pelat | 33 |
| 3.11 Analisis Struktur | 33 |
| 3.12 Permodelan dan Penggambaran Struktur | 35 |
| 3.13 Rencana Anggaran Biaya | 36 |

| | |
|--|-----|
| BAB IV METODE PENELITIAN | 41 |
| 4.1 Definisi Umum | 41 |
| 4.2 Subjek dan Obyek Penelitian | 41 |
| 4.3 Data dan Metode Penelitian | 42 |
| 4.3.1 Data Penelitian | 42 |
| 4.3.2 Metode Pengumpulan Data | 43 |
| 4.4 Analisis Data | 43 |
| 4.4.1 Tahap Informasi | 44 |
| 4.4.2 Tahap Spekulatif | 45 |
| 4.4.3 Tahap Analisa | 45 |
| 4.4.4 Tahap Pengembangan | 50 |
| 4.4.5 Tahap Penyajian | 50 |
| 4.5 Bagan Alir | 51 |
| BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 54 |
| 5.1 Tahap Informasi | 54 |
| 5.1.1 Data Umum Proyek | 54 |
| 5.1.2 Data Teknis | 55 |
| 5.1.3 Data Anggaran Biaya | 58 |
| 5.1.4 Analisis Fungsi | 58 |
| 5.2 Tahap Spekulatif | 59 |
| 5.3 Tahap Analisis | 60 |
| 5.3.1 Analisis Tingkat Kelayakan | 60 |
| 5.3.2 Analisis Keuntungan dan Kerugian | 65 |
| 5.3.3 Analisis Metode <i>Zero-One</i> | 71 |
| 5.4 Tahap Pengembangan | 84 |
| 5.4.1 Data Beban | 85 |
| 5.4.2 Permodelan Struktur SAP 2000 | 91 |
| 5.4.3 Hasil Perhitungan | 92 |
| 5.4.4 Desain Pelat | 99 |
| 5.4.5 Desain Balok | 105 |
| 5.4.6 Desain Kolom | 133 |

| | |
|--|------------|
| 5.4.7 Sambungan Balok Kolom | 161 |
| 5.4.8 Permodelan dan Penggambaran Tekla Struktur | 163 |
| 5.4.9 Rencana Anggaran Biaya | 166 |
| 5.5 Tahap Penyajian | 181 |
| 5.6 Pembahasan | 185 |
| BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN | 188 |
| 6.1 Kesimpulan | 188 |
| 6.2 Saran | 188 |
| DAFTAR PUSTAKA | 190 |
| LAMPIRAN | 192 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3. 1 Perbandingan Terhadap Rekayasa Nilai | 19 |
| Tabel 3. 2 Analisis Fungsi | 21 |
| Tabel 3. 3 Metode <i>Zero-One</i> Untuk Mencari Bobot | 29 |
| Tabel 3. 4 Metode <i>Zero-One</i> Untuk Mencari Indeks | 30 |
| Tabel 3. 5 Matriks Evaluasi | 31 |
| Tabel 3. 6 Contoh Perhitungan Volume Pekerjaan | 37 |
| Tabel 3. 7 Harga Satuan Pokok | 38 |
| Tabel 3. 8 Harga Satuan Pekerjaan | 38 |
| Tabel 3. 9 Rencana Anggaran Biaya | 39 |
| Tabel 3. 10 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya | 40 |
| Tabel 4. 1 Analisis Fungsi | 44 |
| Tabel 4. 2 Spekulatif Alternatif Desain | 45 |
| Tabel 4. 3 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan | 46 |
| Tabel 4. 4 Rekapitulasi Analisis Tingkat Kelayakan Ide Alternatif | 47 |
| Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Kuisoner Analisis Keuntungan dan Kerugian Alternatif Desain | 48 |
| Tabel 4. 6 Penilaian Alternatif Desain | 48 |
| Tabel 4. 7 Perankingan Alternatif | 49 |
| Tabel 4. 8 Penilaian Pembobotan | 49 |
| Tabel 4. 9 Penilaian Indeks Dengan <i>Zero-One</i> Terhadap Kriteria | 49 |
| Tabel 4. 10 Matriks Evaluasi | 50 |
| Tabel 4. 11 Tahap penyajian alternatif struktur | 51 |
| Tabel 5. 1 Data Umum Proyek | 54 |
| Tabel 5. 2 Desain <i>Eksisting</i> Kolom | 55 |
| Tabel 5. 3 Desain <i>Eksisting</i> Balok | 56 |
| Tabel 5. 4 Desain <i>Eksisting</i> Pelat | 57 |
| Tabel 5. 5 Data Anggaran Biaya | 58 |

| | |
|--|----|
| Tabel 5. 6 Analisis Fungsi | 58 |
| Tabel 5. 7 Ide Spekulatif Alternatif Desain Balok | 60 |
| Tabel 5. 8 Ide Spekulatif Alternatif Desain Kolom | 60 |
| Tabel 5. 9 Ide Spekulatif Alternatif Desain Pelat | 60 |
| Tabel 5. 10 Hasil Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Balok | 61 |
| Tabel 5. 11 Hasil Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Kolom | 62 |
| Tabel 5. 12 Hasil Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Pelat | 63 |
| Tabel 5. 13 Rekapitulasi Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Balok | 64 |
| Tabel 5. 14 Rekapitulasi Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Kolom | 64 |
| Tabel 5. 15 Rekapitulasi Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Pelat | 64 |
| Tabel 5. 16 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Balok | 65 |
| Tabel 5. 17 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Kolom | 66 |
| Tabel 5. 18 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Pelat | 67 |
| Tabel 5. 19 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Balok | 68 |
| Tabel 5. 20 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Kolom | 69 |
| Tabel 5. 21 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Pelat | 70 |
| Tabel 5. 22 Penilaian Kriteria | 72 |
| Tabel 5. 23 Nilai Persentasi Pentingnya Kriteria | 72 |
| Tabel 5. 24 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Biaya | 73 |
| Tabel 5. 25 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Daya Dukung | 73 |
| Tabel 5. 26 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Waktu Pelaksanaan | 74 |
| Tabel 5. 27 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Kemungkinan Implementasi | 74 |
| Tabel 5. 28 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Kesulitan Pelaksanaan | 75 |
| Tabel 5. 29 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Sarana Kerja (Peralatan) | 75 |
| Tabel 5. 30 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap kriteria Biaya | 76 |
| Tabel 5. 31 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Daya Dukung | 76 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 32 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Waktu Pelaksanaan | 77 |
| Tabel 5. 33 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Kemungkinan Implementasi | 77 |
| Tabel 5. 34 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Kesulitan Pelaksanaan | 78 |
| Tabel 5. 35 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Sarana Kerja (Peralatan) | 79 |
| Tabel 5. 36 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Biaya Awal | 79 |
| Tabel 5. 37 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Daya Dukung | 80 |
| Tabel 5. 38 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Waktu Pelaksanaan | 80 |
| Tabel 5. 39 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Kemungkinan Implementasi | 81 |
| Tabel 5. 40 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Kesulitan Pelaksanaan | 81 |
| Tabel 5. 41 Penilaian dengan <i>Zero-One</i> terhadap Sarana Kerja (Peralatan) | 82 |
| Tabel 5. 42 Pembobotan Metode <i>Zero One</i> pada Balok | 83 |
| Tabel 5. 43 Pembobotan Metode <i>Zero One</i> pada Kolom | 83 |
| Tabel 5. 44 Pembobotan Metode <i>Zero One</i> pada Pelat | 83 |
| Tabel 5. 45 Rekapitulasi Beban Hidup Bangunan | 87 |
| Tabel 5. 46 Kombinasi Respons Gaya Geser Dasar | 93 |
| Tabel 5. 47 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai | 94 |
| Tabel 5. 48 Rekapitulasi Kestabilan P-Delta | 95 |
| Tabel 5. 49 Pasal-Pasal Ketidakberaturan Bangunan | 96 |
| Tabel 5. 50 Rekapitulasi Kestabilan Horizontal Bangunan | 99 |
| Tabel 5. 51 Rekapitulasi Pembebanan Pelat | 100 |
| Tabel 5. 52 Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser pada Pelat | 102 |
| Tabel 5. 53 Nilai Momen dan Gaya Geser pada Balok dari Analisis | 107 |
| Tabel 5. 54 Nilai Momen dan Gaya Geser pada Balok dari Perencana | 107 |
| Tabel 5. 55 Rekapitulasi Distribusi Momen Balok Induk | 109 |
| Tabel 5. 56 Rekapitulasi Nilai Momen Balok Induk yang Ditetapkan | 110 |
| Tabel 5. 57 Tabel Rekapitulasi Penulangan Balok Alternatif | 132 |
| Tabel 5. 58 Tabel Penulangan Balok <i>Eksisting</i> | 132 |
| Tabel 5. 59 Rumus Grafik Diagram Mn-Pn Kolom pada Lima Kondisi | 134 |
| Tabel 5. 60 Rekapitulasi Gaya Aksial, Gaya Geser pada Kolom dan Momen Balok yang Menumpu Kolom dari Analisis | 135 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5. 61 Rekapitulasi Gaya Aksial, Gaya Geser pada Kolom dan Momen Balok yang Menumpu Kolom dari Perencana | 135 |
| Tabel 5. 62 Rekapitulasi Rasio Tulangan | 137 |
| Tabel 5. 63 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K1 (rasio tulangan 3,5%) | 145 |
| Tabel 5. 64 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K1.A (rasio tulangan 3%) | 146 |
| Tabel 5. 65 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K2 (rasio tulangan 2%) | 147 |
| Tabel 5. 66 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K3 (rasio tulangan 1,5%) | 148 |
| Tabel 5. 67 Rekapitulasi Pu kolom dan Mu kolom | 153 |
| Tabel 5. 68 Hasil Rekapitulasi <i>Strong Column Weak Beam</i> | 154 |
| Tabel 5. 69 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom | 159 |
| Tabel 5. 70 Rekapitulasi Penulangan Kolom Alternatif | 160 |
| Tabel 5. 71 Tabel Penulangan Kolom <i>Eksisting</i> | 160 |
| Tabel 5. 72 Penulangan Sambungan Balok dan Kolom | 163 |
| Tabel 5. 73 Volume Pekerjaan Beton pada Balok dan Kolom | 164 |
| Tabel 5. 74 Volume Pembesian pada Balok dan Kolom | 164 |
| Tabel 5. 75 Volume Beton pada Pelat Lantai | 167 |
| Tabel 5. 76 Kebutuhan <i>Floordeck</i> Lantai | 168 |
| Tabel 5. 77 Kebutuhan <i>Wiremesh</i> | 169 |
| Tabel 5. 78 Rekapitulasi <i>Bekisting</i> Kolom | 170 |
| Tabel 5. 79 Rekapitulasi <i>Bekisting</i> Balok | 172 |
| Tabel 5. 80 Satuan Harga Barang dan Jasa | 173 |
| Tabel 5. 81 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton <i>Ready Mix</i> $f_c' 26,4$ Mpa | 174 |
| Tabel 5. 82 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pembesian | 174 |
| Tabel 5. 83 Analisis Harga Satuan Pekerjaan $1m^2$ Perancah <i>Bekisting</i> | 175 |
| Tabel 5. 84 Analisis Harga Satuan Pekerjaan <i>Bekisting</i> untuk Kolom | 175 |
| Tabel 5. 85 Analisis Harga Satuan Pekerjaan <i>Bekisting</i> untuk Balok | 176 |
| Tabel 5. 86 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Pelat | 177 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5. 87 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Kolom | 177 |
| Tabel 5. 88 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Balok | 179 |
| Tabel 5. 89 Rekapitulasi Rancangan Anggaran Biaya | 181 |
| Tabel 5. 90 Tahap Penyajian Pekerjaan Pelat Komposit | 181 |
| Tabel 5. 91 Tahap Penyajian Pekerjaan Kolom Beton | 182 |
| Tabel 5. 92 Tahap Penyajian Pekerjaan Balok Beton | 183 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 3. 1 Diagram FAST <i>Ground Rules</i> | 25 |
| Gambar 4. 1 Gedung <i>Disaster Recovery Center</i> PT Bank BPD DIY | 42 |
| Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian | 53 |
| Gambar 5. 1 Diagram FAST Pekerjaan Struktur Atas | 59 |
| Gambar 5. 2 Penampang Pelat | 85 |
| Gambar 5. 3 Penampang Balok | 85 |
| Gambar 5. 4 Penampang Kolom | 86 |
| Gambar 5. 5 Percepatan Respon Spektral Periode Pendek | 88 |
| Gambar 5. 6 Percepatan Respon Spektral Periode 1,0 Detik | 88 |
| Gambar 5. 7 Desain Respon Spektra | 89 |
| Gambar 5. 8 Permodelan 3-Dimensi | 91 |
| Gambar 5. 9 Ketidakberaturan Horizontal | 97 |
| Gambar 5. 10 Penempatan <i>Joint</i> | 98 |
| Gambar 5. 11 Grafik Diagram Mn-Pn Kolom | 133 |
| Gambar 5. 12 Luas <i>Joint</i> Efektif | 154 |

DAFTAR GRAFIK

| | |
|--|-----|
| Grafik 5. 1 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K1 (rasio tulangan 3,5%) | 149 |
| Grafik 5. 2 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K1.A (rasio tulangan 3%) | 149 |
| Grafik 5. 3 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K2 (rasio tulangan 2%) | 150 |
| Grafik 5. 4 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K3 (rasio tulangan 1,5%) | 150 |
| Grafik 5. 5 Plot Garis Nilai Pu Kolom ke Grafik Mn-Pn K1 (rasio tulangan 3,5%) | 151 |
| Grafik 5. 6 Plot Garis Nilai Pu Kolom ke Grafik Mn-Pn K1.A (rasio tulangan 3%) | 152 |
| Grafik 5. 7 Plot Garis Nilai Pu Kolom ke Grafik Mn-Pn K2 (rasio tulangan 2%) | 152 |
| Grafik 5. 8 Plot Garis Nilai Pu Kolom ke Grafik Mn-Pn K2 (rasio tulangan 2%) | 153 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Struktur Atas *Eksisting*

Lampiran 2 Gambar Struktur Atas Alternatif

Lampiran 3 Hasil Kuisoner

Lampiran 4 Brosur *Floordeck*

Lampiran 5 Brosur *Wiremesh*

Lampiran 6 Daftar Harga Material



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|----------------|---|
| VE | = <i>Value Engineering</i> |
| DRC | = <i>Disaster Recovery Center</i> |
| BPD | = Bank Pembangunan Daerah |
| DIY | = Daerah Istimewa Yogyakarta |
| SKBI | = Standart Konstruksi Bangunan Indonesia |
| SNI | = Standart Nasional Indonesia |
| DED | = <i>Detail Engineerng Design</i> |
| MEP | = <i>Mechanical Electrical and Plumbing</i> |
| BoQ | = <i>Bill of Quantity</i> |
| RAB | = Rencana Anggaran Biaya |
| FAST | = Fungsional Analisa Sistem Teknik |
| RKS | = Rencana Kerja dan Syarat-syarat |
| SPK | = Surat Perjanjian Kontrak Kerja |
| IMB | = Izin Mendirikan Bangunan |
| GA | = <i>General Arrangement</i> |
| AHSP | = Analisis Harga Satuan Pekerjaan |
| PPN | = Pajak Pertambahan Nilai |
| m | = Meter |
| m ² | = Meter Persegi |
| m ³ | = Meter Kubik |
| kg | = Kilogram |
| ltr | = Liter |
| OH | = Orang per Hari |

ABSTRAK

Pengambilan keputusan atau metode yang tepat dalam pelaksanaan proyek konstruksi memiliki pengaruh yang besar terhadap tujuan dari proyek yaitu: biaya, mutu dan waktu. Keputusan yang tidak tepat dapat menyebabkan tujuan dari proyek tidak dapat terlaksana dengan baik. Salah satu metode untuk mencapai tujuan dari pelaksanaan proyek adalah rekayasa nilai (*value engineering*). Pada Proyek Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT BANK BPD DIY ini pekerjaan struktur atas (balok, kolom dan pelat) memakan biaya yang lebih besar dibandingkan biaya pekerjaan yang lain. Diharapkan dengan kajian rekayasa nilai pada struktur atas proyek ini dapat mengoptimalkan biaya secara efektif dan efisien tanpa mengurangi fungsi dan kualitas dari bangunan.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain alternatif terbaik pada pekerjaan struktur atas proyek Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT BANK BPD DIY, dengan metode rekayasa nilai melalui lima tahapan yaitu: tahap informasi, tahap spekulatif, tahap analisis, tahap pengembangan dan tahap penyajian.

Pemilihan desain alternatif terbaik dari tahapan diatas didapatkan: pekerjaan balok dan kolom menggunakan beton bertulang, sedangkan pekerjaan pelat menggunakan pelat komposit (*wiremesh* dan *floordeck*). Desain alternatif yang direkomendasikan diperoleh penghematan biaya sebesar Rp1.208.914.986,69 atau 36,29 %.

Kata kunci : Rekayasa Nilai, Struktur Atas, Rencana Anggaran Biaya.

ABSTRACT

Decision making or the right method in the implementation of a construction project has a great influence on the objectives of the project, namely: cost, quality and time. Improper decisions can cause the project's objectives to not be implemented properly. One method to achieve the objectives of project implementation is value engineering. In project building disaster recovery center PT BANK BPD DIY, the work on the upper structure (beams, columns and plates) costs more than other work costs. It is hoped that the application of value engineering to the upper structure of this project can optimize costs effectively and efficiently without reducing the function and quality of the building.

This study aims to obtain the best alternative design for the upper structural work on the project building Disaster Recovery Center (DRC) PT BANK BPD DIY, with the value engineering method through five stages, namely: the information stage, the speculative stage, the analysis stage, the development stage and the presentation stage.

The selection of the best alternative design from the above stages was obtained: beam and column work using reinforced concrete, while slab work using composite slabs (wiremesh and floordeck). The recommended alternative design obtained cost savings of rp 1.208.914.986,69 or 36,29%.

Key words : *Value Engineering, Upper Structure, Budget Plan.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Secara umum, semakin besar suatu proyek maka akan melalui beberapa tahapan yang kompleks dalam siklus hidup proyek. Dalam tahap perencanaan akan berpengaruh terhadap tahap pelaksanaan konstruksi, oleh karena itu perlu adanya pengambilan keputusan yang tepat dalam pelaksanaan proyek konstruksi dan diperlukan suatu metode konstruksi untuk mencapai tujuan dari proyek yaitu: biaya, mutu dan waktu. Pengambilan keputusan dan metode dengan tepat berpengaruh terhadap penggunaan sumber daya yang efisien dan efektif selama pelaksanaan proyek, sedangkan keputusan yang tidak tepat pada saat perencanaan akan berpengaruh buruk pada penggunaan sumber daya yang digunakan pada tahap konstruksi. Akan tetapi dalam pelaksanaan proyek sering terjadi masalah seperti sumber daya yang kurang terampil, pemakaian material yang tidak efektif dan efisien, serta waktu pelaksanaan proyek yang terlambat sehingga menyebabkan pembengkakan biaya. Pengambilan peninjauan kembali keputusan dan metode proyek yang digunakan merupakan cara untuk menilai ulang desain proyek terhadap jalannya pelaksanaan proyek sehingga dapat dilakukan penghematan biaya dengan cara mengidentifikasi dan meminimalkan biaya yang tidak perlu tanpa mengurangi fungsi dan tujuan dari proyek itu sendiri.

Soeharto (2001) dalam manajemen konstruksi terdapat suatu metode yang dapat dijadikan kajian dalam optimasi biaya adalah metode rekayasa nilai atau biasa disebut *value engineering*. Metode rekayasa nilai memiliki keunggulan yaitu metode ini memiliki pendekatan yang rapi, terencana dan sistematis dalam melakukan analisis terhadap nilai dari pokok permasalahan yang berkaitan dengan fungsi atau kegunaan dari proyek tanpa mengesampingkan kualitas atau mutu, tampilan dan perawatan. Rekayasa nilai dapat menjadi alternatif untuk mendapatkan sebuah produk jasa konstruksi dengan standart mutu yang tepat, waktu yang cepat dan biaya yang efisien. Maka dari itu penerapan rekayasa nilai

pada pelaksanaan proyek memiliki tujuan untuk melakukan penghematan biaya akibat biaya yang tidak perlu dan dapat meningkatkan nilai dan fungsi dari suatu proyek.

Penerapan rekayasa nilai dalam suatu proyek telah banyak dilakukan untuk meningkatkan nilai atau *value* dari proyek itu sendiri. Arifta (2019) menerapkan rekayasa nilai pada proyek pembangunan Gedung Pemeriksaan Inspektorat Daerah Sleman khususnya pekerjaan struktur pondasi, balok, kolom, pelat dan tangga untuk mendapatkan desain alternatif terbaik. Hasilnya adalah didapatkan alternatif desain pada pekerjaan pelat dengan bondek dari desain awal menggunakan beton bertulang, pekerjaan tangga pelat cor dengan anak tangga bata dari desain awal tangga beton bertulang, dan penghematan biaya yang lebih ekonomis sebesar 11,103 % atau Rp. 7.899.980. Darojah (2019) melakukan kajian rekayasa nilai dalam pengambilan keputusan desain pondasi pada Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia. Hasilnya didapatkan desain terbaik yaitu desain pondasi *footplate* 3,5 x 3,5 meter yang merupakan desain awal dan memiliki nilai atau *value* tertinggi sebesar 35,53%. El-Nashar dan Elyamany (2017) menerapkan rekayasa nilai untuk masalah irigasi air pada saluran akhir di Mesir. Hasilnya didapatkan alternatif desain dengan nilai indeks tertinggi sebesar 4,602 menggunakan pipa terpisah untuk mengairi saluran akhir dan pipa plastik untuk menyediakan air pada saluran lapangan pada serta sebuah pompa pada saluran masuk untuk mendistribusikan air. Dari alternatif tersebut diperoleh penghematan air irigasi sebesar 2,73 m³/s, dengan biaya sebesar 36,54 miliar Pound Mesir.

Penerapan rekayasa nilai dalam proyek-proyek bangunan tetap terbatas karena skala besar proyek yang mengarah ke terlalu banyak informasi, sehingga sulit untuk melaksanakan rekayasa nilai, siklus hidup panjang bangunan dan peningkatan faktor risiko tidak kondusif untuk pengembangan rekayasa nilai. Oleh karena itu, penerapan rekayasa nilai saja tidak cukup untuk pengendalian biaya dan manajemen yang efektif. Akan tetapi, dengan berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan dapat membantu memudahkan dalam tahapan pelaksanaan proyek konstruksi, diantara lain banyaknya informasi bahan dan material yang dapat

dijadikan alternatif dan penggunaan *software* untuk memudahkan pelaksanaan proyek konstruksi.

Dari beberapa penjelasan di atas, direncanakan dilakukan kajian rekayasa nilai pada Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY yang berlokasi di Jalan Nasional III, Klewonan, Triharjo, Wates, Kulon Progo, Yogyakarta. Pada proyek ini pengerjaan strukturnya menggunakan desain umum yang digunakan yaitu struktur konvensional pada pembangunan gedung. Penerapan rekayasa nilai akan dilakukan dengan mengubah struktur atas (balok, kolom, pelat) tanpa mengurangi fungsi dan secara perhitungan struktur masih dapat dipertanggungjawabkan. Penerapan rekayasa nilai pada pekerjaan struktur atas didasarkan :

1. Struktur atas memiliki peran yang sangat penting dalam kekuatan dan kekokohan dari sebuah bangunan.
2. Struktur atas merupakan pekerjaan yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dan persentase yang besar.
3. Banyaknya alternatif terkait bahan atau material, desain maupun metode untuk pekerjaan struktur atas.

Dari hasil rekayasa nilai pada penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan desain alternatif pada pekerjaan struktur atas (balok, kolom dan pelat) dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan material, metode pelaksanaan pekerjaan dan fungsi bangunan sehingga didapatkan penghematan biaya yang efektif dan efisien. Hasil penerapan rekayasa nilai dapat dijadikan bahan referensi terhadap pembangunan bangunan sejenis sesuai dengan yang direncanakan di lokasi yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah material apa yang direkomendasikan untuk struktur atas (kolom, balok, dan pelat) yang efektif dan efisien yang digunakan pada Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY?

1.3 Tujuan Penelitian

Melakukan kajian rekayasa nilai pada struktur atas Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY bertujuan untuk mendapatkan alternatif desain terbaik terhadap struktur atas (kolom, balok, dan pelat).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian kajian rekayasa nilai pada Struktur Atas Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY dimaksudkan mahasiswa mampu menerapkan ilmu dan teori yang didapatkan diperkuliahan pada kondisi sebenarnya di lapangan, dan diperoleh gambaran serta pengetahuan tentang kegiatan perencanaan sebenarnya.

Selain itu, manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan wawasan kepada masyarakat dunia konstruksi terkait rekayasa nilai (*value engineering*) serta dapat dijadikan sebuah referensi atau acuan dalam sebuah perencanaan bangunan gedung.

1.5 Batasan Penelitian

Kajian rekayasa nilai pada Struktur Atas Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY dibatasi pada :

1. Bangunan yang dijadikan studi kasus penelitian tugas akhir ini adalah Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY.
2. Ruang lingkup rekayasa nilai pada pekerjaan struktur atas meliputi : balok, kolom dan pelat.
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) direncanakan oleh peneliti.
4. SKBI 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.
5. SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
6. SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

7. SNI 1727-2013 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
8. Perhitungan struktur bangunan menggunakan *software* SAP 2000.
9. Permodelan dan penggambaran struktur bangunan menggunakan *software* Tekla Struktur.
10. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pembangunan pasti membutuhkan pengeluaran atau biaya dan tentunya pemilik atau *owner* menginginkan biaya yang rendah tetapi dengan hasil yang maksimum dalam hal kualitas konstruksi. Pengendalian biaya proyek merupakan hal utama dalam proses manajemen biaya proyek, dikarenakan ketika penggunaan bahan tidak dioptimalkan, tenaga kerja tidak terampil, metode pelaksanaan yang tidak tepat dan penggunaan waktu yang tidak efektif dapat terjadi penyimpangan dari rencana yang telah ditentukan. Permasalahan-permasalahan tersebut dapat diatasi dengan cara meninjau kembali desain proyek tanpa mengoreksi perhitungan dari desain awal atau mencari kesalahan yang dibuat oleh perencana, tetapi dengan cara mengidentifikasi sumber daya yang digunakan sehingga didapat sumber daya yang tidak perlu dapat dilakukan pemangkasan/dihilangkan tanpa mengurangi kualitas mutu dan fungsi dari bangunan. Oleh karena itu, dalam ilmu teknik ditemukan suatu metode untuk penghematan dan mengefisienkan biaya yang disebut dengan rekayasa nilai (*value engineering*).

2.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini menggunakan tinjauan pustaka yang memuat uraian sistematis yang membahas dan meneliti tentang rekayasa nilai terhadap suatu proyek dari peneliti sebelumnya. Berikut adalah penelitian-penelitian yang digunakan sebagai tinjauan penelitian.

2.2.1 Penerapan *Value Engineering* pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi kasus Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksaan Inspektor Daerah Sleman).

Arifita (2019) menyatakan penelitian ini dilakukan berdasarkan adanya tiga aspek yang memiliki pengaruh penting terhadap jalannya pembangunan dari proyek yaitu biaya, mutu dan waktu. Suatu proyek tidak mungkin memiliki karakteristik yang sama antara satu dengan yang lain atau biasa disebut dengan unik. Maka dari

itu untuk mencapai tujuan dari proyek dibutuhkan manajemen proyek guna mengelola sumber daya yang ada dapat digunakan dengan maksimal. Sumber daya dalam konsep manajemen dibagi menjadi lima yaitu: manusia, material, peralatan, metode, dan biaya. Pengelolaan sumber daya tersebut harus digunakan secara efektif dan efisien guna biaya yang dikeluarkan boros atau tidak melebihi dari yang direncanakan. Salah satu optimasi biaya adalah menggunakan metode rekayasa nilai (*value engineering*).

Peneliti merencanakan rekayasa nilai terhadap Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksaan Inspektor Daerah Sleman khususnya item pekerjaan struktur pondasi, balok, kolom, pelat dan tangga. Pemilihan item pekerjaan di atas berdasarkan presentase pekerjaan yang besar, sehingga diharapkan didapat alternatif desain dari item pekerjaan tersebut dengan biaya yang rendah tanpa mengurangi atau merubah nilai maupun fungsi dari bangunan tersebut. Tahapan rekayasa nilai yang dilakukan oleh peneliti yaitu: tahap informasi, tahap kreatif, tahap pertimbangan, tahap pengembangan, tahap rekomendasi. Peneliti menetapkan beberapa kriteria yang dipakai untuk proses analisis item pekerjaan yang dipilih, antara lain : biaya awal, daya dukung, waktu pelaksanaan, kemungkinan implementasi, tingkat kesulitan pelaksanaan, sarana kerja (peralatan). Dari tahapan dan proses analisis yang disebutkan akan diperoleh desain yang direkomendasikan.

Peneliti menyimpulkan bahwa, hasil dari rekayasa nilai pada Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksaan Inspektor Daerah Sleman yaitu:

1. Didapatkan alternatif desain pelat dengan bondek dari desain awal menggunakan pelat beton bertulang.
2. Didapatkan alternatif desain tangga pelat cor dengan anak tangga bata dari desain awal tangga beton bertulang.
3. Untuk struktur pondasi, balok, dan kolom digunakan struktur sama dengan desain *eksisting* yaitu pondasi *footplate*, balok beton bertulang dan kolom beton bertulang.
4. Dari desain alternatif yang direkomendasikan didapatkan penghematan biaya yang lebih ekonomis yaitu sebesar 11,10279178 % atau Rp. 7.899.980.

2.2.2 Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi Dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode *Zero-One* (Studi Kasus Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia).

Darajah (2019) menyatakan penelitian ini dilakukan berdasarkan optimasi dan efisiensi dari biaya dibutuhkan suatu teknik untuk mengendalikan proyek yang sistematis tanpa mengesampingkan mutu dan kualitas. Dalam hal pengendalian biaya perlu dilakukan peninjauan kembali secara sistematis guna biaya yang dikeluarkan tidak berlebihan atau sesuai dengan yang direncanakan. Cara yang dilakukan dengan mengusulkan sebuah alternatif yang dapat dijadikan dasar untuk menganalisis efisiensi dari desain tanpa mengoreksi kesalahan atau perhitungan yang dibuat oleh perencana. Cara yang dimaksud dilakukan dengan analisis rekayasa nilai (*value engineering*).

Peneliti merencanakan rekayasa nilai terhadap pekerjaan pondasi Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Hal ini dipilih karena pada item pekerjaan pondasi dirasa memiliki tingkat kesulitan yang kompleks dan biaya yang lumayan besar. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis terhadap desain pondasi guna mendapatkan biaya yang efisien dan optimal. Tahapan rekayasa nilai yang dilakukan oleh peneliti yaitu: tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisis, tahap rekomendasi, tahap penyajian dengan menggunakan metode *zero-one*. Peneliti menyimpulkan bahwa, hasil dari rekayasa nilai pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia yaitu:

1. Didapatkan desain terbaik yaitu desain pondasi *footplate* 3,5 x 3,5 meter yang merupakan desain awal, sehingga tidak ada desain rekomendasi perubahan.
2. Pondasi *footplate* dengan ukuran 3,5 x 3,5 meter memiliki bobot penilaian matrik evaluasi berdasarkan metode *zero-one* sebesar 35,53% dan dari segi biaya sebesar Rp. 394.181.027,46.

2.2.3 *Value Engineering for Canal Tail Irrigation Water Problem* (Studi Kasus Saluran irigasi di Mesir)

El-Nashar dan Elymany (2017) menyatakan sistem irigasi permukaan umumnya digunakan di Mesir. Sistem ini terdiri dari empat bagian diantaranya :

saluran terbuka, saluran utama, saluran cabang dan saluran lapangan. Masalah yang sering terjadi berupa kekurangan air irigasi pada saluran akhir, yang berarti debit saluran air sebenarnya lebih kecil dari debit yang dirancang pada saluran akhir. Dalam hal ini peneliti menggunakan metode rekayasa nilai (*value engineering*) untuk menemukan solusi dari masalah tersebut.

Peneliti merencanakan rekayasa nilai untuk masalah pada saluran akhir di mesir dengan beberapa tahapan. Tahapan rekayasa nilai yang dilakukan oleh peneliti adalah: mengumpulkan informasi tentang kekuarangan air di saluran akhir, menganalisis fungsi dari saluran, mengembangkan ide-ide kreatif, menilai ide-ide kreatif berdasarkan kriteria evaluasi, memperoleh alternatif desain, dan mengembangkan alternatif desain. Peneliti menyimpulkan bahwa, hasil dari rekayasa nilai untuk masalah pada saluran akhir di Mesir yaitu:

1. Didapatkan alternatif desain dengan nilai tertinggi sebesar 4,602 berupa pipa terpisah untuk mengairi saluran akhir dan pipa plastik untuk menyediakan air pada saluran lapangan serta pompa pada saluran masuk untuk mendistribusikan air.
2. Didapatkan penghematan air sebesar 2,73 m³/s, dengan biaya sebesar 36,54 miliar Pound Mesir.

2.3 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian merupakan penjelasan mengenai tinjauan pustaka antara penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan berdasarkan uraian mengenai persamaan dan perbedaan terkait topik penelitian. Berikut adalah penjelasan mengenai persamaan dan perbedaan terkait topik penelitian.

Pada tinjauan pustaka terkait topik objek penelitian pada penelitian yang dilakukan oleh Arifta (2019), terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan topik penelitian terdapat pada objek penelitian yang ditinjau yaitu pada item pekerjaan struktur atas (balok, kolom dan pelat) dan dalam proses analisis terdapat beberapa kriteria yang dipakai untuk proses analisis item pekerjaan yang dipilih, antara lain : biaya awal,

daya dukung, waktu pelaksanaan, kemungkinan implementasi, tingkat kesulitan pelaksanaan, sarana kerja (peralatan). Sedangkan perbedaan topik penelitian terdapat metode analisis yang digunakan dan studi kasus penelitian. Pada penelitian tersebut rekayasa nilai diterapkan dengan metode analisis *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sedangkan penelitian yang akan dilakukan rekayasa nilai diterapkan dengan metode *zero-one*.

Pada tinjauan pustaka terkait metode penelitian pada penelitian yang dilakukan oleh Darojah (2019), terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan topik penelitian terdapat pada metode penelitian yang digunakan yaitu analisis rekayasa nilai menggunakan metode *zero-one*. Perbedaan topik penelitian terdapat pada objek penelitian yang dilaksanakan, pada penelitian tersebut dilakukan rekayasa nilai pada item pekerjaan pondasi sedangkan penelitian yang akan dilakukan rekayasa nilai terdapat pada item pekerjaan struktur atas (balok, kolom dan pelat).

Pada tinjauan pustaka terkait topik rekayasa nilai (*value engineering*) pada penelitian yang dilakukan oleh El-Nashar dan Elyamany (2017), terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan topik penelitian terdapat pada metode analisis yang digunakan berupa metode analisis rekayasa nilai (*value engineering*). Sedangkan perbedaan topik penelitian terdapat pada obyek penelitian yang dilaksanakan. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis rekayasa untuk masalah irigasi pada saluran akhir di Mesir sedangkan penelitian yang akan dilakukan rekayasa nilai terdapat pada item pekerjaan konstruksi struktur atas (balok, kolom dan pelat).

Secara umum, dijelaskan pada tinjauan pustaka penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan terdapat persamaan dan perbedaan. Persamaannya diterapkannya analisis rekayasa nilai (*value engineering*) dengan tujuan untuk memperoleh penghematan biaya dan memperoleh nilai (*value*) yang lebih baik dari desain awal. Sedangkan untuk perbedaannya penerapan rekayasa nilai terdapat pada studi kasus yang berbeda baik antara penelitian terdahulu maupun dengan peneliti yang akan dilakukan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Rekayasa Nilai

Definisi rekayasa nilai (*value engineering*) secara umum merupakan sebuah teknik atau cara yang menganalisis fungsi dengan pendekatan yang terencana dan sistematis. Teknik/cara yang dimaksud yaitu dengan menekan penggunaan biaya semaksimal mungkin tanpa mengabaikan segi kualitas dan reliabilitas yang direncanakan.

Untuk mendapatkan pengertian mengenai rekayasa nilai (*value engineering*) pada proyek konstruksi dengan jelas, berikut beberapa pengertian rekayasa menurut para ahli:

1. Dell'Isola (1975) menjelaskan rekayasa nilai merupakan suatu cara pada manajemen dengan pendekatan yang sistematis untuk mendapatkan sebuah keseimbangan antara kinerja, keandalan dan biaya dari sebuah proyek.
2. Zimmerman dan Hart (1982) menjelaskan rekayasa nilai merupakan suatu pendekatan dari sebuah tim yang multi disiplin, teknik manajemen yang baik, memiliki orientasi terhadap sistem yang terarah, memiliki fungsi yang jelas, dan berorientasi terhadap daur ulang.
3. Fisk (1982) menjelaskan rekayasa nilai merupakan evaluasi yang sistematis atas desain *engineering* suatu proyek untuk mendapatkan nilai yang paling tinggi bagi setiap dolar yang dikeluarkan. Selanjutnya rekayasa nilai mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan seperti pengadaan, pabrikasi, dan konstruksi serta kegiatan-kegiatan lain dalam kaitanya antara biaya terhadap fungsi, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan.
4. Soeharto (2001) menjelaskan rekayasa nilai merupakan sebuah usaha yang terorganisir secara sistematis dan menerapkan suatu teknik yang telah diakui, teknik tersebut dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi dari suatu produk

atau jasa yang memiliki tujuan untuk memenuhi fungsi dan tujuan yang diperlukan dengan harga yang seminimal mungkin atau paling ekonomis.

5. *Standart Society of American Value Engineering* (2007) menjelaskan rekayasa nilai merupakan sebuah metode nilai yang diaplikasikan ke dalam proyek atau layanan yang telah ditetapkan guna mencapai tujuan berupa peningkatan nilai. Metode nilai yang dimaksud adalah langkah-langkah dalam proses menganalisis proyek terhadap fungsi-fungsinya yang diterapkan secara disiplin dalam proses peningkatan nilai.

Dari pengertian-pengertian di atas maka dapat disimpulkan rekayasa nilai adalah:

1. Proses mencari hubungan yang terbaik antara keandalan, kinerja dan biaya dari sebuah proyek.
2. Dilaksanakan oleh tim yang memiliki etos disiplin tinggi.
3. Sistem yang terarah untuk menentukan dan memangkas biaya yang tidak diperlukan.
4. Menganalisis proyek dari sudut fungsi dan biaya.
5. Menyiapkan ide alternatif yang dapat memperbaiki kinerja proyek dan siklus biaya proyek.

Dan pengertian dalam bentuk lain terkait rekayasa nilai adalah proses analisis yang tidak bermakna untuk :

1. Proses menganalisis desain kembali, mencari kesalahan dan melakukan perhitungan ulang terhadap perencanaan yang sudah ada.
2. Pengurangan biaya proyek. Menurunkan mutu dan kualitas dengan pemotongan biaya proyek.
3. Semua komponen pekerjaan proyek. Tidak harus melakukan pekerjaan rekayasa nilai terhadap semua pekerjaan yang ada karena keterbatasan waktu perencanaan.
4. Pengendalian mutu dari bangunan. Pengendalian diusahakan sama dengan perencanaan dengan penggunaan biaya yang minimal.

3.2 Sebab dan Tujuan Penerapan Rekayasa Nilai

Penerapan rekayasa pada beberapa tahun terakhir terjadi peningkatan yang sangat pesat, hal ini dipengaruhi oleh beberapa alasan sebagai berikut:

1. Perkembangan teknologi dan informasi menyebabkan diketahuinya metode dan hasil dari perencanaan yang digunakan sudah tertinggal atau kuno dengan kemajuan ilmu pengetahuan.
2. Kemajuan teknologi dan informasi terhadap metode pelaksanaan konstruksi dapat memunculkan ide-ide kreatif disetiap pekerjaan sehingga dimungkinkan diketahui biaya yang dibutuhkan dari perencanaan bangunan.
3. Hasil dari perencanaan dan pekerjaan yang terlalu mewah dan mahal sering dikeluhkan oleh pemilik proyek sehingga terjadi pemborosan biaya, akan tetapi kemewahan ini tidak mendukung terhadap fungsi dasar perencanaan.
4. Terjadinya peningkatan inflasi tiap tahun dan dana yang digunakan memiliki suku bunga yang cukup tinggi.
5. Pengelolaan biaya yang tersedia untuk mendapatkan fasilitas yang diperlukan dengan cara mengoptimalkan usaha untuk mencapai tujuan utama yang direncanakan dengan biaya yang optimal.

Soeharto (2001) menjelaskan tujuan dari rekayasa nilai adalah suatu usaha memisahkan dan membedakan item pekerjaan yang diperlukan dengan item pekerjaan yang tidak diperlukan sehingga dapat dilakukan pengembangan terhadap ide-ide alternatif untuk memenuhi keperluan dan menghapus yang tidak diperlukan dengan biaya seminimal mungkin tetapi proses kinerja tetap sama atau lebih baik. Diharapkan dari penerapan rekayasa nilai ini didapatkan penghematan tanpa mengabaikan aspek mutu dan kualitas dari hasil yang didapatkan, penghematan yang dimaksud antara lain:

1. Penghematan bahan dan material.
2. Penghematan biaya
3. Penghematan waktu

3.3 Pengertian Nilai, Biaya dan Fungsi

Dalam rekayasa nilai terdapat tiga elemen dasar yang saling berhubungan untuk mencapai tujuan dari perencanaan bangunan antara lain sebagai berikut.

3.3.1 Pengertian Nilai

Pengertian nilai berdasarkan produk dibagi menjadi dua yaitu.

1. Nilai bagi konsumen (pemakai produk)

Nilai ini adalah suatu ukuran terhadap pemakai produk bersedia berkorban terhadap sesuatu untuk mendapatkan produk tersebut.

2. Nilai bagi produsen (pembuat produk)

Nilai ini adalah suatu ukuran terhadap pembuat produk bersedia berkorban untuk menawarkan produk kepada pemakai produk.

Pengertian nilai juga dapat didefinisikan menjadi:

1. Nilai tukar

Nilai ini adalah suatu ukuran pengorbanan secara finansial yang diberikan oleh pemakai untuk mendapatkan produk tersebut.

2. Nilai biaya

Nilai ini adalah hasil perhitungan dari semua dalam pelaksanaan pembuatan produk antara lain biaya bahan material, biaya tenaga, biaya alat, biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan produk dan biaya tidak langsung.

3. Nilai prestise

Nilai ini memberikan sebuah kesan atau wibawa jika produk ini dimiliki sehingga menyebabkan daya tarik tersendiri.

4. Nilai kegunaan

Nilai ini merupakan ukuran terhadap tingkat pelayanan dan kegunaan yang produk dapat berikan.

3.3.2 Pengertian Biaya

Biaya merupakan semua usaha dan pengeluaran berupa uang, waktu dan tenaga yang dilakukan untuk mengembangkan, memproduksi dan mengaplikasikan suatu produk baik berupa barang maupun jasa. Akibat biaya yang dikeluarkan terhadap mutu, kualitas dan pemeliharaan produk maka pembuat produk selalu

memunculkan ide-ide kreatif untuk mengoptimalkan besaran biaya yang diperlukan untuk memakai produk.

Penggunaan biaya seringkali membengkok dari perencanaan proyek karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sebagai berikut.

1. *Overhead*, biaya ini terdiri dari beberapa elemen, yaitu pemasaran produk, kompensasi kepada pimpinan, sewa kantor, pajak, pungutan liar dll.
2. Material, pemilihan material yang tidak membandingkan biaya dari satu toko ke toko lain dan penggunaan material yang berlebihan.
3. Alat pekerjaan, pemilihan alat berat yang tidak digunakan secara maksimal. sewa alat berat sendiri biasanya mengeluarkan dana yang besar maka perlu dilakukan perhitungan yang baik dan benar.
4. Tenaga kerja, biaya yang dikeluarkan kepada tenaga kerja terhadap waktu kerja menyebabkan biaya yang besar.

Dalam pelaksanaan proyek, biaya sendiri dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Biaya langsung

Biaya langsung (*direct cost*) merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pelaksanaan pekerjaan proyek. Perhitungan biaya langsung dapat diperkirakan jumlahnya dengan cara menghitung total volume pekerjaan dan biaya proyek mengacu harga satuan pekerjaan yang ditetapkan. Contoh yang termasuk dari biaya langsung yaitu: biaya upah buruh, biaya material, biaya peralatan dll.

2. Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) merupakan biaya yang dikeluarkan secara tidak langsung pada pelaksanaan proyek di lapangan. Biaya tidak langsung ini belum dihitung secara eksplisit pada pelaksanaan proyek tetapi perlu diperkirakan untuk mengalokasikan biaya di luar pekerjaan proyek. Contoh yang termasuk biaya tidak langsung yaitu: *overhead*, profit, biaya tak terduga misal akibat kesalahan dll.

3.3.3 Pengertian Fungsi

Fungsi adalah sesuatu yang dapat dilakukan atau diberikan dari suatu produk sehingga mampu digunakan dalam bekerja. Secara umum fungsi dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

1. Fungsi primer (dasar)

Fungsi ini menjadi alasan pokok mengapa suatu produk itu terwujud. Contohnya konstruksi kolom, fungsi dasar kolom adalah untuk mendistribusikan beban yang diterima ke struktur pondasi. Sifat dari fungsi dasar ini sekali ditentukan maka tidak dapat dilakukan perubahan. Jika fungsi dasar dari produk hilang, maka dapat menyebabkan kehilangan nilai jual yang melekat pada produk tersebut.

2. Fungsi sekunder

Fungsi ini merupakan fungsi pendukung untuk melengkapi fungsi dasar. Akan tetapi fungsi sekunder sering menimbulkan suatu permasalahan yang kurang menguntungkan. Contohnya kolom dengan bentuk yang memiliki nilai *prestise*. Akan tetapi dalam pekerjaannya susah dan penggunaan biayanya tidak sedikit. Fungsi sekunder apabila ditiadakan tidak akan memiliki pengaruh terhadap kemampuan dari fungsi dasar.

3. Fungsi tak perlu

Fungsi ini merupakan sesuatu hal yang diberikan oleh sebuah produk akan tetapi tidak mempunyai nilai tukar, nilai estetika, nilai kegunaan maupun nilai tambah.

Hubungan antara tiga elemen dasar di atas yaitu nilai, biaya dan fungsi dapat dirumuskan ke dalam Persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}} \quad (3.1)$$

Dari Persamaan 3.1 di atas, maka rekayasa nilai dapat dioptimalkan dengan cara sebagai berikut.

1. Mengurangi biaya pengeluaran produk tetapi mempertahankan fungsi dari produk.
2. Meningkatkan fungsi dari produk tetapi tidak menambah biaya pengeluaran produk.
3. Mengkombinasikan keduanya, mengurangi biaya pengeluaran produk sekaligus meningkatkan fungsi dari produk.

3.4 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai

Chandra (1988) menjelaskan rekayasa nilai dapat diterapkan pada waktu di setiap siklus proyek, baik dari awal sampai akhir dari pelaksanaan proyek tersebut. Seringkali pelaksanaan suatu proyek tidak menerapkan *value engineering study*. Hal ini sebaiknya tidak terjadi, dikarenakan suatu keharusan bagi *value engineering consultant* untuk dapat meyakinkan dan menjamin bahwa setiap pembangunan proyek dapat mencapai tujuan dan penghematan biaya dengan usaha rekayasa nilai (*value engineering*). Rekayasa nilai seharusnya dimulai pada awal tahap konsep perencanaan dengan kontinu sampai selesai perencanaan. Penerapan rekayasa nilai sangat bergantung terhadap dengan waktu, jika penerapan rekayasa nilai semakin lama maka nilai penghematan yang dihasilkan juga semakin kecil.

Waktu penerapan rekayasa nilai dibagi menjadi tiga tahapan antara lain sebagai berikut.

3.4.1 Tahap Perencanaan

Chandra (1988) menjelaskan penerapan rekayasa nilai seharusnya dilaksanakan di tahap konsep perencanaan. Hal ini dikarenakan pada tahap ini, kita memiliki fleksibilitas atau kebebasan untuk membuat sebuah perubahan dengan maksimal tanpa menambah biaya untuk perencanaan ulang. Tahap konsep perencanaan di sini bukan mengandung pengertian pelaksanaan perencanaan ulang. Hal ini disebabkan apabila dilaksanakan sebuah perencanaan ulang maka akan ada perubahan terhadap biaya yang semakin bertambah sehingga menjadi tidak tercapai tujuan dari rekayasa nilai yaitu penghematan biaya.

Pemilik dan perencana proyek menetapkan beberapa objek atau hal yang berpengaruh terhadap keberlangsungan proyek, antara lain sebagai berikut.

1. Tujuan (*goals*)
2. Keperluan-keperluan (*requirements*)
3. Kriteria-kriteria yang bersangkutan (*applicable criteria*)

Chandra (1988) menjelaskan penghematan biaya dari pelaksanaan pembangunan suatu proyek dipengaruhi oleh perencana proyek (*designer*). Dan biaya proyek juga dipengaruhi oleh pemilik proyek dalam menentukan tujuan, keperluan-keperluan dan kriteria yang bersangkutan.

Maka dapat disimpulkan penerapan rekayasa nilai di tahap konsep perencanaan memiliki potensi yang maksimal dalam proses penghematan biaya dan peningkatan kualitas proyek. Bagi pemilik proyek penerapan rekayasa nilai dapat membantu untuk:

1. Terjalannya sebuah koordinasi yang baik antara pemilik proyek, perencana proyek dan ahli rekayasa nilai (*value engineering specialist*) dalam menetapkan semua keperluan dan menghilangkan item pekerjaan yang tidak perlu secara mendalam dan menyeluruh.
2. Penetapan keperluan proyek yang sebenarnya, dengan pengertian mencapai fungsi dasar dari pembangunan proyek.

3.4.2 Tahap Akhir Perencanaan

Pada tahap akhir perencanaan, hasil yang diperoleh dari perencanaan telah ditentukan berdasarkan spesifikasi, bentuk dan ukuran sehingga memberikan sebuah kepastian yang lebih akurat dalam menentukan sistem struktur yang akan digunakan dengan biaya yang optimal. Selain itu, penerapan rekayasa nilai masih dapat dilakukan pada tahap akhir perencanaan, tetapi apabila terjadi perubahan terhadap elemen-elemen dari bangunan tidak boleh mengakibatkan pengunduran waktu, penambahan biaya proyek dan perubahan fungsi dari bangunan.

3.4.3 Tahap Pelaksanaan

Penerapan rekayasa nilai di tahap pelelangan dan pelaksanaan mungkin dapat terjadi dalam beberapa situasi seperti berikut.

1. Jika penerapan rekayasa nilai pada tahap konsep perencanaan belum diadakan, maka penerapan rekayasa nilai dapat dilaksanakan pada tahap pelelangan dan pelaksanaan untuk mendapatkan sebuah potensi meningkatnya kualitas proyek dan penghematan biaya yang maksimal.
2. Adanya sebuah kontrak kerja, jika kontraktor dan konsultan rekayasa nilai (*value engineering consultant*) dapat mengetahui terdapat suatu item pekerjaan yang dapat ditingkatkan dari segi kualitas pekerjaan proyek dan penghematan biaya maka akan mendapatkan sebuah *reward* atas keberhasilan dalam penghematan biaya. Kontrak yang dimaksud terdapat pada *value engineering incentive clause*.

3. Adanya sebuah klausul persyaratan mengenai diterapkannya rekayasa nilai (*value engineering requirements clause*) pada tahap tertentu dari proses pelaksanaan sebuah proyek.

3.5 Rencana Kerja Rekayasa Nilai

Pengertian rencana kerja rekayasa nilai adalah sebuah rencana yang berisi langkah-langkah teknik yang saling terhubung dari satu dengan yang lainnya untuk menyelesaikan studi nilai teknik berupa implementasi dan rekomendasi. Langkah-langkah teknik ini berupa tahapan yang saling berkaitan dan diterapkan sesuai dengan permasalahan yang ada.

Saragih (2013) memberikan daftar perbandingan pendapat terkait tahapan rekayasa nilai yang disajikan dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Perbandingan Terhadap Rekayasa Nilai

| Soeharto (2001) | <i>Value Standart and Body of Knowledge (2007)</i> | <i>Value Engineering Polivesand Procedures (1998)</i> | Kopelousos (2009) | Mandekbbaum dan Reed (2006) |
|-------------------------------------|---|--|--------------------------|------------------------------------|
| 1.Tahap Informasi | 1.Tahap Informasi | 1.Tahap Informasi | 1.Tahap Informasi | 1.Tahap Informasi |
| 2.Tahap Spekulasi | 2.Tahap Analisis | 2.Tahap Spekulasi | 2.Tahap Analisis | 2.Tahap Informasi |
| 3.Tahap Analisis | 3.Tahap Kreatif | 3.Tahap Analisis | 3.Tahap Kreatif | 3.Tahap Analisis |
| 4.Tahap Pengembangan | 4.Tahap Evaluasi | 4.Tahap Pengembangan | 4.Tahap Evaluasi | 4.Tahap Kreatif |
| 5.Tahap Penyajian dan Tindak Lanjut | 5.Tahap Pengembangan | 5.Tahap Pelaporan | 5.Tahap Pengembangan | 5.Tahap Evaluasi |
| | 6.Tahap Presentasi | | 6.Tahap Presentasi | 6.Tahap Pengembangan |
| | | | | 7.Tahap Presentasi |
| | | | | 6.Tahap Impelementasi |

Sumber : Saragih (2013)

Berdasarkan daftar tabel perbandingan di atas, diambil kesimpulan bahwa tahapan rekayasa nilai yang akan diterapkan dalam penelitian ini mengacu pada pendapat yang dikemukakan oleh Soeharto (2001), proses analisis rekayasa nilai diterapkan pada lima tahap yang dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

3.5.1 Tahap Informasi

Pada tahap informasi dilakukan berbagai upaya guna mengumpulkan informasi sebanyak mungkin yang sesuai dengan objek penelitian yang akan dilaksanakan penelitian, selanjutnya informasi-informasi yang didapat diolah berdasarkan kebutuhan pada tahap berikutnya. Biasanya terdapat beberapa langkah yang menjadi penunjang untuk tahap informasi ini, diantaranya sebagai berikut.

1. Pengumpulan data informasi

Pengumpulan data informasi merupakan langkah untuk melakukan pengumpulan semua data informasi yang berkaitan dengan segala aspek kepentingan proyek. Berikut data informasi yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut.

- a. *Detail Engineering Design* (DED), berupa gambar detail desain teknis yang dijadikan sebuah acuan dalam pelaksanaan proyek.
- b. *Bill of Quantity* (BoQ), berupa perincian dari jumlah volume pekerjaan dan peralatan yang dibutuhkan pada jalannya proses pelaksanaan proyek.
- c. Data-data kondisi setempat, berupa kondisi lingkungan dan sosial dari lingkungan sekitar, sehingga dapat memberi gambaran terhadap peneliti dalam proses penelitian.
- d. Jadwal kegiatan, urutan pekerjaan dalam proses pelaksanaan proyek sehingga dapat diketahui bagaimana proses berlangsungnya jalannya proyek.
- e. Rencana Anggaran Biaya (RAB), berupa perincian dari seluruh biaya yang dibutuhkan dalam jalannya proses pelaksanaan proyek.

2. Analisis Fungsi

Analisis fungsi merupakan dasar utama dalam pelaksanaan rekayasa nilai karena analisis inilah perbedaan antara rekayasa nilai dengan teknik penghematan biaya lain. Fungsi sendiri diidentifikasi menjadi dua kata

pendeskripsian, yaitu kata benda dan kata kerja. Kata benda tersebut mengacu pada suatu benda yang terukur. Sedangkan kata kerja digunakan sebagai penunjuk suatu perbuatan atau tindakan aktif. Berdasarkan kepentingannya fungsi dibedakan menjadi dua, yaitu: fungsi primer dan fungsi sekunder. Fungsi primer merupakan fungsi yang mempunyai identitas dan tujuan yang harus tercapai dari sebuah produk sehingga produk tersebut mempunyai kegunaan saat pemakaian. Fungsi sekunder merupakan fungsi yang digunakan sebagai pendukung dan pelengkap dari fungsi dasar untuk memperoleh nilai yang lebih baik dari sebelumnya. Tujuan dari analisis fungsi terhadap item pekerjaan sebagai berikut.

- a. Perencana dapat mengidentifikasi dan menentukan komponen komponen yang diperlukan maupun yang tidak diperlukan.
- b. Perencana dapat mengidentifikasi dan menentukan fungsi utama yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan dan menghilangkan fungsi yang tidak diperlukan.

Tabel 3. 2 Analisis Fungsi

| No | Komponen | Kata | | Jenis Fungsi |
|--------|----------|------------|-------|--------------|
| | | Kerja | Benda | |
| 1 | A | Menahan | Beban | Primer |
| 2 | B | Meneruskan | Beban | Sekunder |
| Jumlah | | | | |

Sumber: Donomartono (1999)

Keterangan dari Tabel 3.2 di atas sebagai berikut.

- a. Proses analisis fungsi dilakukan pada item pekerjaan yang akan direkayasa nilai dan dari pengertian kata benda dan kata kerja. Proses analisis digunakan tidak hanya digunakan pada tahap informasi melainkan juga pada tahap analisis. A dan B merupakan komponen dari jenis item pekerjaan proyek yang akan dilakukan proses analisis terhadap fungsinya.
- b. Pada kolom kata terdapat kolom kerja dan benda yang menunjukkan identifikasi kata dari komponen. Kerja menunjukkan identifikasi kata

untuk kata kerja pada komponen. Kemudian benda menunjukkan identifikasi kata untuk kata benda pada komponen. Sedangkan pada kolom jenis fungsi untuk mengidentifikasi dan membedakan sebuah komponen termasuk fungsi primer atau fungsi sekunder.

Setelah ditentukan jenis fungsi dari penguraian setiap elemen di atas maka dibuat diagram FAST. Penjelasan mengenai diagram FAST akan dibahas pada Subbab 3.6.

3.5.2 Tahap Spekulatif

Pada tahap spekulatif ini mempunyai tujuan untuk mengumpulkan alternatif desain sebanyak mungkin tanpa mengabaikan fungsi dasar dari item pekerjaan yang diteliti. Pada tahap ini, peneliti memiliki tuntutan untuk berpikir dan memunculkan ide kreatif sebanyak-banyaknya. Pada tahap ini ide-ide alternatif yang muncul tidak dilakukan proses analisis hanya dilaksanakan penampungan terhadap ide-ide yang dikemukakan. Beberapa faktor pendorong spekulatif untuk memunculkan ide alternatif antara lain.

1. *Idea Fluency*

Kecakapan dalam mengeluarkan ide dapat dilakukan dengan mencoba mengeluarkan gagasan atau ide-ide alternatif dalam jumlah yang banyak. Dan dapat dibantu dengan latihan-latihan untuk mempunyai keyakinan dalam mengeluarkan ide-ide alternatif.

2. *Problem Sensitivity*

Peka terhadap masalah adalah bagaimana kemampuan dari seseorang maupun kelompok peneliti untuk mengetahui adanya suatu permasalahan dalam proyek pekerjaan.

3. *Flexibility of Approach*

Pendekatan yang flexibel dapat diciptakan dari gagasan atau ide dari orang lain. Kemampuan untuk memperdulikan diri dalam pendekatan terhadap suatu permasalahan dalam proyek pekerjaan.

4. *Originality*

Kemampuan seseorang maupun kelompok untuk menciptakan ide-ide alternatif baru.

3.5.3 Tahap Analisis

Pada tahapan analisis ini alternatif-alternatif desain yang didapatkan pada tahap kreatif dilakukan proses analisis yang lebih mendalam dan menyeluruh sehingga dapat dikembangkan untuk nantinya didapat sebuah hasil rekomendasi yang paling optimal. Proses analisis dilakukan oleh peneliti dengan cara memberikan kuisioner kepada responden yang berkompeten dalam bidang konstruksi, sehingga diharapkan dapat mencapai tujuan dari tahap analisis ini antara sebagai berikut.

1. Mengetahui kelebihan dan kelemahan dari setiap ide yang muncul pada tahap kreatif.
2. Mendapatkan evaluasi, pengajuan dan pengujian terhadap ide-ide alternatif yang muncul pada tahap kreatif.
3. Dapat memperkirakan jumlah nilai terhadap semua ide alternatif yang muncul.
4. Dapat menentukan dan merekomendasikan sebuah ide alternatif yang memberikan kualitas yang lebih baik dan penghematan biaya yang optimal.

3.5.4 Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan dilaksanakan setelah didapatkan alternatif desain dengan nilai yang tertinggi atau terbaik. Dalam tahap ini, alternatif yang didapatkan akan dikembangkan melalui proses pengkajian, perhitungan dan perencanaan secara mendalam, menyeluruh dan spesifik terhadap ketentuan-ketentuan yang ditetapkan. Proses yang dilakukan meliputi perhitungan struktur secara teknis dan perhitungan potensial biaya terhadap alternatif desain yang telah ditentukan.

Perhitungan teknis struktur harus memiliki mutu dan kualitas yang sama bahkan lebih baik dari dengan mengacu terhadap perencanaan desain struktur *eksisting*. Untuk perhitungan potensi biaya terhadap desain alternatif yang didapat harus menggunakan harga satuan awal pada saat proyek dikerjakan.

3.5.5 Tahap Penyajian

Tahap penyajian merupakan tahap akhir dari rekayasa nilai yang memiliki tujuan untuk memberikan penawaran dan laporan terkait tahap-tahapan sebelumnya dalam rencana rekayasa nilai kepada pihak pemilik proyek (*owner*) untuk memutuskan apakah alternatif desain yang didapatkan dapat dilaksanakan dengan

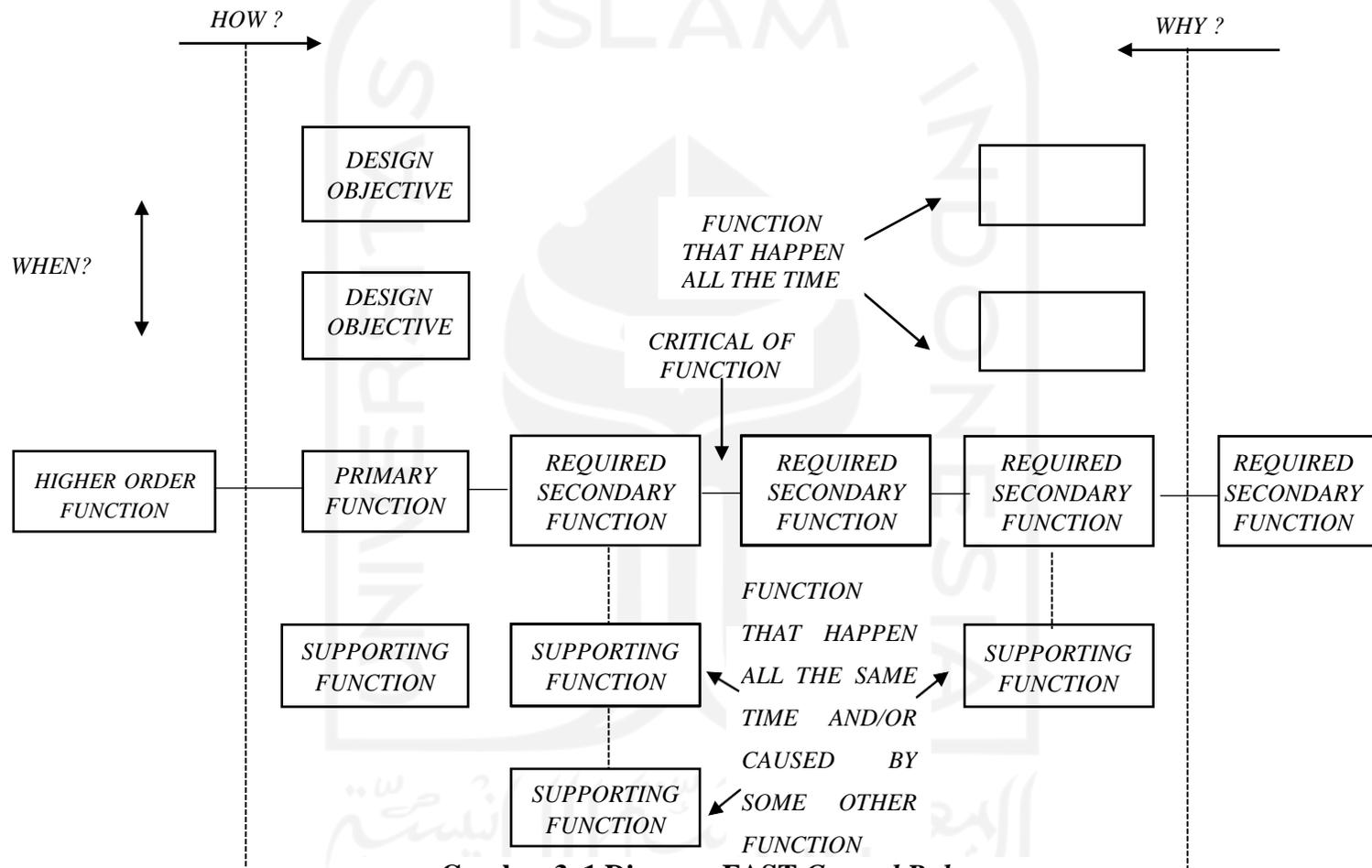
baik. Pada tahap ini juga disampaikan keunggulan dan keistimewaan dari alternatif desain yang didapatkan untuk menjadi alasan pemilik proyek dalam menerima sebuah perubahan.

3.6 Diagram FAST

Chandra (1988) menjelaskan fungsional analisa sistem teknik atau biasa disingkat dengan FAST adalah sebuah cara atau metode untuk menganalisis, mengorganisir dan mencatat fungsi dari sebuah produk, sistem, proses, prosedur, fasilitas dan sebagainya, untuk menstimulasikan pemikiran dan kreatifitas. Berikut manfaat dari penggunaan FAST dalam memecahkan suatu masalah antara lain:

1. Untuk menentukan fungsi utama atau dasar dari studi.
2. Untuk menentukan letak fungsi-fungsi komponen berdasarkan pertanyaan kata benda maupun kata kerja dalam susunan yang benar.
3. Untuk menentukan fungsi-fungsi yang tidak memiliki nilai atau value dalam daftar fungsi.
4. Menjelaskan pengertian secara jelas pada perencanaan.
5. Membantu dalam memunculkan ide-ide kreatif.
6. Membantu memudahkan pembacaan kepada pembuat keputusan.

Sedangkan diagram FAST merupakan sebuah diagram yang menjelaskan hubungan terorganisir terhadap fungsi-fungsi komponen dalam suatu proyek dari satu fungsi terhadap fungsi lainnya. Adapun contoh diagram FAST dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram FAST Ground Rules
 Sumber : Chandra (1988)

Penyusunan fungsi dalam pembuatan diagram FAST dilakukan dengan cara menggunakan dua buah pertanyaan yaitu mengapa (*why*) dan bagaimana (*how*). Pada proses identifikasi fungsi diawali dengan pertanyaan bagaimana fungsi dasar dilaksanakan. Pertanyaan ini kemudian dijawab oleh fungsi lain yang diletakkan disebelah kanan dari fungsi dasar sebelumnya. Begitu juga seterusnya setiap pertanyaan akan dijawab dengan fungsi lain sehingga didapatkan analisis fungsi yang dapat mencerminkan dari masalah yang sedang dipertanyakan.

Proses selanjutnya dilakukan dengan pertanyaan mengapa fungsi dasar dilaksanakan. Pernyataan ini kemudian dijawab oleh fungsi lain yang diletakkan disebelah kiri dari fungsi dasar sebelumnya. Begitu juga seterusnya setiap pertanyaan akan dijawab dengan fungsi lain. Fungsi ini harus memiliki jawaban yang sama dengan fungsi yang didapat pada pertanyaan bagaimana, sehingga akan didapatkan jalur kritis untuk penentuan fungsi fungsi yang tepat.

3.7 Analisis Tingkat Kelayakan

Analisis tingkat kelayakan merupakan sebuah cara atau teknik yang digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi ide-ide alternatif yang dimunculkan berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan.

Kriteria-kriteria yang dapat dijadikan acuan untuk menganalisis dan mengevaluasi ide-ide alternatif termasuk nilai tertinggi maupun rendah didapatkan pada penelitian Ariftra (2019), adapun kriteria-kriteria yang dimaksud sebagai berikut.

1. Biaya awal
Biaya awal dimaksudkan apakah proyek pembangunan memiliki nilai/biaya yang besar atau kecil.
2. Daya dukung
Daya dukung dimaksudkan apakah penggunaan dari material yang diusulkan memiliki kemampuan atau kekuatan dalam menahan suatu beban.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan
Waktu pelaksanaan pekerjaan apakah memiliki durasi yang lama atau sebentar.
4. Kemungkinan implementasi

Kemungkinan implementasi jenis material tersebut berdasarkan kondisi lingkungan disekitarnya.

5. Tingkat kesulitan pelaksanaan pekerjaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan apakah jenis material yang dipakai memiliki tingkat kesulitan yang tinggi.

6. Sarana kerja (peralatan)

Sarana kerja biasa disebut juga dengan peralatan yang digunakan dalam pembangunan proyek apakah mudah didapatkan.

Berdasarkan kriteria-kriteria di atas kemudian dilakukan pembobotan nilai dengan skala antara nol (*zero*) sampai sepuluh (*ten*). Kemudian hasil dari penilaian kriteria tersebut dijumlahkan untuk setiap ide alternatif yang dimunculkan. Alternatif yang memperoleh nilai tertinggi atau terbesar menjadi alternatif pilihan utama.

3.8 Analisis Keuntungan dan Kerugian

Pada analisis keuntungan dan kerugian diberikan bobot terhadap ide ide alternatif yang muncul pada tahap kreatif dan dicatat mana yang mendapatkan nilai tertinggi dari keuntungan ataupun nilai rendah dari kerugian dari beberapa kriteria yang ditetapkan.

Kriteria-kriteria yang ditetapkan diberikan penilaian dengan skala nol sampai tiga. Nol berarti penilaian terendah sedangkan tiga berarti penilaian tertinggi. Sistem penilaian ini diterapkan dengan melakukan sebuah perbandingan untuk semua kriteria terhadap komponen yang ditinjau dari keuntungan dan kerugian. Apabila kriteria yang ditinjau memiliki nilai keuntungan maka diberi nilai positif (+) sedangkan apabila kriteria yang ditinjau memiliki nilai kerugian maka diberi nilai negatif (-).

Setelah dilaksanakan penilaian alternatif desain berdasarkan selisih antara nilai keuntungan dan nilai kerugian kemudian dilaksanakan pemeringkatan. pemeringkatan ini memiliki tujuan untuk mengurutkan dan mengklasifikasikan ide alternatif sesuai dengan analisis keuntungan dan kerugian sebelumnya. Ide alternatif yang terbaik adalah alternatif yang terdapat pada peringkat tertinggi

dengan pemberian nilai terkecil, sedangkan alternatif yang jelek yang terdapat pada peringkat terendah dengan pemberian nilai terbesar. Hasil dari proses analisis keuntungan dan kerugian kemudian disajikan ke dalam tabel dan perankingan terhadap setiap ide alternatif dalam tahap analisis ini ditentukan berdasarkan aturan-aturan berikut.

1. Peringkat tertinggi atau pertama diberikan kepada ide alternatif yang memperoleh nilai keuntungan paling banyak dan nilai kerugian paling sedikit.
2. Peringkat berikutnya diberikan kepada ide alternatif yang memperoleh keuntungan lebih sedikit dari peringkat sebelumnya dan memperoleh nilai kerugian lebih banyak dari peringkat sebelumnya.
3. Peringkat terendah diberikan kepada ide alternatif yang memperoleh nilai keuntungan paling sedikit dan nilai kerugian paling banyak.

3.9 Analisis Menggunakan Metode *Zero-One*

Menurut Larto dalam Darojah (2019) menjelaskan metode *zero-one* merupakan suatu cara untuk mengambil sebuah keputusan yang memiliki tujuan untuk mengurutkan dan menentukan prioritas berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan. Prinsip yang digunakan pada metode *zero-one* yaitu dengan menentukan sebuah kriteria “lebih penting” atau “kurang penting” terhadap kriteria lainnya. Kriteria yang lebih penting diberikan nilai satu (*one*) sedangkan untuk kriteria dengan predikat kurang penting diberikan nilai nol (*zero*). Langkah berikutnya, diadakan sebuah perbandingan referensi untuk memperoleh indeks pada setiap kriteria yang akan dijadikan parameter perhitungan dan penentuan nilai dalam pengambilan sebuah keputusan terhadap setiap alternatif sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses analisis menggunakan metode *zero-one* memiliki kenuntungan yaitu mudah untuk dimengerti dan proses pelaksanaannya relatif mudah dan cepat.

Preferensi alternatif terhadap kriteria biaya adalah sebagai berikut. Alternatif Preferensi

A $A > B : A > C$

B $B < A : B > C$

C $C < A : C < B$

Preferensi alternatif terhadap kriteria mudah adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi |
|------------|-----------------|
| A | $A > B : A > C$ |
| B | $B < A : B > C$ |
| C | $C < A : C < B$ |

Preferensi alternatif terhadap kriteria pelaksanaan cepat adalah sebagai berikut. Alternatif Preferensi

| | |
|---|-----------------|
| A | $A = B : A = C$ |
| B | $B = A : B = C$ |
| C | $C = A : C = B$ |

Metode *zero-one* sendiri memiliki dua cara untuk menentukan urutan prioritasnya yaitu:

1. Metode *zero-one* mencari bobot

Metode ini digunakan untuk mencari bobot dari kriteria-kriteria yang diusulkan. Perhitungan bobot ini didasarkan pada Persamaan 3.2 berikut.

$$\text{Bobot Alternatif} = \frac{\text{Angka ranking yang dimiliki}}{\text{Jumlah angka ranking}} \times 100 \quad (3.2)$$

Dalam penentuan ranking dilakukan dengan cara tebalik terhadap jumlah kriteria yang ditetapkan dan apabila kriteria diprioritaskan maka dalam perankingan diberi nilai tinggi. Metode *zero-one* untuk mencari bobot dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Metode Zero-One Untuk Mencari Bobot

| No | Kriteria | Angka Rangking | Bobot | Keterangan |
|-----------------------|-------------------|----------------|-------|------------------|
| 1 | Biaya | 3 | 50 | Prioritas tinggi |
| 2 | Pelaksanaan cepat | 2 | 33,33 | Prioritas sedang |
| 3 | mudah | 1 | 16,67 | Prioritas rendah |
| Jumlah angka rangking | | 6 | 100 | |

Sumber : Larto (2014)

Keterangan dari Tabel 3.3 di atas sebagai berikut.

- a. Kriteria yang memiliki bobot tertinggi maka dapat disebut sebagai prioritas tertinggi.
 - b. Kriteria yang memiliki bobot sedang maka dapat disebut sebagai prioritas sedang.
 - c. Kriteria yang memiliki bobot rendah maka dapat disebut sebagai prioritas rendah.
 - d. Apabila kriteria yang ditetapkan lebih dari tiga. Maka dalam penentuan prioritas dapat disesuaikan dengan skala dari tertinggi hingga terendah.
2. Metode *zero-one* untuk mencari indeks

Metode ini digunakan untuk mencari nilai indeks dari kriteria-kriteria yang diusulkan. Analisis metode *zero one* ini dilakukan dengan cara melakukan pengumpulan terhadap kriteria yang memiliki tingkatan sama dan disusun kedalam suatu matrik *zero-one*. Kemudian kriteria dilakukan secara berpasangan sehingga matriks dinotasikan dengan X kriteria yang memiliki nilai sama, 1 untuk kriteria yang memiliki nilai lebih penting dan 0 untuk kriteria yang memiliki nilai kurang penting. Metode *zero-one* untuk mencari indeks dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Metode Zero-One Untuk Mencari Indeks

| Alternatif | A | B | C | Jumlah | Indeks |
|------------|---|---|---|--------|--------|
| A | X | 1 | 1 | 2 | 2/3 |
| B | 0 | X | 1 | 1 | 1/3 |
| C | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | 3 | 1 |

Sumber : Larto (2014)

Sebagai contoh untuk pengisian matriks kriteria biaya pada alternatif A ($A > B : A > C$) yaitu pada baris 1 kolom 2 bernilai 1 artinya fungsi A lebih penting dari fungsi B, pada baris 1 kolom 3 bernilai 1 artinya fungsi A lebih penting dari fungsi C. Pada alternatif yang lain (B dan C) juga dilakukan hal yang sama sehingga diperoleh urutan prioritas, yaitu A, B, dan C berdasarkan

jumlah nilai. Metode *zero-one* ini digunakan untuk semua alternatif terhadap fungsi hingga diketahui nilai indeksinya.

Selanjutnya setelah proses analisis metode *zero-one* dilakukan analisis pembobotan menggunakan matriks evaluasi untuk mengetahui nilai prioritas dari desain alternatif yang dimunculkan. Matriks evaluasi terhadap desain alternatif dengan eksisting dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5 Matriks Evaluasi

| No | Alternatif Bobot | Kriteria | | | Total | Keterangan |
|----|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| | | 50 | 33,33 | 16,67 | | |
| 1 | Alternatif A | Indeks X | Indeks X | Indeks X | ΣX | Indeks Bobot |
| 2 | Alternatif B | Indeks X | Indeks X | Indeks X | ΣX | Indeks Bobot |
| 3 | Alternatif C | Indeks X | Indeks X | Indeks X | ΣX | Indeks Bobot |

Keterangan pada Tabel 3.5 sebagai berikut:

- a. Nilai dari X didapat dari hasil perkalian indeks dengan bobot sementara
- b. penjumlahan total X (ΣX) menjadi bobot total alternatif

Kesimpulannya, bobot total alternatif dapat menjadi suatu acuan dalam mengambil keputusan yang dapat menggabungkan kriteria tidak dapat diukur (kualitatif) dan kriteria dapat diukur (kuantitatif).

3.10 Pengertian Balok, Kolom dan Pelat

3.10.1 Pengertian Balok

Balok merupakan salah satu elemen struktur dari sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan menyalurkan beban ke kolom-kolom penopang. Balok juga memiliki fungsi untuk mengikat kolom-kolom agar apabila terjadi sebuah pergerakan, kolom tidak mengalami pergeseran atau tetap pada bentuk dan posisi awal. Bahan yang digunakan dalam pembuatan balok sama dengan pembuatan kolom, hal ini didasarkan hubungan antara balok dengan kolom

harus bersifat kaku dan memiliki pola gaya yang seragam untuk menghindari terjadinya defleksi pada balok (balok melengkung). Maka balok dapat diartikan merupakan bagian penting dari struktur utama sebuah bangunan selain kolom dan pondasi, sehingga proses perencanaan dan pelaksanaannya harus sesuai dengan peraturan-peraturan yang ditetapkan. Balok berdasarkan titik tumpuannya dibedakan menjadi tiga yaitu:

1. Balok Induk

Balok induk merupakan balok utama yang bertumpu pada kolom langsung dan menghubungkan kolom satu dengan kolom yang lain. Balok induk juga memiliki fungsi untuk mengurangi besarnya lendutan pada pelat sehingga tebal pelat dapat diperkecil. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan balok induk diantaranya sebagai berikut:

- a. Menghitung pembebanan (beban mati, beban hidup, beban lainnya)
- b. Menentukan mutu beton yang akan digunakan.

2. Balok Anak

Balok anak merupakan balok yang bertumpu pada balok induk dan tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok anak juga memiliki fungsi untuk mengurangi besarnya lendutan pada pelat sehingga tebal pelat dapat diperkecil.

3. Balok Bagi

Balok bagi merupakan balok yang menghubungkan balok anak dengan balok induk.

3.10.2 Pengertian Kolom

Sudarmoko (1996) menjelaskan kolom merupakan salah satu elemen struktur yang memiliki fungsi untuk menahan beban bangunan dan menyalurkan beban vertikal bangunan ke pondasi. Kolom sendiri termasuk ke dalam struktur utama bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban berat bangunan, beban mati (benda perabot), beban hidup (beban manusia), dan beban lainnya. Ukuran kolom dan banyaknya jumlah kolom memiliki pengaruh terhadap bangunan gedung dalam menahan beban sehingga keruntuhan pada kolom merupakan dapat menyebabkan keruntuhan pada lantai bangunan dapat juga disebut keruntuhan seluruh struktur. Secara umum, kolom pada bangunan dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Kolom Utama

Kolom utama merupakan kolom yang memiliki fungsi untuk menahan keseluruhan struktur bangunan dalam bentuk vertikal dan ditempatkan pada pondasi.

2. Kolom Praktis

Kolom praktis merupakan kolom yang memiliki fungsi untuk menahan dinding secara horizontal agar tidak terjadi keretakan maupun roboh dan ditempatkan antara dinding-dinding tembok.

3.10.3 Pengertian Pelat

Sudarmoko (1996) menjelaskan pelat merupakan elemen horizontal struktur bangunan yang mendukung beban hidup maupun beban mati dan menyalurkan ke kerangka vertikal dari sistem struktur bangunan. Pelat juga dapat didefinisikan sebagai suatu struktur bidang tumpuan beban di atasnya yang memiliki fungsi untuk menahan beban yang ada pada lantai tersebut. Ketebalan pelat ditentukan oleh :

1. Jarak bentang antar balok-balok pendukung.
2. Besarnya lendutan yang diijinkan.
3. Bahan material yang dipakai.

Meiriska (2016) menjelaskan beberapa fungsi dari pelat diantara lain:

1. Menambah kekakuan bangunan pada arah vertikal maupun horizontal.
2. Tempat berpijak untuk pengguna di lantai atas.
3. Pemisah ruang atas dan ruang bawah.
4. Tempat menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
5. Meredam suara yang terjadi dari satu ruang ke ruang lainnya.

3.11 Analisis Struktur

Perhitungan analisis struktur dilakukan oleh peneliti menggunakan program SAP 2000. Program SAP 2000 merupakan program perangkat lunak yang digunakan untuk permodelan, analisis dan pemeriksaan atau optimasi desain suatu struktur yang dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara *real time* memudahkan pengguna untuk melakukan permodelan menyeluruh dalam waktu singkat dan memperoleh hasil yang akurat. Hasil yang

didapatkan dapat berupa dalam bentuk model struktur, grafik atau excel. Hasil tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna dalam penyusunan laporan.

Langkah –langkah yang dilakukan peneliti untuk proses analisis struktur menggunakan program SAP 2000 sebagai berikut.

1. Pedefinisian geometri struktur dan jenis tumpuan. Penggambar model struktur bangunan yang direncanakan harus diawali dengan penentuan sistem *template* atau *grid system*. Dalam proses ini ditentukan oleh kondisi batas (*boundary condition*) dari gambar kerja rencana. Kemudian untuk penentuan jenis tumpuan didasarkan pada jenis pondasi bangunan yang direncanakan (melalui *menu restraints*).
2. Penentuan material yang digunakan didasarkan dengan kebutuhan mengenai material yang ditetapkan. Material yang ditetapkan hendaknya mencantumkan keterangan mengenai karakteristik material itu sendiri, misalnya mutu material, kuat tekan material, dan karakteristik lainnya yang dapat membedakan dengan material lainnya. Setelah karakteristik dicantumkan kemudian diberi nama sesuai dengan karakteristik yang ditetapkan.
3. Penentuan penampang material dilakukan dengan cara mendefinisikan bentuk penampang. Apakah penampang terbuat dari *frame* yang menggunakan material beton, baja, *cable*, dan lain-lain. Setelah menentukan jenis penampang yang digunakan, kemudian ditentukan dimensi dan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan penampang yang direncanakan.
4. Penentuan beban dan kombinasi beban yang diterima oleh struktur dapat dibagi menjadi berbagai beban diantaranya beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin, dan beban gempa. Beban yang bekerja pada struktur bangunan dapat bekerja bersamaan dengan proporsi tertentu menurut faktor beban yang ada, sehingga kombinasi berbagai beban juga harus diperhitungkan. Kombinasi beban yang terjadi nantinya mengacu pada peraturan yang ditetapkan .
5. Permodelan struktur dilakukan dengan menggambar *frame* yang ditetapkan dengan cara menghubungkan *frame* satu dengan *frame* yang lain sehingga membentuk portal struktur yang direncanakan sesuai dengan gambar kerja.

6. Pemberian beban terhadap struktur dilakukan setelah permodelan struktur dibuat. Beban dapat diberikan kepada *frame* atau pelat dalam permodelan struktur berupa beban terpusat (titik) atau beban terbagi merata.
7. Menentukan nilai skala gempa pada R_{sx} dan R_{sy} , serta menyeleksi *frame* di setiap lantai untuk menjadikan satu diafragma.
8. Analisis struktur dilakukan setelah permodelan struktur telah siap atau selesai dengan melalui *menu run analysis* untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur bangunan yang direncanakan.

3.12 Permodelan dan Penggambaran Struktur

Permodelan dan penggambaran struktur dilakukan oleh peneliti menggunakan program Tekla Struktur. Program Tekla Struktur merupakan program perangkat lunak yang digunakan untuk permodelan atau desain yang sangat *constructable* struktural 3D terlepas dari materi atau kompleksitas struktural. Secara umum pengerjaan pada Tekla Struktur terdiri dari dua hal antara lain, proses pembuatan *project* dalam bentuk tiga dimensi (*modeling*) dan proses persiapan atau perapihan gambar dari tiga dimensi menjadi dua dimensi (*drawing*).

Output dari penggunaan Tekla Struktur bagi pengguna diantara lain.

1. Membuat gambar penulangan beton ditempat menggunakan *bending schedules*.
2. Membuat judul/kop gambar dan laporan sesuai dengan kehendak pengguna.
3. Membuat gambar GA (*General Arrangement*) *plan*, *section* dan *erection*.
4. Membuat *single-part* dan *assembly drawings* (dalam material besi).
5. Membuat gambar *cast-unit* (dalam material beton precast)
6. Mencetak dan menggambar struktur bangunan.
7. Membuat laporan terkait list perakitan (*assembly list*) dan list per bagian (*part list*).
8. Membuat laporan penulangan baik dari jumlah, berat dan jadwal penulangan.

3.13 Rencana Anggaran Biaya

Manubari (2019) menjelaskan Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk material, upah pekerja, sewa alat dan biaya-biaya lain yang memiliki hubungan dengan pelaksanaan pembangunan proyek. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) secara umum, dapat dihitung ke dalam Persamaan 3.3 berikut.

$$RAB = \Sigma (\text{volume} \times \text{harga satuan pekerjaan}) \quad (3.3)$$

Perhitungan rencana anggaran biaya ini memiliki tujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan, mengontrol pengeluaran biaya per item pekerjaan, mencegah adanya keterlambatan atau pemberhentian pekerjaan, dan meminimalisir pemborosan biaya yang mungkin terjadi pada saat pelaksanaan pekerjaan.

Manubari (2019) menyatakan langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun rancangan anggaran biaya sebagai berikut.

1. Mempersiapkan Gambar Kerja

Gambar kerja memiliki banyak manfaat untuk keperluan pelaksanaan proyek. Manfaat yang diberikan antara lain keperluan pembuatan Izin Mendirikan Bangunan (IMB), pembuatan Surat Perjanjian Kontrak Kerja, sampai pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Penggunaan gambar kerja untuk RAB digunakan sebagai penentu berbagai item pekerjaan, ukuran dan spesifikasi material/bahan bangunan. Dengan dipastikan ukuran dan spesifikasi dari gambar kerja maka dapat dilakukan perhitungan terhadap volume pekerjaan yang ada, sehingga gambar kerja dapat dijadikan acuan dalam melakukan penentuan terhadap item-item pekerjaan yang akan dihitung dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

2. Mempersiapkan spesifikasi dan peraturan

Spesifikasi dan peraturan yang dimaksud antara lain Izin Mendirikan Bangunan (IMB), Surat Perjanjian Kontrak Kerja, peraturan terkait bahan dan upah pekerjaan dan peraturan-peraturan lainnya. Spesifikasi dan peraturan ini berguna untuk bukti pertanggung-jawaban dalam penyusunan dan pembuatan dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada sebuah proyek konstruksi.

3. Menyusun item pekerjaan dan menghitung volume pekerjaan

Proses penyusunan item pekerjaan dilakukan dengan menguraikan item-item pekerjaan yang ada. Penguraian item pekerjaan disajikan dalam bentuk pokok-pokok pekerjaan yang menjelaskan mengenai lingkup besar pekerjaan yang kemudian pekerjaan itu diuraikan. Langkah selanjutnya adalah perhitungan volume pekerjaan. Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Satuan volume pekerjaan misalkan per kg, per m², per liter, per unit dan sebagainya. Perhitungan volume pekerjaan dapat dirumuskan ke dalam Persamaan 3.4 berikut.

$$\text{Total volume} = \text{jumlah} \times \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \quad (3.4)$$

Berikut contoh perhitungan volume pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3. 6 Contoh Perhitungan Volume Pekerjaan

| No. | Pekerjaan Kolom | Jumlah m | Panjang m | Lebar m | Tinggi m | Luas m ² | Volume m ³ | Total m ³ |
|-----|-----------------|-------------|--------------|------------|-------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | Kolom Struktur | | | | | | | |
| | - Lantai 1 | 12 | 3.7 | 0.15 | 0.25 | 0.55 | 0.1387 | 1.66 |
| | - Lantai 2 | 12 | 4 | 0.15 | 0.25 | 0.6 | 0.15 | 1.8 |

Sumber : Manubari (2019)

4. Membuat daftar harga satuan upah, material dan alat

Daftar harga satuan upah, material dan alat merupakan sebuah item yang menggambarkan biaya yang akan dikeluarkan untuk mengganti upah, material dan sewa alat sehingga dalam penentuannya harus dilakukan dengan hati-hati dan bijaksana. Biasanya penyedia jasa dapat menggunakan harga satuan pokok kegiatan yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah sebagai acuan dalam menentukan harga satuan upah, material dan alat. Berikut contoh harga satuan pokok dapat dilihat pada Tabel 3.7 dibawah ini.

Tabel 3. 7 Harga Satuan Pokok

| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Upah Pekerja | | | |
| 1 | Pekerja | OH | Rp70,000.00 |
| 2 | Tukang batu | OH | Rp80,000.00 |
| 3 | Tukang kayu | OH | Rp85,000.00 |
| 4 | Tukang besi | OH | Rp80,000.00 |
| Bahan | | | |
| 1 | Air | ltr | Rp1.00 |
| 2 | Balok kayu kelas II | m ³ | Rp3,498,000.00 |
| 3 | Batu bata | bh | Rp1,000.00 |
| 4 | Pasir beton | kg | Rp229.00 |

Sumber : Manubari (2019)

5. Harga satuan pekerjaan

Analisis harga satuan pekerjaan merupakan sebuah analisa yang menggabungkan harga satuan upah, material dan sewa alat yang dikalikan dengan koefisien untuk mendapatkan harga satu satuan volume per pekerjaan. Dalam menentukan harga satuan pekerjaan dapat ditentukan standart harga yang berlaku didaerah atau dipasaran sesuai dengan peraturan-peraturan daerah setempat. Harga satuan pekerjaan dapat dirumuskan ke dalam Persamaan 3.5 berikut.

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = \text{H.S Bahan} + \text{H.S Upah} + \text{H.S Alat} \quad (3.5)$$

Berikut contoh harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.8 di bawah ini.

Tabel 3. 8 Harga Satuan Pekerjaan

| No | Uraian Pekerjaan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah (Rp) |
|----------|--|----------------|-----------|--------------|----------------|
| 1 | Membuat 1 m³ beton mutu fc' =26,4 Mpa (K300) | | | | |
| A | Tenaga | | | | |
| | Pekerja | OH | 1,650 | Rp70.000,00 | Rp115.500,00 |
| | Tukang batu | OH | 0,275 | Rp80.000,00 | Rp22.000,00 |
| | Kepala tukang batu | OH | 0,028 | Rp85.000,00 | Rp2.380,00 |
| | Mandor | OH | 0,083 | Rp85.000,00 | Rp7.055,00 |
| B | Bahan | | | | |
| | Semen portland | Kg | 413,0 | Rp1.000,00 | Rp413.000,00 |
| | Pasir beton (kg) | Kg | 681,0 | Rp229,00 | Rp155.949,00 |
| | Split ½ | m ³ | 1021,0 | Rp199,00 | Rp203.179,00 |
| | Air | liter | 215 | Rp1 | Rp215,00 |
| C | Peralatan | | | | |
| | Truck Molen | Unit | 1,0 | Rp350.000,00 | Rp350.000,00 |
| | Concrete Vibrator | Unit | 1,0 | Rp100.000,00 | Rp100.000,00 |
| | Jumlah (A + B + C) | | | | Rp1.369.278,00 |

Sumber : Manubari (2019)

6. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Langkah selanjutnya adalah mengkalikan volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan yang sudah didapatkan sehingga jumlah biaya tiap item pekerjaan dapat dihitung. Perhitungan jumlah Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan dapat dirumuskan ke dalam Persamaan 3.6 berikut.

$$\text{Jumlah biaya pekerjaan} = \text{volume pekerjaan} \times \text{harga Satuan} \quad (3.6)$$

Berikut contoh Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada Tabel 3.9 di bawah ini.

Tabel 3. 9 Rencana Anggaran Biaya

| No. | Uraian Pekerjaan | Satuan | Koef. | Harga Satuan (Rp) | Jumlah (Rp) |
|-----|------------------|----------------|---------|-------------------|------------------------|
| 1 | Kolom | | | | |
| | Bekisting | m ³ | 21.333 | Rp394,904.25 | Rp8,424,492.37 |
| | Pembesian | kg | 100.000 | Rp30,799.30 | Rp3,079,930.00 |
| | Cor beton | m ² | 1.000 | Rp1,369,278.00 | Rp1,369,278.00 |
| | | | | Jumlah | Rp12,873,700.37 |

Sumber : Manubari (2019)

7. Rekapitulasi seluruh biaya

Langkah terakhir pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah melakukan rekapitulasi terhadap semua perhitungan biaya pekerjaan yang ada. Semua perhitungan yang dimaksud seperti pekerjaan persiapan, pekerjaan pondasi, pekerjaan struktur, pekerjaan MEP, pekerjaan arsitektural dan semua pekerjaan yang terdapat dalam pelaksanaan proyek yang kemudian ditotal sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Berikut contoh rekapitulasi rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 3.10 di bawah ini.

Tabel 3. 10 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

| REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|
| No | Uraian Pekerjaan | Jumlah Harga |
| A | Pekerjaan Persiapan | Rp 10,646,682 |
| B | Pekerjaan Tanah | Rp 13,365,536 |
| C | Pekerjaan Pasangan & Beton | Rp 252,558,828 |
| D | Pekerjaan Kayu | Rp 43,310,923 |
| E | Pekerjaan Utilitas & Sanitasi | Rp 28,747,617 |
| F | Pekerjaan Kaca & Penggantung | Rp 3,146,537 |
| G | Pekerjaan Cat | Rp 26,107,340 |
| TOTAL SUB PEKERJAAN | | Rp 377,883,462.54 |

Sumber : Manubari (2019)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Definisi Umum

Sugiyono (2019) menyatakan metode penelitian pada dasarnya merupakan metode ilmiah untuk memperoleh data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Metode ilmiah berarti kegiatan penelitian didasarkan pada ciri-ciri ilmiah, yaitu rasional, empiris, dan sistematis. Rasional berarti kegiatan penelitian itu dilakukan dengan cara-cara yang masuk akal, sehingga terjangkau oleh penalaran manusia. Empiris berarti metode yang digunakan dapat diamati oleh indera manusia, sehingga orang lain dapat mengamati dan mengetahui metode yang digunakan. Sistematis merupakan proses yang digunakan dalam penelitian itu menggunakan langkah-langkah yang bersifat logis.

4.2 Subjek dan Obyek Penelitian

Sugiyono (2019) menyatakan pengertian subjek dan objek penelitian adalah subjek penelitian merupakan suatu atribut, sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variabel tertentu yang ditetapkan untuk dipelajari dan ditarik kesimpulan. Sedangkan objek penelitian adalah sasaran ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu tentang sesuatu hal objektif, valid dan reliable tentang suatu hal (variabel tertentu).

Pada penelitian ini yang dijadikan subjek adalah Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY yang merupakan gedung bertingkat terdiri dari 4 lantai dengan penggunaan struktur konvensional yaitu beton bertulang pada struktur atas yaitu balok, kolom dan pelat. Sedangkan yang dijadikan objek penelitian yang akan diteliti adalah pada pekerjaan balok, kolom dan pelat Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY. Adapun lokasi penelitian pada proyek pembangunan tersebut terdapat pada Jalan Nasional III, Klewonan, Triharjo, Wates, Kulon Progo, Yogyakarta. Berikut lokasi pelaksanaan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Gedung *Disaster Recovery Center* PT Bank BPD DIY
(Sumber : Peneliti, 2022)

4.3 Data dan Metode Penelitian

4.3.1 Data Penelitian

Data penelitian adalah suatu fakta atau keterangan yang dapat didapatkan dari hasil observasi suatu objek sehingga diperoleh data yang dapat dijadikan dasar kajian untuk membuat analisis dan kesimpulan. Adapun data digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Data Primer

Sugiyono (2019) menyatakan data primer yaitu sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Data dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan. Peneliti menggunakan hasil wawancara yang didapatkan dari informan mengenai topik penelitian sebagai data primer. Data primer yang didapatkan oleh peneliti antara lain gambar *Detail Engineering Design* (DED) dan *Bill of Quantity* (BOQ) Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY.

2. Data Sekunder

Sugiyono (2019) menyatakan data sekunder yaitu sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain

atau lewat dokumen. Dalam penelitian ini yang menjadi sumber data sekunder adalah sesuai dengan peraturan perundang-undangan (SNI), buku, jurnal, artikel yang berkaitan dengan topik penelitian mengenai rekayasa nilai terhadap pekerjaan konstruksi dari sebuah bangunan gedung.

4.3.2 Metode Pengumpulan Data

Tujuan dari penelitian adalah untuk memperoleh data maka metode pengumpulan data merupakan langkah yang paling vital dalam suatu penelitian. Peneliti yang melakukan penelitian tidak akan mendapatkan data yang diinginkan jika tidak mengetahui metode dalam pengumpulan data. Maka pengumpulan data penelitian diatas dapat dilakukan dengan cara berikut.

1. Metode pengumpulan data primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara melakukan wawancara dengan informan yang melaksanakan praktek kerja magang pada Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* PT Bank BPD DIY. Selain itu dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) terhadap pekerjaan struktur dan permodelan struktur untuk mengetahui hasil analisis pembangunan gedung tersebut sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

2. Metode pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara melakukan survey pada instansi/perusahaan yang dianggap penting terhadap proses pengumpulan data sekunder. Instansi/perusahaan tersebut dapat meliputi perusahaan bahan/material bangunan, kontraktor, konsultan, pemborong dan instansi jasa konstruksi. Pengumpulan data sekunder juga dilakukan dengan cara mencari referensi pada internet, buku, arsip dan jurnal penelitian terkait.

4.4 Analisis Data

Analisis data adalah suatu proses pengolahan data dengan tujuan untuk menemukan informasi yang berguna yang dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan untuk solusi suatu permasalahan. Pada penelitian ini proses analisis data dilakukan dengan langkah yang terencana dan tersusun secara sistematis yang dikenal sebagai metode rekayasa nilai (*value engineering*). Tahap-

tahap analisa data dengan metode rekayasa nilai pada penelitian ini terdiri sebagai berikut.

4.4.1 Tahap Informasi

Tahap informasi adalah tahap awal dalam menyiapkan rencana kerja proyek yang memiliki tujuan untuk mengumpulkan data terkait dengan item pekerjaan yang akan dianalisis dan mendapatkan item pekerjaan yang akan direkayasa nilai. Dalam tahap informasi ini langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data informasi

Pengumpulan data informasi yang dimaksud adalah peneliti mengumpulkan dan melengkapi data maupun informasi yang akan digunakan untuk kepentingan penelitian. Data yang dimaksud meliputi:

- a. Gambar *Detail Engineering Design* (DED)
- b. Data-data kondisi setempat
- c. Jadwal kegiatan
- d. *Bill of Quantity* (BOQ)
- e. Analisis Harga Satuan (AHS)

2. Analisis fungsi

Pada analisis fungsi ini dilakukan proses analisis terhadap Struktur Atas Bangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY dengan cara mengidentifikasi komponen berdasarkan fungsi primer/pokok dan fungsi sekunder. Proses analisis fungsi dapat dimasukkan ke dalam Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Analisis Fungsi

| Analisis Fungsi | | | | |
|-----------------|----------|-------|-------|--------------|
| No | Komponen | Kata | | Jenis Fungsi |
| | | Kerja | Benda | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| n. | | | | |

Setelah ditentukan jenis fungsi dari penguraian setiap elemen maka dibuat diagram FAST untuk mendapatkan pemahaman dan penjabaran secara detail dan terarah mengenai fungsi yang ditetapkan dari item pekerjaan.

4.4.2 Tahap Spekulatif

Tahap Spekulatif adalah tahap berfikir kreatif dalam mengembangkan ide untuk mendapatkan sebuah alternatif terkait desain dan material dari struktur atas (balok, kolom, pelat) terhadap kriteria-kriteria dari data atau informasi yang telah dikumpulkan. Pencarian ide atau alternatif dilakukan dengan sebanyak mungkin tanpa mengurangi fungsi primer dari obyek yang ditinjau yang dilakukan berdasarkan studi literatur dan penalaran peneliti. Alternatif ide yang didapatkan oleh peneliti kemudian dimasukkan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Spekulatif Alternatif Desain

| No | Jenis Desain Pekerjaan | Bahan Material |
|-----|------------------------|----------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| N.. | | |

4.4.3 Tahap Analisa

Tahap ini dilakukan perbaikan dan analisis biaya yang terdapat dalam ide yang dihasilkan pada tahap kreatif dan mendata alternatif desain yang layak serta menghasilkan sebuah alternatif desain dengan biaya yang efektif dan efisien. Penilaian dan pemilihan ide alternatif ditentukan dari pengumpulan kuisioner dari dua praktisi dan dua akademisi (responden) yang berkompeten di bidang konstruksi. penentuan responden berdasarkan kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Ahli atau praktisi yang berasal dari konsultan maupun kontraktor.
2. Pengalaman dalam bidang konstruksi lebih atau sama dengan dari tiga tahun.
3. Pernah menangani proyek gedung minimal dua lantai.

Sedangkan proses analisis yang dilakukan oleh peneliti dengan pembagian kuisioner kepada responden berdasarkan teknik atau cara sebagai berikut.

1. Analisis tingkat kelayakan

Pada tahap analisis tingkat kelayakan dilakukan dengan dua tahap yaitu :

- a. Pertama dilakukan penilaian terhadap ide alternatif yang dimunculkan berdasarkan kriteria yang ditetapkan.
- b. Kedua dilakukan rekapitulasi nilai tingkat kelayakan ide alternatif terhadap ide alternatif yang dimunculkan.

Tahapan tersebut dimasukkan ke dalam Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4. 3 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan

| No | Ide Alternatif | | | | |
|----|-------------------------------|----|----|-----|-----------|
| | Kriteria | R1 | R2 | R-N | Rata-Rata |
| 1 | Biaya awal | | | | |
| 2 | Daya dukung | | | | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | | | |
| 4 | Kemungkinan implementasi | | | | |
| 5 | Tingkat kesulitan pelaksanaan | | | | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | | | |

Keterangan :

R 1 : Responden 1

R 2 : Responden 2

R 3 : Responden-N

Skala penilaian : 1-10

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Analisis Tingkat Kelayakan Ide Alternatif

| No | Ide Alternatif Pekerjaan | A | B | C | D | E | F | Total Nilai |
|----|--------------------------|---|---|---|---|---|---|-------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | |

Keterangan :

- A = Biaya awal
- B = Daya dukung
- C = Waktu Pelaksanaan
- D = Kemungkinan implementasi
- E = Tingkat kesulitan pelaksanaan
- F = Sarana kerja (peralatan)

2. Analisis keuntungan dan kerugian

Pada tahap analisis keuntungan dan kerugian dilakukan dengan tiga tahap yaitu:

- a. pertama penilaian terhadap keuntungan dan kerugian berdasarkan kriteria yang ditetapkan
- b. kedua dilaksanakan penjumlahan dari perhitungan nilai keuntungan dan kerugian di setiap alternatif.
- c. dan yang ketiga perankingan nilai dari tahapan sebelumnya.

Hasil dari tahap-tahap yang telah dijelaskan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Hasil Kuisioner Analisis Keuntungan dan Kerugian Alternatif Desain

| Alternatif -N | | | | | | | |
|---------------|--------------------------|----|----|-----|-------|-----------|-----|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R-N | Total | Rata-rata | Ket |
| 1 | Biaya awal | | | | | | |
| 2 | Daya dukung | | | | | | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | | | | | |
| 4 | Kemungkinan implementasi | | | | | | |
| 5 | Tingkat kesulitan | | | | | | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | | | | | |

Keterangan :

R1 - R-N... = Responden 1- Responden -N

Tanda positif (+) = keuntungan

Tanda negatif (-) = kerugian Skala nilai = 1-3

Tabel 4. 6 Penilaian Alternatif Desain

| Alternatif-N | | | | |
|--------------|--------------------------|------------------|----------------|---------|
| No | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | selisih |
| 1 | Biaya awal | | | |
| 2 | Daya dukung | | | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | | |
| 4 | Kemungkinan implementasi | | | |
| 5 | Tingkat kesulitan | | | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | | |

Tabel 4. 7 Perankingan Alternatif

| No | Alternatif | Ranking |
|----|------------|---------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| N | | |

3. Analisis menggunakan metode *zero-one*

Pada tahap analisis menggunakan metode *zero-one* dilakukan dengan tiga tahap yaitu sebagai berikut.

- a. Pertama dilakukan analisis metode *zero-one* untuk mencari bobot.
- b. Kedua, analisis metode *zero-one* mencari indeks.
- c. Dan yang ketiga menggabungkan bobot dan indeks yang udah diketahui kedalam matriks evaluasi.

Hasil dari tahap-tahap yang telah dijelaskan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Tabel 4.8, Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4. 8 Penilaian Pembobotan

| No | Kriteria | Angka Rangking | Bobot |
|-----------------------|--------------------------|----------------|-------|
| 1 | Biaya awal | | |
| 2 | Daya dukung | | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | |
| 4 | Kemungkinan implementasi | | |
| 5 | Tingkat kesulitan | | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | |
| Jumlah angka rangking | | | |

Tabel 4. 9 Penilaian Indeks Dengan *Zero-One* Terhadap Kriteria

| Alternatif | A | B | C | Jumlah | Indeks |
|------------|---|---|---|--------|--------|
| A | | | | | |
| B | | | | | |
| C | | | | | |
| Jumlah | | | | | |

Tabel 4. 10 Matriks Evaluasi

| No | Alt Bobot | Kriteria | | | | | | Total | Keterangan |
|----|--------------|----------|---|---|---|---|---|-------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1 | Alt.A | | | | | | | | Indeks Bobot |
| 2 | Alt. B | | | | | | | | Indeks Bobot |
| 3 | Alt. C | | | | | | | | Indeks Bobot |

4.4.4 Tahap Pengembangan

Tahap Pengembangan adalah tahap lanjutan terhadap alternatif desain yang telah terpilih berdasarkan analisis keuntungan dan kerugian, analisis ranking serta penilaian alternatif terhadap parameter yang telah ditentukan, kemudian dikembangkan dengan perhitungan analisis struktur dan biaya dengan peraturan yang berlaku. Perhitungan analisis struktur menggunakan bantuan *software* SAP 2000, kemudian untuk permodelan dan penggambaran menggunakan *software* Tekla Struktur serta perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan *software* Microsoft Excel.

4.4.5 Tahap Penyajian

Tahap penyajian adalah tahap akhir dalam rekayasa nilai yang bertujuan untuk melaporkan hasil kesimpulan data dari tahap-tahap sebelumnya. Data yang dimaksud meliputi:

1. Desain struktur alternatif terbaik

Desain yang dimaksud adalah desain yang secara perhitungan stuktur dan penggunaan bahan dan material lebih baik dari perencanaan desain stuktur awal.

2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) alternatif terbaik.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang baik, apabila dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi memiliki nilai waste yang sedikit dan nilai terhadap pekerjaan optimal. Maka dari itu, diharapkan dapat memperoleh penghematan biaya dengan optimal tanpa mengurangi fungsi dari bangunan tersebut.

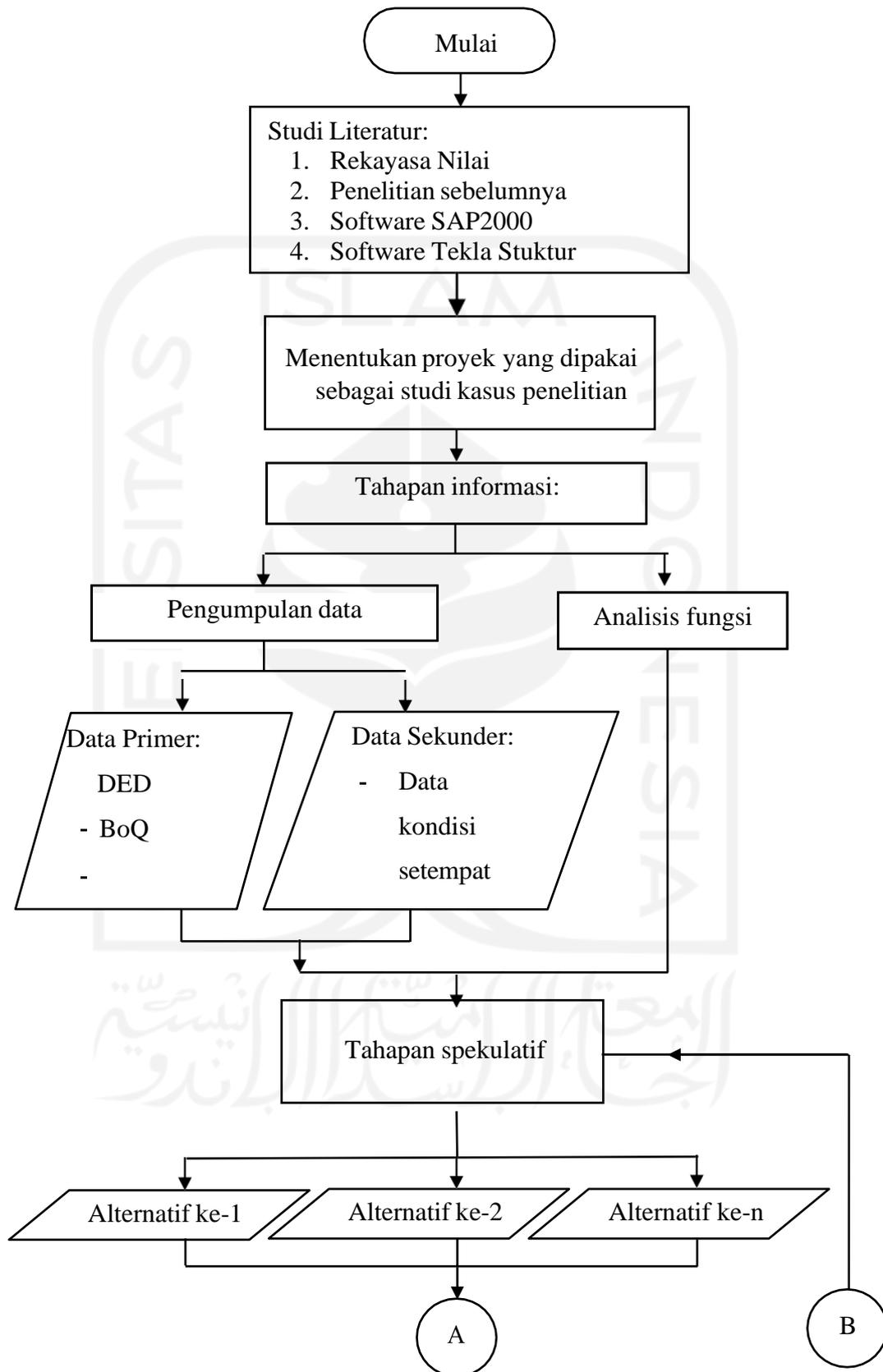
Hasil dari tahap penyajian kemudian dijelaskan ke dalam Tabel 4.11 berikut ini.

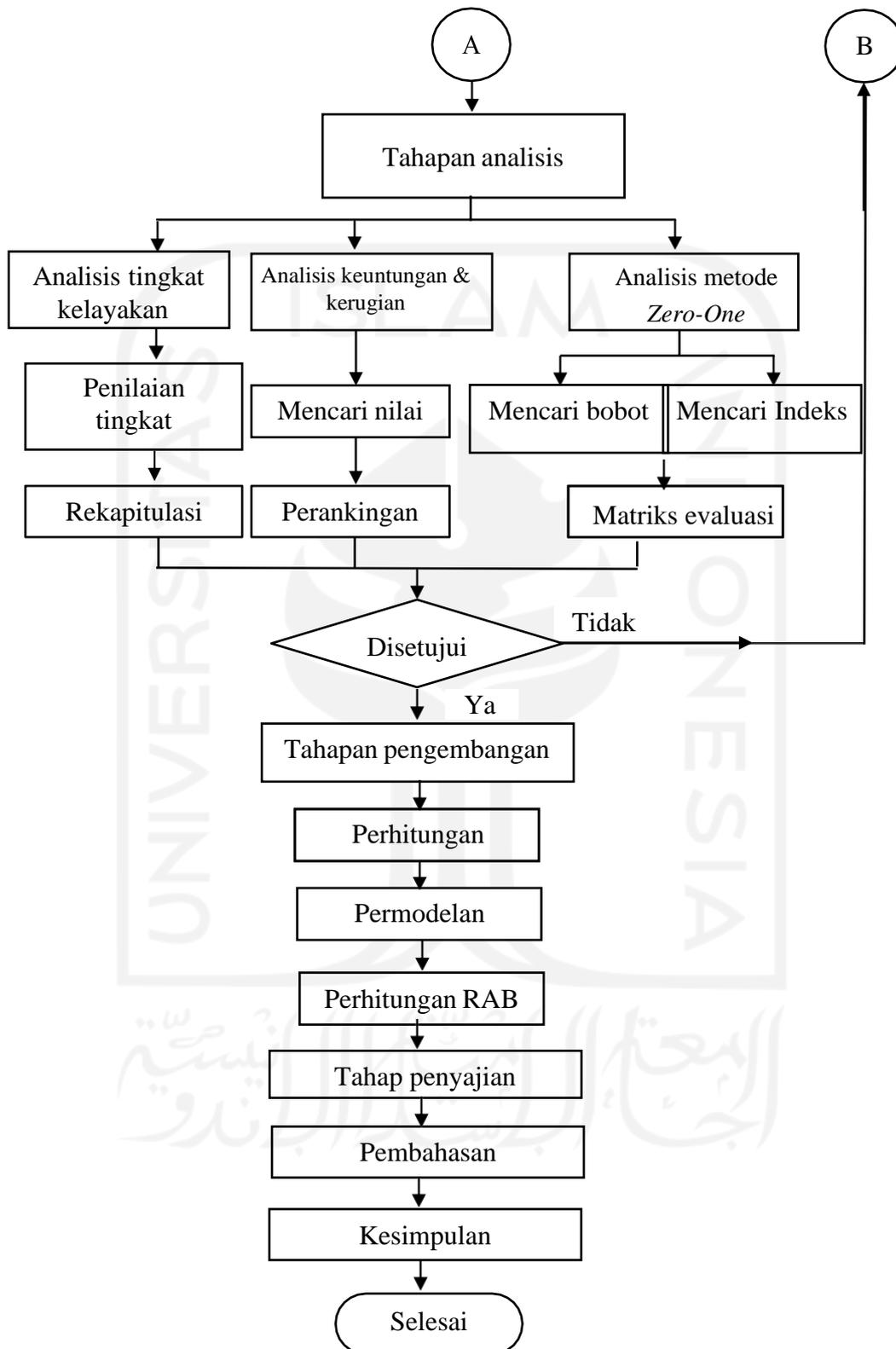
Tabel 4. 11 Tahap penyajian alternatif struktur

| Tahap Penyajian | |
|---|---|
| Proyek | : |
| Lokasi | : |
| Tanggal | : |
| Item Pekerjaan : | |
| Konsep awal (<i>original concept</i>) | |
| Usulan perubahan (<i>proposal change</i>) | |
| Diskusi (<i>discussion</i>) | |

4.5 Bagan Alir

Bagan alir untuk tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.





Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tahap Informasi

Tahap paling awal dari penerapan rekayasa nilai adalah tahap informasi. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data informasi sebanyak mungkin terkait pekerjaan struktur atas Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY untuk selanjutnya dilakukan studi rekayasa nilai. Adapun langkah langkah yang dilakukan pada tahap informasi sebagai berikut.

5.1.1 Data Umum Proyek

Data umum proyek ini digunakan sebagai gambaran atau acuan dalam penerapan rekayasa nilai tidak merubah fungsi dan kegunaan dari bangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY. Adapun data umum proyek yang dikumpulkan untuk diolah dimasukkan kedalam Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Data Umum Proyek

| No | Uraian | Keterangan |
|----|----------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Nama proyek | : Gedung DRC PT Bank BPD DIY |
| 2 | Pengunaan bangunan | : Bangunan Perkantoran |
| 3 | Lokasi proyek | : Kulon Progo |
| 4 | Pemilik proyek | : PT Bank BPD DIY |
| 5 | Perencana proyek | : PT Proporsi |
| 6 | Pelaksana proyek | : PT Muara Mitra Mandiri |
| 7 | Nilai Proyek | : Rp 7.045.457.802,00 |
| 8 | Metode pelaksanaan struktur atas | : Beton bertulang |
| 9 | Waktu pelaksanaan | : 9 Februari 2021 – 4 Agustus 2021 |
| 10 | Status proyek | : Selesai |

5.1.2 Data Teknis

Data teknis proyek ini yang digunakan memiliki hubungan dengan item pekerjaan yang akan dilakukan analisis rekayasa nilai. Adapun data teknis yang dikumpulkan untuk dianalisis antara lain sebagai berikut.

1. Desain *eksisting* kolom

Desain *eksisting* kolom pada Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Desain *Eksisting* Kolom

| Tipe Kolom | Dimensi | Mutu Beton | Mutu Baja | | Tulangan Pokok | | Tulangan Geser | | Selimut Beton |
|------------|---------|------------|-----------|-------|----------------|----------|----------------|----------|---------------|
| | (mm) | (Mpa) | (Mpa) | (Mpa) | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan | (mm) |
| K1 | 500x600 | 26,4 | 40 | 24 | 24D-22 | 24D-22 | 4D10-100 | 4D10-100 | 40 |
| K1.A | 500x600 | 26,4 | 40 | 24 | 20D-22 | 20D-22 | 2D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K.2 | 300x300 | 26,4 | 40 | 24 | 8D-19 | 8D-19 | 2P10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K.3 | 150x300 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-13 | 6D-13 | 2P10-100 | 2P10-100 | 40 |

Penempatan tipe kolom pada struktur gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada lampiran 1.

2. Desain *eksisting* balok

Desain *eksisting* balok pada Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5. 3 Desain *Eksisting* Balok

| Tipe Balok | Dimensi (mm) | Mutu Beton (Mpa) | Mutu Baja | | Tulangan Pokok | | | | Tulangan Geser | | Selimut Beton (mm) |
|------------|--------------|------------------|------------|-------------|----------------|-------|----------|-------|----------------|----------|--------------------|
| | | | Ulir (Mpa) | Polos (Mpa) | Tumpuan | | Lapangan | | Tumpuan | Lapangan | |
| | | | | | Atas | Bawah | Atas | Bawah | | | |
| B.1 | 350x650 | 26,4 | 40 | 24 | 8D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 5D-22 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.2 | 300x500 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.2A | 300X500 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.3 | 300X600 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.4 | 250x400 | 26,4 | 40 | 24 | 5D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.5 | 200x400 | 26,4 | 40 | 24 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.6 | 200x300 | 26,4 | 40 | 24 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |

Penempatan tipe balok pada struktur gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada lampiran 1.

3. Desain *eksisting* pelat

Desain *eksisting* pelat pada Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5. 4 Desain *Eksisting* Pelat

| Tipe Pelat | Tebal Pelat | Mutu Beton (Mpa) | Mutu Baja | | Tulangan Atas Rangkap | Tulangan Atas Bawah | Penumpu Tulangan |
|------------|-------------|---------------------|------------|-------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| | (mm) | | Ulir (Mpa) | Polos (Mpa) | | | |
| PL.01 | 120 | 26,4 | 40 | 24 | D10-125 | D10-125 | P10-1000 |

Penempatan tipe pelat pada struktur gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada lampiran 1.

5.1.3 Data Anggaran Biaya

Data anggaran biaya struktur atas (balok, kolom dan pelat) diperoleh dengan cara perhitungan *Bill Of Quantity* yang dikumpulkan dikalikan dengan AHSP pada Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 79 Tahun 2018. Berikut rekapitulasi anggaran biaya struktur atas proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Data Anggaran Biaya

| No | Uraian | Biaya (Rp) |
|----|-----------------|--------------------|
| 1 | Pekerjaan Balok | Rp1.246.795.910,62 |
| 2 | Pekerjaan Kolom | Rp715.345.037,65 |
| 3 | Pekerjaan Pelat | Rp1.470.515.923,12 |

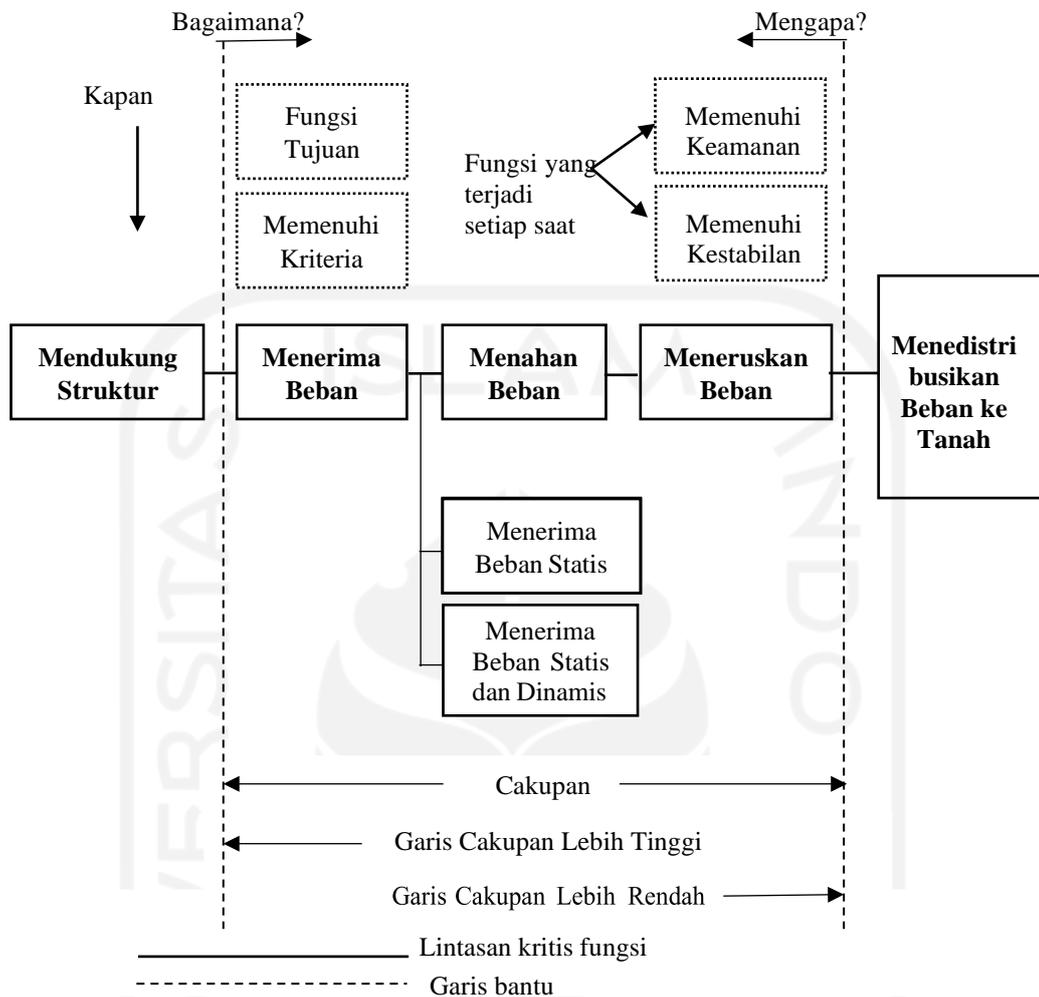
5.1.4 Analisis Fungsi

Pada penelitian ini analisis fungsi digunakan untuk mengetahui fungsi dari item pekerjaan dengan cara mengidentifikasi dengan dua kata yaitu kata benda dan kata kerja. Proses identifikasi fungsi terhadap item pekerjaan yang akan dilakukan analisis rekayasa nilai dimasukkan kedalam Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 6 Analisis Fungsi

| No | Pekerjaan | Kata | | Jenis Fungsi |
|----|---------------|------------|-------|--------------|
| | | Kerja | Benda | |
| 1 | Struktur atas | Menerima | Beban | Primer |
| | | Menahan | Beban | Primer |
| | | Meneruskan | Beban | Primer |

Setelah ditentukan jenis fungsi dari item pekerjaan struktur atas maka dibuat diagram FAST untuk mendapatkan pemahaman dan penjabaran secara mudah dan detail. Berikut diagram FAST pekerjaan struktur atas yang dijelaskan pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 1 Diagram FAST Pekerjaan Struktur Atas

5.2 Tahap Spekulatif

Pada tahap spekulatif ini dilakukan pengumpulan ide-ide spekulatif sebanyak mungkin dari masing-masing item pekerjaan yang ditetapkan. Pengumpulan ide-ide spekulatif ini didapat dari hasil observasi melalui internet, buku dan peraturan-peraturan yang berlaku.

Pengumpulan ide-ide spekulatif juga mempertimbangkan cakupan fungsional yang telah dijelaskan menggunakan metode FAST pada tahap sebelumnya. Ide-ide spekulatif yang didapat pada struktur kolom, balok dan pelat dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 7 Ide Spekulatif Alternatif Desain Balok

| No | Jenis desain balok | Bahan material |
|----|-----------------------|-----------------|
| 1 | Kolom beton bertulang | Beton bertulang |
| 2 | Kolom Baja | Baja |
| 3 | Kolom Komposit | Komposit |
| 4 | Kolom Precast | Precast |

Tabel 5. 8 Ide Spekulatif Alternatif Desain Kolom

| No | Jenis desain balok | Bahan material |
|----|-----------------------|-----------------|
| 1 | Kolom beton bertulang | Beton bertulang |
| 2 | Kolom Baja | Baja |
| 3 | Kolom Komposit | Komposit |
| 4 | Kolom Precast | Precast |

Tabel 5. 9 Ide Spekulatif Alternatif Desain Pelat

| No | Jenis desain pelat | Bahan material |
|----|--------------------|-------------------------------|
| 1 | Plat konvensional | Beton bertulang |
| 2 | Plat baja | Baja |
| 3 | Plat komposit | <i>Wiremesh dan floordeck</i> |
| 4 | Plat precast | Precast |

5.3 Tahap Analisis

Pada tahap analisis akan dilakukan analisa untuk menentukan salah satu desain terbaik dari ide-ide spekulatif yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Penentuan desain terbaik ini dengan cara memberikan kuisioner kepada dua praktisi/ahli dan dua akademisi. Berikut adalah tahapan pada tahap analisis.

5.3.1 Analisis Tingkat Kelayakan

Tahap analisis tingkat kelayakan akan membahas penilaian kriteria ide-ide kreatif dengan subjektif. Setiap kriteria pada analisis kelayakan diberi bobot nilai dengan bobot nilai yang diberikan antara 0-10, kemudian hasil nilai-nilai tersebut dijumlahkan setiap alternatifnya. Hasil penilaian tingkat kelayakan pada penelitian

ini dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14 dan Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5. 10 Hasil Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Balok

| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Rata-Rata |
|----|--------------------------|----|----|----|----|-----------|
| I | Beton Bertulang | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 5 | 4 | 8 | 5 | 5,5 |
| 2 | Daya Dukung | 8 | 8 | 8 | 10 | 8,5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 6 | 7 | 4 | 7 | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 | 9 | 8 | 6 | 7,75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 | 7 | 5 | 6 | 6 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 8 | 7 | 9 | 6 | 7,5 |
| II | Baja | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 6 | 6 | 4 | 5 | 5,25 |
| 2 | Daya Dukung | 5 | 6 | 9 | 10 | 7,5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 8 | 8 | 9 | 9 | 8,5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 4 | 9 | 8 | 6 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 5 | 4 | 7 | 8 | 6 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 4 | 9 | 7 | 5,75 |
| I | Komposit | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 4 | 3 | 2 | 6 | 3,75 |
| 2 | Daya Dukung | 9 | 9 | 10 | 10 | 9,5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 4 | 5 | 4 | 8 | 5,25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 5 | 2 | 7 | 4,25 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 | 4 | 2 | 6 | 3,75 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 3 | 8 | 5 | 4,75 |
| I | Precast | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 3 | 2 | 4 | 7 | 4 |
| 2 | Daya Dukung | 5 | 6 | 7 | 10 | 7 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 7 | 8 | 9 | 9 | 8,25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 | 4 | 9 | 8 | 6,25 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 | 7 | 6 | 7 | 6,5 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 4 | 4 | 5 | 8 | 5,25 |

Tabel 5. 11 Hasil Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Kolom

| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Rata-Rata |
|----|--------------------------|----|----|----|----|-----------|
| I | Beton Bertulang | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 5 | 4 | 9 | 6 | 6 |
| 2 | Daya Dukung | 8 | 8 | 8 | 10 | 8,5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 6 | 7 | 9 | 6 | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 7 | 9 | 9 | 6 | 7,75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 | 7 | 6 | 6 | 6,25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 7 | 7 | 9 | 6 | 7,25 |
| II | Baja | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 6 | 6 | 4 | 8 | 6 |
| 2 | Daya Dukung | 5 | 6 | 8 | 10 | 7,25 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 8 | 8 | 9 | 9 | 8,5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 4 | 9 | 8 | 6 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 | 4 | 9 | 8 | 6,25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 4 | 7 | 8 | 5,5 |
| I | Komposit | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 4 | 3 | 2 | 6 | 3,75 |
| 2 | Daya Dukung | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 4 | 5 | 3 | 5 | 4,25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 5 | 7 | 5 | 5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 | 4 | 8 | 5 | 5 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 2 | 3 | 9 | 7 | 5,25 |
| I | Precast | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 3 | 2 | 2 | 8 | 3,75 |
| 2 | Daya Dukung | 5 | 6 | 7 | 10 | 7 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 7 | 8 | 9 | 8 | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 | 4 | 9 | 8 | 6,25 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 | 7 | 6 | 8 | 6,75 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 4 | 6 | 7 | 5 |

Tabel 5. 12 Hasil Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Pelat

| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Rata-Rata |
|----|--------------------------|----|----|----|----|-----------|
| I | Beton Bertulang | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 4 | 4 | 3 | 6 | 4,25 |
| 2 | Daya Dukung | 6 | 7 | 8 | 10 | 7,75 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 6 | 6 | 2 | 7 | 5,25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 | 8 | 9 | 7 | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 | 6 | 9 | 7 | 7,25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 7 | 6 | 10 | 7 | 7,5 |
| II | Baja | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 2 | 5 | 1 | 9 | 4,25 |
| 2 | Daya Dukung | 5 | 6 | 8 | 10 | 7,25 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 7 | 5 | 8 | 9 | 7,25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 3 | 1 | 8 | 3,75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 | 4 | 1 | 7 | 4 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 3 | 3 | 7 | 4 |
| I | Komposit | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 5 | 7 | 8 | 8 | 7 |
| 2 | Daya Dukung | 7 | 8 | 8 | 10 | 8,25 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 8 | 6 | 9 | 9 | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 | 8 | 9 | 9 | 8,5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 | 6 | 6 | 9 | 7 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 7 | 7 | 9 | 8 | 7,75 |
| I | Precast | | | | | |
| 1 | Biaya Awal | 3 | 2 | 4 | 9 | 4,5 |
| 2 | Daya Dukung | 5 | 6 | 7 | 10 | 7 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 7 | 7 | 9 | 9 | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 | 4 | 9 | 9 | 6,5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 5 | 7 | 6 | 7 | 6,25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 4 | 4 | 6 | 7 | 5,25 |

Penilaian dari ide kreatif yang ditetapkan untuk kriteria dilambangkan dengan huruf abjad sebagai berikut.

A = Biaya awal

B = Daya dukung

C = Waktu pelaksanaan

D = Kemungkinan implementasi

E = Tingkat kesulitan pelaksanaan

F = Sarana kerja (peralatan)

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Balok

| No | Jenis Balok | A | B | C | D | E | F | Total |
|----|-----------------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| 1 | Beton Bertulang | 5.5 | 8.5 | 6 | 7.75 | 6 | 7.5 | 41.25 |
| 2 | Baja | 5.25 | 7.5 | 8.5 | 6 | 6 | 5.75 | 39 |
| 3 | Komposit | 3.75 | 9.5 | 5.25 | 4.25 | 3.75 | 4.75 | 31.25 |
| 4 | Precast | 4 | 7 | 8.25 | 6.25 | 6.5 | 5.25 | 37.25 |

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Kolom

| No | Jenis Kolom | A | B | C | D | E | F | Total |
|----|-----------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1 | Beton Bertulang | 6 | 8.5 | 7 | 7.75 | 6.25 | 7.25 | 42.75 |
| 2 | Baja | 6 | 7.25 | 8.5 | 6 | 6.25 | 5.5 | 39.5 |
| 3 | Komposit | 3.75 | 9 | 4.25 | 5 | 5 | 5.25 | 32.25 |
| 4 | Precast | 3.75 | 7 | 8 | 6.25 | 6.75 | 5 | 36.75 |

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Penilaian Tingkat Kelayakan Desain Pekerjaan Pelat

| No | Jenis Pelat | A | B | C | D | E | F | Total |
|----|-----------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1 | Beton Bertulang | 4.25 | 7.75 | 5.25 | 8 | 7.25 | 7.5 | 40 |
| 2 | Baja | 4.25 | 7.25 | 7.25 | 3.75 | 4 | 4 | 30.5 |
| 3 | Komposit | 7 | 8.25 | 8 | 8.5 | 7 | 7.75 | 46.5 |
| 4 | Precast | 4.5 | 7 | 8 | 6.5 | 6.25 | 5.25 | 37.5 |

Hasil analisis pada metode tingkat kelayakan diperoleh kesimpulan bahwa jenis desain pekerjaan yang memiliki nilai tertinggi pada pekerjaan balok sebesar 41,25 menggunakan beton bertulang, pada pekerjaan kolom sebesar 42,75 menggunakan beton bertulang sedangkan untuk pelat menggunakan sebesar 46,5 menggunakan pelat komposit.

5.3.2 Analisis Keuntungan dan Kerugian

Tahap analisis keuntungan dan kerugian akan membahas penilaian kriteria ide-ide kreatif dengan subjektif. Setiap kriteria pada analisis keuntungan dan kerugian diberi bobot nilai dengan bobot nilai yang diberikan antara 1-3, dan diberikan tanda positif apabila memiliki nilai keuntungan dan tanda negatif untuk memiliki nilai kerugian, kemudian hasil nilai-nilai tersebut dijumlahkan setiap alternatifnya. Hasil penilaian tingkat keuntungan dan kerugian pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18, Tabel 5.19, Tabel 5.20 dan Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5. 16 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Balok

| Beton Bertulang | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|----|----|----|----|-------|-----------|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Rata-Rata |
| 1 | Biaya Awal | -1 | 1 | 3 | 2 | 5 | 1.25 |
| 2 | Daya Dukung | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 | 2.5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 2 | 1 | -1 | -3 | -1 | -0.25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 3 | 3 | -2 | 7 | 1.75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 2 | -2 | -1 | 0 | 0 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 3 | 3 | -1 | 8 | 2 |
| Baja | | | | | | | |
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Rata-Rata |
| 1 | Biaya Awal | 2 | 2 | -2 | -3 | -1 | -0.25 |
| 2 | Daya Dukung | 1 | 1 | 3 | 3 | 8 | 2 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 | 2.5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -2 | -1 | 3 | 2 | 2 | 0.5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 1.25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | -1 | 1 | 3 | 2 | 5 | 1.25 |
| Komposit | | | | | | | |
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Rata-Rata |
| 1 | Biaya Awal | -3 | -3 | -3 | -1 | -10 | -2.5 |
| 2 | Daya Dukung | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 | 2.5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | -2 | -1 | -2 | 2 | -3 | -0.75 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -1 | 1 | -2 | 2 | 0 | 0 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | -1 | -1 | -2 | 1 | -3 | -0.75 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 1 | 1 | -2 | 1 | 1 | 0.25 |

Lanjutan Tabel 5.16 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Balok

| Precast | | | | | | | |
|---------|--------------------------|----|----|----|----|-------|-----------|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Rata-Rata |
| 1 | Biaya Awal | -2 | -3 | -1 | -3 | -9 | -2.25 |
| 2 | Daya Dukung | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 | 1.5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 1 | 1 | 3 | 3 | 8 | 2 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -1 | -1 | -1 | 1 | -2 | -0.5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 0 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | -1 | -1 | 3 | -1 | 0 | 0 |

Tabel 5. 17 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Kolom

| Beton Bertulang | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|----|----|----|----|-------|-------|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | -1 | 1 | 3 | -2 | 1 | 0.25 |
| 2 | Daya Dukung | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 | 2.5 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 2 | 1 | -1 | -2 | 0 | 0 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 3 | 3 | -1 | 8 | 2 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 2 | -2 | -1 | 0 | 0 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 3 | 3 | 3 | -1 | 8 | 2 |
| Baja | | | | | | | |
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | 2 | 2 | -2 | 3 | 5 | 1.25 |
| 2 | Daya Dukung | 1 | 1 | 3 | -1 | 4 | 1 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 2 | 2 | 3 | -1 | 6 | 1.5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -2 | -1 | 3 | 1 | 1 | 0.25 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 1 | 1 | -1 | 2 | 0.5 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | -1 | 1 | 3 | -1 | 2 | 0.5 |
| Komposit | | | | | | | |
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | -3 | -3 | -3 | 1 | -8 | -2 |
| 2 | Daya Dukung | 2 | 2 | 3 | 1 | 8 | 2 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | -2 | -1 | -2 | -1 | -6 | -1.5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -1 | 1 | -2 | -1 | -3 | -0.75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | -1 | -1 | -2 | -1 | -5 | -1.25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 1 | 1 | -2 | -1 | -1 | -0.25 |

Lanjutan Tabel 5.17 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Kolom

| Precast | | | | | | | |
|---------|--------------------------|----|----|----|----|-------|-------|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | -2 | -3 | -1 | 1 | -5 | -1.25 |
| 2 | Daya Dukung | 1 | 2 | 2 | 2 | 7 | 1.75 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | 1.5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -1 | -1 | -1 | 1 | -2 | -0.5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 0 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | -1 | -1 | 3 | 1 | 2 | 0.5 |

Tabel 5. 18 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain Pekerjaan Pelat

| Beton Bertulang | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|----|----|----|----|-------|-------|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | -1 | -1 | -2 | 1 | -3 | -0.75 |
| 2 | Daya Dukung | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | 2 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 2 | 1 | -3 | -2 | -2 | -0.5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 3 | 2 | -1 | 7 | 1.75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1.25 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 2 | 3 | 3 | 1 | 9 | 2.25 |
| Baja | | | | | | | |
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | 1 | 1 | -3 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | Daya Dukung | 1 | 1 | 3 | -2 | 3 | 0.75 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 1 | 2 | 3 | -1 | 5 | 1.25 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -1 | -2 | -3 | -1 | -7 | -1.75 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 1 | 3 | -1 | 4 | 1 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | -1 | -1 | 1 | -1 | -2 | -0.5 |
| Komposit | | | | | | | |
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | 2 | 1 | 3 | 1 | 7 | 1.75 |
| 2 | Daya Dukung | 2 | 2 | 2 | 1 | 7 | 1.75 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 2 | 2 | 3 | 1 | 8 | 2 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 2 | 3 | 1 | 9 | 2.25 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 | 2 | 1 | 1 | 7 | 1.75 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | 2 | 3 | 3 | 1 | 9 | 2.25 |

**Lanjutan Tabel 5.18 Hasil Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain
Pekerjaan Pelat**

| Precast | | | | | | | |
|---------|--------------------------|----|----|----|----|-------|------|
| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Total | Ket |
| 1 | Biaya Awal | 2 | -3 | -2 | 1 | -2 | -0.5 |
| 2 | Daya Dukung | 1 | 2 | 2 | 2 | 7 | 1.75 |
| 3 | Waktu Pelaksanaan | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | 1.5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | -1 | -2 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| 6 | Sarana Kerja (Peralatan) | -1 | -1 | 2 | 1 | 1 | 0.25 |

**Tabel 5. 19 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain
Pekerjaan Balok**

| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | Total Nilai |
|----|-----------------|--------------------------|------------------|----------------|-------------|
| 1 | Beton bertulang | Biaya awal | 1.25 | | 7.25 |
| | | Daya dukung | 2.5 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | | -0.25 | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 1.75 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 0 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 2 | | |
| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | Total Nilai |
| 2 | Baja | Biaya awal | | -0.25 | 7.25 |
| | | Daya dukung | 2 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 2.5 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 0.5 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 1.25 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 1.25 | | |

**Lanjutan Tabel 5. 19 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian
Desain Pekerjaan Balok**

| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | Total Nilai |
|----|----------------|--------------------------|------------------|----------------|-------------|
| 3 | Komposit | Biaya awal | | -2.5 | -1.25 |
| | | Daya dukung | 2.5 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | | -0.75 | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 0 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | | -0.75 | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 0.25 | | |
| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | Total Nilai |
| 4 | Precast | Biaya awal | | -2.25 | 0.75 |
| | | Daya dukung | 1.5 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 2 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | | -0.5 | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 0 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 0 | | |

**Tabel 5. 20 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain
Pekerjaan Kolom**

| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | Total Nilai |
|----|-----------------|--------------------------|------------------|----------------|-------------|
| 1 | Beton bertulang | Biaya awal | 0,25 | | 6,75 |
| | | Daya dukung | 2,5 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 0 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 2 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 0 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 2 | | |
| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai | | Total Nilai |
| 2 | Baja | Biaya awal | 1,25 | | 5 |
| | | Daya dukung | 1 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 1,5 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 0,25 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 0,5 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 0,5 | | |

**Lanjutan Tabel 5. 20 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian
Desain Pekerjaan Kolom**

| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai | | Total Nilai |
|----|----------------|--------------------------|-------|-------|-------------|
| 3 | Komposit | Biaya awal | | -2 | -3,75 |
| | | Daya dukung | 2 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | | -1,5 | |
| | | Kemungkinan Implementasi | | -0,75 | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | | -1,25 | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | | -0,25 | |
| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai | | Total Nilai |
| 4 | Precast | Biaya awal | | -1,25 | 2 |
| | | Daya dukung | 1,75 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 1,5 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | | -0,5 | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 0 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 0,5 | | |

**Tabel 5. 21 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian Desain
Pekerjaan Pelat**

| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai Keuntungan | Nilai Kerugian | Total Nilai |
|----|-----------------|--------------------------|------------------|----------------|-------------|
| 1 | Beton bertulang | Biaya awal | | -0,75 | 6 |
| | | Daya dukung | 2 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | | -0,5 | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 1,75 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 1,25 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 2,25 | | |
| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai | | Total Nilai |
| 2 | Baja | Biaya awal | 0 | | 0,75 |
| | | Daya dukung | 0,75 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 1,25 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | | -1,75 | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 1 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | | -0,5 | |

**Lanjutan Tabel 5. 21 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan dan Kerugian
Desain Pekerjaan Pelat**

| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai | | Total Nilai |
|----|---|--------------------------|-------|------|-------------|
| 3 | Komposit (<i>floordeck & wiremesh</i>) | Biaya awal | 1,75 | | 11,75 |
| | | Daya dukung | 1,75 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 2 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 2,25 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 1,75 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 2,25 | | |
| No | Ide Spekulatif | Kriteria | Nilai | | Total Nilai |
| 4 | Precast | Biaya awal | | -0,5 | 4 |
| | | Daya dukung | 1,75 | | |
| | | Waktu pelaksanaan | 1,5 | | |
| | | Kemungkinan Implementasi | 0 | | |
| | | Kesulitan pelaksanaan | 1 | | |
| | | Sarana kerja (Peralatan) | 0,25 | | |

Hasil analisis pada metode keuntungan dan kerugian diperoleh kesimpulan bahwa jenis desain pekerjaan yang memiliki nilai keuntungan terbesar pada pekerjaan balok sebesar 7,25 menggunakan beton bertulang, pekerjaan kolom sebesar 6,75 menggunakan beton bertulang dan pekerjaan pelat sebesar 11,75 menggunakan komposit.

5.3.3 Analisis Metode *Zero-One*

Tahap analisis metode *zero-one* dilakukan analisis dengan cara memberikan penilaian kriteria kriteria yang ditetapkan dan membandingkan ide-ide spekulatif yang ditetapkan dengan acuan penting dan kurang penting. Hasil analisis metode *zero-one* pada penelitian ini dapat dilihat pada langkah-langkah dibawah ini.

1. Penilaian Kriteria

Penilaian kriteria dilakukan dengan memberikan nilai satu sampai enam untuk kriteria yang paling penting sampai kriteria yang dianggap tidak terlalu penting. Berikut hasil penilaian kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5. 22 Penilaian Kriteria

| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 |
|----|--------------------------|----|----|----|----|
| 1 | Biaya awal | 2 | 3 | 4 | 2 |
| 2 | Daya dukung | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 4 | Kemungkinan implementasi | 4 | 2 | 5 | 5 |
| 5 | Tingkat kesulitan | 5 | 5 | 1 | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 6 | 6 | 6 | 6 |

Hasil penilaian berdasarkan urutan pentingnya kriteria dihitung dengan penilaian sebagai berikut: Penilaian dengan urutan atau ranking 1 mempunyai nilai 6, ranking 2 mempunyai nilai 5, ranking 3 mempunyai nilai 4, dan seterusnya. Adapun hasil dari persentasi pentingnya kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5. 23 Nilai Persentasi Pentingnya Kriteria

| No | Kriteria | R1 | R2 | R3 | R4 | Rata-Rata | Nilai Persentasi |
|-------|--------------------------|----|----|----|----|-----------|------------------|
| 1 | Biaya awal | 5 | 4 | 3 | 6 | 4.5 | 21.429 |
| 2 | Daya dukung | 6 | 6 | 4 | 1 | 4.25 | 20.238 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 | 3 | 5 | 2 | 3.5 | 16.667 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | 5 | 2 | 5 | 3.75 | 17.857 |
| 5 | Kesulitan pelaksanaan | 2 | 2 | 6 | 4 | 3.5 | 16.667 |
| 6 | Sarana kerja (Peralatan) | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.5 | 7.143 |
| Total | | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 100.000 |

2. Penilaian Indeks

Penilaian indeks dilakukan memberikan nilai satu kepada ide spekulatif yang dianggap penting dan nilai nol kepada ide spekulatif yang dianggap tidak penting. Berikut hasil penilaian indeks dapat dilihat pada Tabel 5.24, Tabel 5.25, Tabel 5.26, Tabel 5.27, Tabel 5.28, Tabel 5.29, Tabel 5.30, Tabel 5.31, Tabel 5.32, Tabel 5.33, Tabel 5.34, Tabel 5.35, Tabel 5.36, Tabel 5.37, Tabel 5.38, Tabel 5.39, dan Tabel 5.40, dan Tabel 5.41 berikut.

a. Penilaian Indeks Balok

Tabel 5. 24 Penilaian dengan Zero-One terhadap kriteria Biaya

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 1 | 1 | 2 | 1/3 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 0 | 0 | 0 |
| 4 | D | 0 | 0 | 1 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria biaya awal adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt.A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B > C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. C & D Alt. B kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. C | $C < A$ | $C < B$ | $C < D$ | Alt.C kurang unggul dari Alt. A, B, & D |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D > C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. C Alt. D kurang unggul dari Alt. A & B |

Tabel 5. 25 Penilaian dengan Zero-One terhadap kriteria Daya Dukung

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 1 | 2 | 1/3 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria daya dukung adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt.A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. D Alt. B kurang unggul dari Alt. A & C |
| Alt. C | $C < A$ | $C > B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. B & D Alt. C kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

Tabel 5. 26 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap kriteria Waktu Pelaksanaan

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 0 | 1 | 0 | 1 | 1/6 |
| 2 | B | 1 | x | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 0 | 0 | 0 |
| 4 | D | 1 | 0 | 1 | x | 2 | 1/3 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria waktu pelaksanaan adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A < B$ | $A > C$ | $A < D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. C Alt. A kurang unggul dari Alt. B & D |
| Alt. B | $B > A$ | $B > C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. A, C, & D |
| Alt. C | $C < A$ | $C < B$ | $C < D$ | Alt. C kurang unggul dari Alt. A, B, & D |
| Alt. D | $D > A$ | $D < B$ | $D > C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. A & C Alt. D kurang unggul dari Alt. B |

Tabel 5. 27 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap kriteria Kemungkinan Implementasi

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 0 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 0 | 1 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria kemungkinan implementasi adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. D Alt. B kurang unggul dari Alt. A & C |
| Alt. C | $C < A$ | $C > B$ | $C < D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. A, B Alt. C kurang unggul dari Alt. D |

Alt. D $D < A$ $D < B$ $D > C$ Alt. D lebih unggul dari Alt. C
 Alt. D kurang unggul dari Alt. A & B

Tabel 5. 28 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap kriteria Kesulitan Pelaksanaan

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 1 | 0 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 1 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 1 | 0 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria kesulitan pelaksanaan adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | Keterangan |
|------------|-------------------------|---|
| Alt. A | $A > B$ $A > C$ $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ $B > C$ $B < D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. C Alt. B kurang unggul dari Alt. A & D |
| Alt. C | $C < A$ $C < B$ $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. D Alt. C kurang unggul dari Alt. A & B |
| Alt. D | $D < A$ $D > B$ $D < C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. A & C Alt. D kurang unggul dari Alt. B |

Tabel 5. 29 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap kriteria Sarana Kerja (Peralatan)

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 1 | 2 | 1/3 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria sarana kerja (peralatan) adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. A & C Alt. B kurang unggul dari Alt. D |
| Alt. C | $C < A$ | $C > B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. B & D Alt. C kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

b. Penilaian Indeks Kolom

Tabel 5. 30 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap kriteria Biaya

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 1 | 1 | 2 | 1/3 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 0 | 0 | 0 |
| 4 | D | 0 | 0 | 1 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria biaya awal adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B > C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. C & D Alt. B kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. C | $C < A$ | $C < B$ | $C < D$ | Alt. C kurang unggul dari Alt. A, B & D |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D > C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. C Alt. D kurang unggul dari Alt. A & B |

Tabel 5. 31 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Daya Dukung

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 1 | 2 | 1/3 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria daya dukung adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. D Alt. B kurang unggul dari Alt. A & C |
| Alt. C | $C < A$ | $C > B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. B & D Alt. C kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

Tabel 5. 32 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Waktu Pelaksanaan

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 0 | 1 | 0 | 1 | 1/6 |
| 2 | B | 1 | x | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 0 | 0 | 0 |
| 4 | D | 1 | 0 | 1 | x | 2 | 1/3 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria waktu pelaksanaan adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A < B$ | $A > C$ | $A < D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. C Alt. A kurang unggul dari Alt. B & D |
| Alt. B | $B > A$ | $B > C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. A, C, & D |
| Alt. C | $C < A$ | $C < B$ | $C < D$ | Alt. C kurang unggul dari Alt. A, B, & D |
| Alt. D | $D > A$ | $D < B$ | $D > C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. A & C Alt. D kurang unggul dari Alt. B |

Tabel 5. 33 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Kemungkinan Implementasi

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 1 | 2 | 1/3 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria kemungkinan implementasi adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C & D |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. D Alt. B kurang unggul dari Alt. A & C |
| Alt. C | $C < A$ | $C > B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. B & D Alt. C kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

Tabel 5. 34 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Kesulitan Pelaksanaan

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 1 | 0 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 1 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 1 | 0 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria kesulitan pelaksanaan adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, dan D |
| Alt. B | $B < A$ | $B > C$ | $B < D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. C Alt. B kurang unggul dari Alt. A & D |
| Alt. C | $C < A$ | $C < B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. D Alt. C kurang unggul dari Alt. A & B |
| Alt. D | $D < A$ | $D > B$ | $D < C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. A & C Alt. D kurang unggul dari Alt. B |

Tabel 5. 35 Penilaian dengan Zero-One terhadap Sarana Kerja (Peralatan)

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 1 | 2 | 1/3 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria sarana kerja (peralatan) adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|---|
| Alt. A | $A > B$ | $A > C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C, & D |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. A & C Alt. B kurang unggul dari Alt. D |
| Alt. C | $C < A$ | $C > B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. B & D Alt. C kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

c. Penilaian Indeks Pelat

Tabel 5. 36 Penilaian dengan Zero-One terhadap Biaya Awal

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 0 | 1 | 2 | 1/3 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | C | 1 | 1 | x | 1 | 3 | 1/2 |
| 4 | D | 0 | 1 | 0 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria biaya awal adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | | | Keterangan |
|------------|------------|---------|---------|--|
| Alt. A | $A > B$ | $A < C$ | $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B & D Alt. A kurang unggul dari C |
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B < D$ | Alt. B kurang unggul dari Alt. A, C & D |
| Alt. C | $C > A$ | $C > B$ | $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. A, B & D |

Alt. D $D < A$ $D > B$ $D < C$ Alt. D lebih unggul dari Alt. B
 Alt. D kurang unggul dari Alt. A & C

Tabel 5. 37 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Daya Dukung

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 0 | 1 | 2 | 1/3 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 1 | 1 | x | 1 | 3 | 1/2 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria daya dukung adalah sebagai berikut

| Alternatif | Preferensi | Keterangan |
|------------|-------------------------|---|
| Alt. A | $A > B$ $A < C$ $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B & D Alt. A kurang unggul dari C |
| Alt. B | $B < A$ $B < C$ $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. D Alt. B kurang unggul dari Alt. A & C |
| Alt. C | $C > A$ $C > B$ $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. A, B & D |
| Alt. D | $D < A$ $D < B$ $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

Tabel 5. 38 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Waktu Pelaksanaan

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 0 | 1 | 2 | 1/3 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | C | 1 | 1 | x | 1 | 3 | 1/2 |
| 4 | D | 0 | 1 | 0 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria waktu pelaksanaan adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | Keterangan |
|------------|-------------------------|--|
| Alt. A | $A > B$ $A < C$ $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B & D Alt. A kurang unggul dari C |
| Alt. B | $B < A$ $B < C$ $B < D$ | Alt. B kurang unggul dari Alt. A, C & D |
| Alt. C | $C > A$ $C > B$ $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. A, B & D |

Alt. D $D < A$ $D > B$ $D < C$ Alt. D lebih unggul dari Alt. B
 Alt. D kurang unggul dari Alt. A & C

Tabel 5. 39 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Kemungkinan Implementasi

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 1 | 1 | 2 | 1/3 |
| 3 | C | 0 | 0 | x | 1 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria kemungkinan implementasi adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | Keterangan |
|------------|-------------------------|---|
| Alt. A | $A > B$ $A > C$ $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C & D |
| Alt. B | $B < A$ $B > C$ $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. C & D Alt. B kurang unggul dari Alt. A |
| Alt. C | $C < A$ $C < B$ $C > D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. D Alt. C kurang unggul dari Alt. A & B |
| Alt. D | $D < A$ $D < B$ $D < C$ | Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

Tabel 5. 40 Penilaian dengan *Zero-One* terhadap Kesulitan Pelaksanaan

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 0 | 1 | 2 | 1/3 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 1 | 1 | 1/6 |
| 3 | C | 1 | 1 | x | 0 | 2 | 1/3 |
| 4 | D | 0 | 0 | 1 | x | 1 | 1/6 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria kesulitan pelaksanaan adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | Keterangan |
|------------|-------------------------|---|
| Alt. A | $A > B$ $A < C$ $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B & D Alt. A kurang unggul dari Alt. C |

| | | | | |
|--------|---------|---------|---------|--|
| Alt. B | $B < A$ | $B < C$ | $B > D$ | Alt. B lebih unggul dari Alt. A Alt. B kurang unggul dari Alt. C & D |
| Alt. C | $C > A$ | $C > B$ | $C < D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. A & B Alt. C kurang unggul dari Alt. D |
| Alt. D | $D < A$ | $D < B$ | $D > C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. C Alt. D kurang unggul dari Alt. A, B & C |

Tabel 5. 41 Penilaian dengan Zero-One terhadap Sarana Kerja (Peralatan)

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | x | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | B | 0 | x | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | C | 0 | 1 | x | 0 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 1 | 1 | x | 2 | 1/3 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan penilaian indeks terhadap kriteria sarana kerja (peralatan) adalah sebagai berikut.

| Alternatif | Preferensi | Keterangan |
|------------|-------------------------|---|
| Alt. A | $A > B$ $A > C$ $A > D$ | Alt. A lebih unggul dari Alt. B, C & D |
| Alt. B | $B < A$ $B < C$ $B < D$ | Alt. B kurang unggul dari Alt. A, C & D |
| Alt. C | $C < A$ $C > B$ $C < D$ | Alt. C lebih unggul dari Alt. B Alt. C kurang unggul dari Alt. A & D |
| Alt. D | $D < A$ $D > B$ $D > C$ | Alt. D lebih unggul dari Alt. B & C Alt. D kurang unggul dari Alt. A |

3. Matriks Evaluasi

Matriks evaluasi dilakukan dengan mengkalikan nilai hasil dari penilaian kriteria dengan penilaian indeks, sehingga didapatkan hasil pembobotan. Berikut hasil matriks evaluasi dapat dilihat pada Tabel 5.42, Tabel 5.43, Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5. 42 Pembobotan Metode Zero One pada Balok

| No. | Alternatif | Kriteria | | | | | | Total |
|-----|------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | |
| 1 | A | 21,43 | 20,24 | 16,67 | 17,86 | 16,67 | 7,14 | 44,44 |
| | | 1/2 | 1/2 | 1/6 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | |
| 2 | B | 10,71 | 10,12 | 2,78 | 8,93 | 8,33 | 3,57 | 25,79 |
| | | 1/3 | 1/6 | 1/2 | 1/6 | 1/6 | 1/6 | |
| 3 | C | 7,14 | 3,37 | 8,33 | 2,98 | 2,78 | 1,19 | 14,88 |
| | | 0 | 1/3 | 0 | 1/6 | 1/6 | 1/3 | |
| 4 | D | 0,00 | 6,75 | 0,00 | 2,98 | 2,78 | 2,38 | 14,88 |
| | | 1/6 | 0 | 1/3 | 1/6 | 1/6 | 0 | |
| | | 3,57 | 0,00 | 5,56 | 2,98 | 2,78 | 0,00 | |

Tabel 5. 43 Pembobotan Metode Zero One pada Kolom

| No. | Alternatif | Kriteria | | | | | | Total |
|-----|------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | |
| 1 | A | 21,43 | 20,24 | 16,67 | 17,86 | 16,67 | 7,14 | 44,44 |
| | | 1/2 | 1/2 | 1/6 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | |
| 2 | B | 10,71 | 10,12 | 2,78 | 8,93 | 8,33 | 3,57 | 25,79 |
| | | 1/3 | 1/6 | 1/2 | 1/6 | 1/6 | 1/6 | |
| 3 | C | 7,14 | 3,37 | 8,33 | 2,98 | 2,78 | 1,19 | 17,86 |
| | | 0 | 1/3 | 0 | 1/3 | 1/6 | 1/3 | |
| 4 | D | 0,00 | 6,75 | 0,00 | 5,95 | 2,78 | 2,38 | 11,90 |
| | | 1/6 | 0 | 1/3 | 0 | 1/6 | 0 | |
| | | 3,57 | 0,00 | 5,56 | 0,00 | 2,78 | 0,00 | |

Tabel 5. 44 Pembobotan Metode Zero One pada Pelat

| No. | Alternatif | Kriteria | | | | | | Total |
|-----|------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | |
| 1 | A | 21,43 | 20,24 | 16,67 | 17,86 | 16,67 | 7,14 | 37,50 |
| | | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/2 | 1/3 | 1/2 | |
| 2 | B | 7,14 | 6,75 | 5,56 | 8,93 | 5,56 | 3,57 | 12,10 |
| | | 0 | 1/6 | 0 | 1/3 | 1/6 | 0 | |
| 3 | C | 0,00 | 3,37 | 0,00 | 5,95 | 2,78 | 0,00 | 38,89 |
| | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/6 | 1/3 | 1/6 | |
| 4 | D | 10,71 | 10,12 | 8,33 | 2,98 | 5,56 | 1,19 | 11,51 |
| | | 1/6 | 0 | 1/6 | 0 | 1/6 | 1/3 | |
| | | 3,57 | 0,00 | 2,78 | 0,00 | 2,78 | 2,38 | |

Keterangan:

Alternatif A = Beton bertulang

Alternatif B = Baja

Alternatif C = Komposit

Alternatif D = Precast

Kriteria I = Biaya Awal

Kriteria II = Daya dukung

Kriteria III = Waktu pelaksanaan

Kriteria IV = Kemungkinan implementasi

Kriteria V = Kesulitan pelaksanaan

Kriteria VI = Sarana kerja (peralatan)

Hasil analisis pada metode *zero-one* diperoleh kesimpulan bahwa jenis desain pekerjaan yang memiliki nilai terbesar pada pekerjaan balok sebesar 44,44 menggunakan beton bertulang, pekerjaan kolom sebesar 44,44 menggunakan beton bertulang dan pekerjaan pelat sebesar 38,89 menggunakan komposit.

5.4 Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan ini, merupakan tahap dimana ide-ide kreatif yang terpilih pada tahapan sebelumnya dengan pertimbangan keuntungan dan kerugiannya, tingkat kelayakan serta pembobotan terhadap parameter kriteria yang mempengaruhi penilaian, selanjutnya dikembangkan dengan memperhitungkan secara teknis dan memperhitungkan potensial biaya pada alternatif terpilih. Perhitungan teknis struktur terpilih harus mempunyai kriteria perencanaan yang sama atau lebih baik dengan mengacu pada perencanaan desain struktur awal.

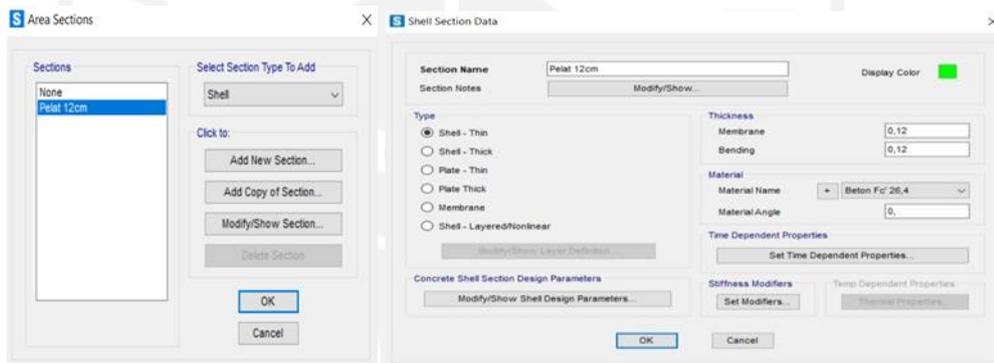
Perhitungan potensi penghematan, untuk menghitung biaya desain alternatif terpilih digunakan harga satuan sesuai kontrak (awal) tanpa memperhitungkan kenaikan harga pada saat kontrak terjadi.

5.4.1 Data Beban

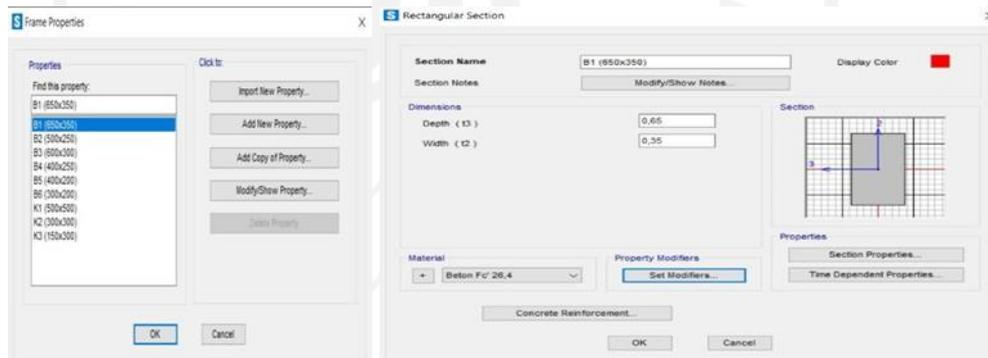
Data beban yang digunakan berdasarkan perhitungan peneliti berdasarkan SNI 1727-2013. Penggunaan SNI 1727-2013 berdasarkan perencanaan yang ada di lapangan. Berikut data beban yang akan digunakan.

1. Beban mati

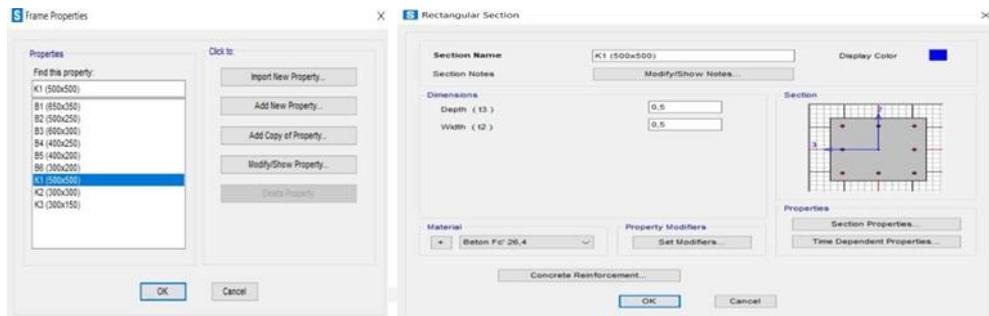
Beban mati terdiri dari berat komponen utama bangunan yang meliputi balok, kolom dan pelat. Berat komponen utama ini dihitung otomatis oleh program SAP 2000 berdasarkan data *input* data material dan bentuk tampang elemen yang diberikan. Contoh input penampang struktur disajikan pada Gambar 5.2, Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5. 2 Penampang Pelat



Gambar 5. 3 Penampang Balok



Gambar 5. 4 Penampang Kolom

2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan terdiri dari berat elemen tambahan yang bersifat permanen. Perhitungan berat elemen tambahan dapat dilihat sebagai berikut.

a. Berat penutup pelat lantai

1) Berat keramik

$$\begin{aligned} \text{Berat satuan} &= 24 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Tebal} &= 0,01 \text{ m} \\ \text{Berat} &= 0,01 \times 24 = 0,24 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2) Berat spesi

$$\begin{aligned} \text{Berat satuan} &= 21 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Tebal} &= 0,03 \text{ m} \\ \text{Berat} &= 0,03 \times 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3) Berat pasir

$$\begin{aligned} \text{Berat satuan} &= 18 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Tebal} &= 0,05 \text{ m} \\ \text{Berat} &= 0,05 \times 18 = 0,9 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4) Berat plafond dan penggantung

$$\begin{aligned} \text{Berat plafond} &= 0,11 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat penggantung} &= 0,07 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Berat total penutup lantai} = 0,24 + 0,63 + 0,9 + 0,18 = 1,95 \text{ kN/m}^2$$

b. Berat penutup pelat atap

1) Berat *water proofing*

$$\begin{aligned} \text{Berat satuan} &= 24 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Tebal} &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat} = 0,03 \times 24 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

2) Berat plafond dan penggantung

$$\text{Berat plafond} = 0,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat penggantung} = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

3) Berat komponen ME

$$\text{Berat komponen ME adalah } 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat total penutup dak dan komponen ME} = 0,72 + 0,17 + 0,25 = 1,14 \text{ kN/m}^2$$

c. Berat dinding pasangan bata

Berat dinding pasangan bata dihitung manual berdasarkan acuan berat satuan pada SKBI PPPURG 1987 (250 kg/m²) setinggi rata-rata pasangan dinding bata.

3. Beban Hidup

Beban hidup meliputi beban akibat penggunaan bangunan. besar beban hidup sesuai dengan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, dapat dilihat pada Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5. 45 Rekapitulasi Beban Hidup Bangunan

| No | Beban Hidup | Fungsi | Nilai | Satuan |
|----|--------------|--|-------|-------------------|
| 1. | Pelat lantai | Perkantoran | 250 | Kg/m ² |
| 2. | Pelat lantai | Hall, lobby, ruang arsip, ruang pertemuan | 479 | Kg/m ² |
| 3 | Pelat dak | Dak beton | 192 | Kg/m ² |
| 4 | Atap | Atap | 135 | Kg/m ² |

4. Beban Gempa

Beban gempa diberikan mengacu pada SNI 03-1726-2012 untuk gempa pada daerah Kabupaten Kulon Progo.

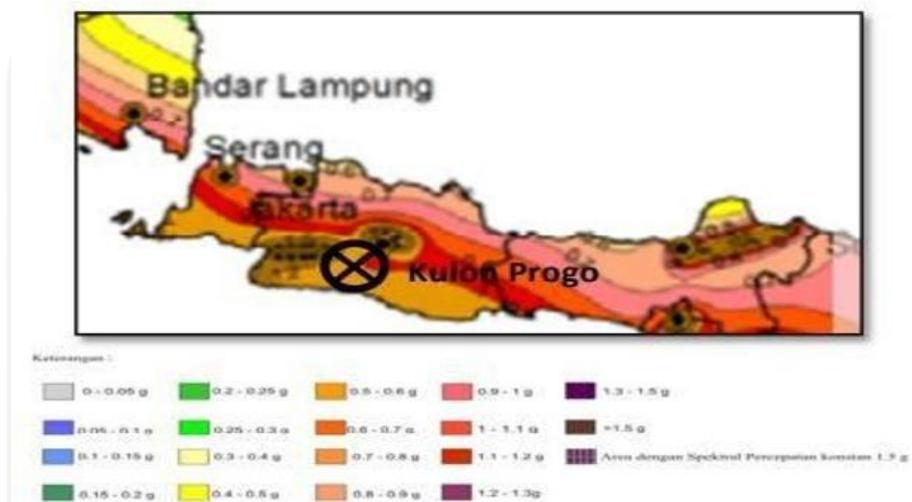
a. Parameter percepatan respon spektral periodik

Parameter percepatan spektral diperoleh dari peta zonasi pada SNI 03-1726-2012 dan diperoleh parameter untuk Kabupaten Kulon Progo yaitu:

1) $S_s = 1,241 \text{ g}$

2) $S_1 = 0,456 \text{ g}$

Lokasi zona gempa Kabupaten Kulon Progo disajikan pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5. 5 Percepatan Respon Spektral Periode Pendek



Gambar 5. 6 Percepatan Respon Spektral Periode 1,0 Detik

Koefisien situs berdasar parameter percepatan respon spektral Kabupaten Kulon Progo untuk jenis tanah tipe tanah sedang (SD) yaitu:

3) $F_a = 1,004$

$$4) F_v = 1,544$$

Parameter percepatan respon spektral periodik yang telah disesuaikan dengan kelas situs yaitu :

5) Untuk periode pendek

$$SMS = F_a \times S_s = 1,00 \times 1,245 = 1,245 \text{ g}$$

6) Untuk periode 1,0 detik

$$SM1 = F_v \times S1 = 1,00 \times 0,456 = 0,704 \text{ g}$$

b. Parameter percepatan respon spektral desain

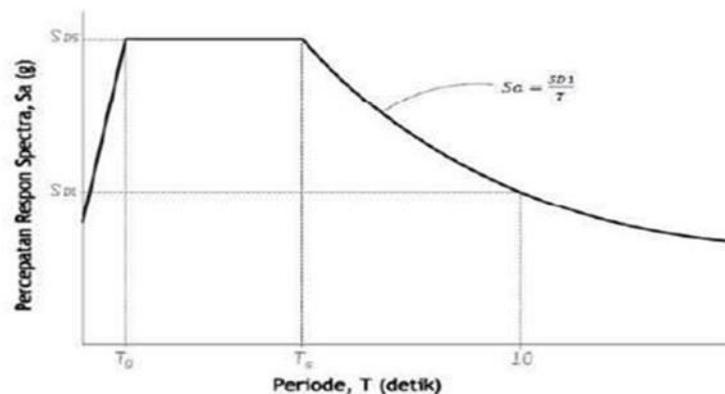
Desain respon spektra gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 disajikan seperti pada Gambar 5.7 berikut.

1) Parameter percepatan respon spektral desain periode pendek

$$SDS = \frac{2}{3} \times SMS = \frac{2}{3} \times 1,245 = 0,830 \text{ g}$$

2) Parameter percepatan respon spektral desain periode 1,0 detik

$$SD1 = \frac{2}{3} \times SM1 = \frac{2}{3} \times 0,456 = 0,469 \text{ g}$$



Gambar 5.7 Desain Respon Spektra

c. Periode getar fundamental

$$1) T_0 = 0,2 \times \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \times \frac{0,469}{0,830} = 0,113$$

$$2) T_s = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,469}{0,830} = 0,565$$

d. Respon spektrum desain

1) Percepatan respon spektra untuk $T < T_0$

$$S_a = SDS \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) = 0,830 \left(0,4 \right) = 0,332 \text{ g (saat } T=0)$$

2) Percepatan respon spektra untuk $T_0 < T < T_s$

$$S_a = SDS = 0,830 \text{ g}$$

3) Percepatan respon spektra untuk $T > T_S$

$$S_a = SDS/T, \text{ nilai } T = 0,25$$

e. Faktor skala

Faktor skala yang diberikan meliputi:

1) Faktor konversi satuan.

Percepatan respon spektra dalam satuan g (gravitasi) sehingga dalam perhitungan dikali nilai 9,81 m/s².

2) Faktor keutamaan bangunan, I.

adalah faktor yang diambil sesuai dengan fungsi penggunaan bangunan, berdasarkan SNI 03-1726-2012, untuk bangunan gedung arsip dan perkantoran, nilai I diambil sebesar 1,5.

3) Faktor reduksi kekuatan, R.

adalah koefisien modifikasi respon berdasarkan sistem penahan gaya gempa yang dimiliki oleh struktur, berdasar SNI 03-1726-2012, untuk bangunan portal beton bertulang biasa nilai R diambil sebesar 5, sehingga faktor skala yang diberikan sebesar $(I \times g)/R = (1,5 \times 9,81)/5 = 2,943 \text{ m/s}^2$.

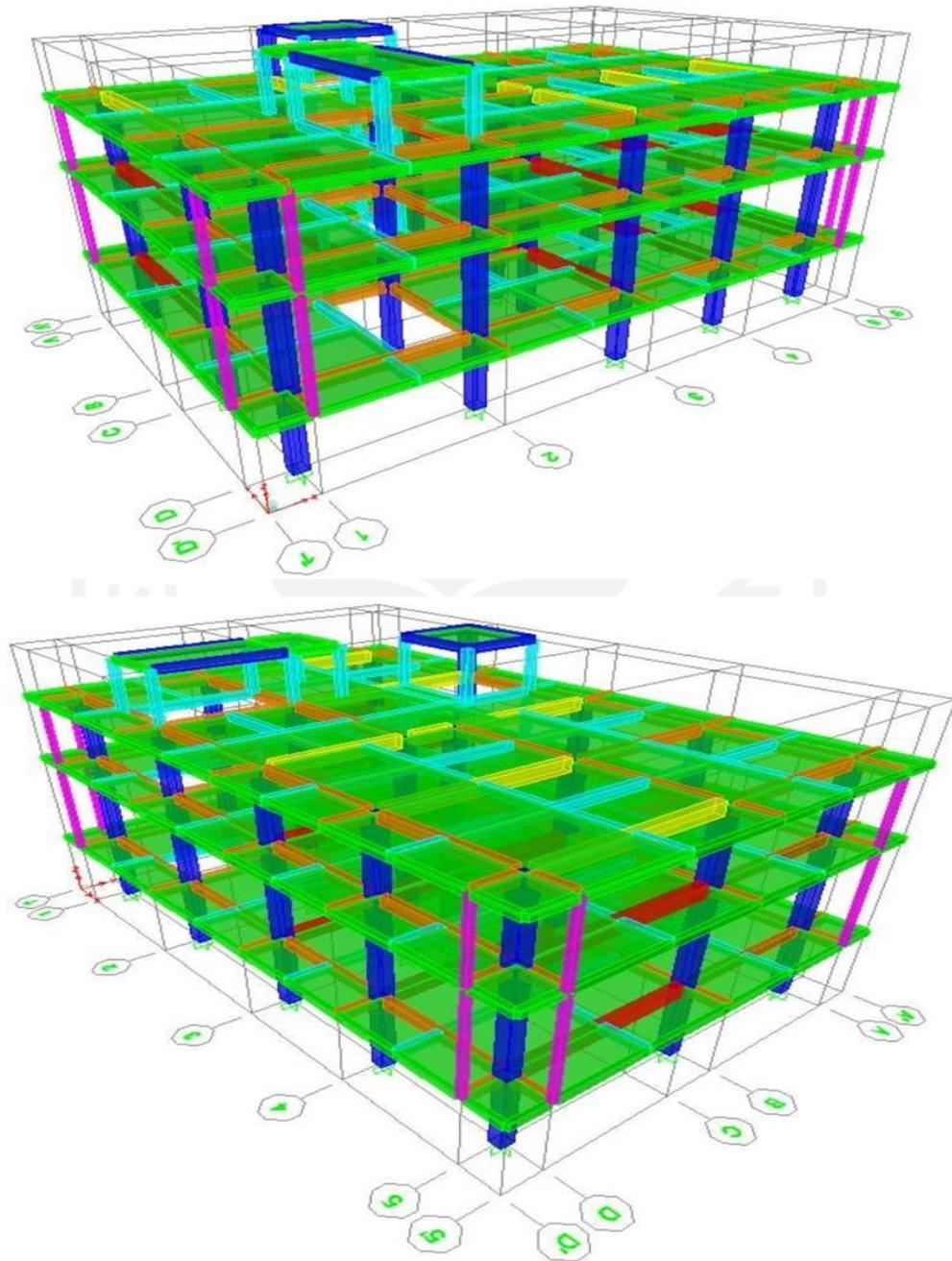
5. Beban Kombinasi

Struktur dimodelkan berdasar gambar rencana dan dianalisis dengan kombinasi beban berdasar SNI 1727-2013 sebagai berikut.

- a. 1,4 D
- b. 1 D + 1 L
- c. 1,2 D + 1,6 L
- d. 1,2 D + 1 L ± Ex
- e. 1,2 D + 1 L ± Ey
- f. 0,9 D ± Ex
- g. 0,9 D ± Ey

5.4.2 Permodelan Struktur SAP 2000

Permodelan dilakukan dengan program SAP2000 dengan permodelan 3 dimensi yang disajikan pada Gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5. 8 Permodelan 3-Dimensi

5.4.3 Hasil Perhitungan

Dari hasil pemodelan struktur sesuai gambar rencana, dilakukan pengecekan keamanan struktur terhadap input pembebanan dan kombinasi pembebanan yang diberikan dan diperoleh hasil berikut.

1. Periode Fundamental Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012, penentuan periode fundamental struktur (T) berdasarkan properti struktur dan deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Adapun syarat penentuan periode fundamental struktur sebagai berikut.

- a. $T_a < T_c < C_u T_a$, maka $T_{pakai} = T_c$
- b. $C_u T_a < T_c$, maka $T_{pakai} = C_u T_a$
- c. $T_c < T_a$, maka $T_{pakai} = T_c$

Periode fundamental pendekatan (T_a), ditentukan berdasarkan Persamaan 5.1 berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (5.1)$$

Keterangan :

- T_a = Periode fundamental pendekatan
- C_t = Koefisien C_t (ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15)
- H_{tot} = ketinggian total struktur
- x = Koefisien x (ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15)
- C_u = Koefisien C_u (ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 14)
- T_c = Periode fundamental dari perhitungan SAP 2000

Berikut perhitungan periode fundamental struktur.

- a. $T_a = 0,0466 \times 14,850,9 = 0,528$ detik
- b. $C_u T_a = 1,4 \times 0,528 = 0,740$ detik
- c. $T_c = 0,710$ detik

2. Gaya Geser Dasar

Kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen

maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 \times \frac{V}{V_t}$ Adapun kombinasi respons gaya geser dasar dapat dilihat pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5. 46 Kombinasi Respons Gaya Geser Dasar

| Arah Gaya | Gaya Static | 0,85 Gaya Static | Gaya Dinamik | Keterangan |
|-----------|-------------|------------------|--------------|--------------------------------|
| | (Kn) | (Kn) | (Kn) | |
| X | 1044,868 | 888,1378 | 1642,194 | 0,85Gaya static < Gaya Dinamik |
| Y | 1044,868 | 888,1378 | 1597,99 | 0,85Gaya static < Gaya Dinamik |

3. Simpangan Antar Lantai

Dalam peninjauan simpangan antar lantai, dapat diketahui data simpangan tersebut pada aplikasi SAP2000 dengan menunjukkan tabel pada bagian *story drift*. Data tersebut diambil dari titik sudut bangunan tiap lantai, maka pada tabel tersebut akan terlihat nilai simpangan arah X dan Y yang terbesar dan terkecil. Konfigurasi bangunan pada perencanaan ini persegi, sehingga memiliki 4 titik peninjauan dalam analisa simpangan antar lantai. Simpangan antar lantai tersebut dapat disimbolkan dengan huruf Δ (delta). Untuk menghitung delta dapat digunakan rumus Persamaan 5.2 dan Persamaan 5.3 berikut.

$$\Delta = \frac{(\text{Simp.Lt.atas} - \text{Simp.Lt.bawah}) \times Cd}{le} \quad (5.2)$$

$$\Delta a = 0,02 \times h_{sx} \quad (5.3)$$

Dengan syarat, $\Delta < \Delta a$

Keterangan:

le = Faktor keutamaan gempa

Cd = Koefisien Cd (SNI 1726-2012)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat acuan

Berikut hasil simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5. 47 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai

| Arah x | | | | | | | |
|--------|--------------------------|-----|-----|---------------|------|--------------------|-----|
| Lantai | Simpangan arah x (mm) | Cd | Ie | Δ (mm) | hsx | Δa (mm) | Ket |
| 1 | 7,508 | 4,5 | 1,5 | 22,524 | 3650 | 73 | Ok |
| 2 | 25,082 | 4,5 | 1,5 | 52,722 | 5000 | 100 | Ok |
| 3 | 31,504 | 4,5 | 1,5 | 19,266 | 3500 | 70 | Ok |
| 4 | 33,047 | 4,5 | 1,5 | 4,629 | 2700 | 54 | Ok |
| Arah y | | | | | | | |
| Lantai | Simpangan arah y (mm) | Cd | Ie | Δ (mm) | hsx | Δa (mm) | Ket |
| 1 | 6,267 | 4,5 | 1,5 | 18,801 | 3650 | 73 | Ok |
| 2 | 20,685 | 4,5 | 1,5 | 43,254 | 5000 | 100 | Ok |
| 3 | 25,881 | 4,5 | 1,5 | 15,588 | 3500 | 70 | Ok |
| 4 | 28,280 | 4,5 | 1,5 | 7,197 | 2700 | 54 | Ok |

4. Analisis P-Delta

Pengaruh dari P-Delta pada simpangan antar lantai bangunan tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) pada Persamaan 5.4 berikut sama dengan atau kurang dari 0,10.

$$\theta = \frac{PX.\Delta.Ie}{VX.hsx.Cd} \quad (5.4)$$

Keterangan:

P_x = beban vertikal kolom total tingkat acuan

Δ = dari simpangan antar lantai

V_x = gaya geser pada lantai acuan

syarat nilai θ tidak boleh lebih dari $\theta_{\max} = \frac{0,5}{\beta.Cd} \leq 0,25$

syarat nilai $\beta = 1$ untuk hasil yang konservatif.

Berikut contoh perhitungan pada lantai 1 sebagai berikut.

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{1 \times 4,5} = 0,111 \leq 0,25 \text{ (memenuhi)}$$

$$\theta = \frac{13059,651 \times 22,524 \times 1,5}{1642,194 \times 3650 \times 4,5} = 0,016 \leq 0,111 \text{ (memenuhi)}$$

Sesuai dengan syarat bahwa $\theta \leq \theta_{\max}$ OK

Hasil rekapitulasi dari perhitungan Kestabilan P-Delta dimasukkan kedalam Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5. 48 Rekapitulasi Kestabilan P-Delta

| Arah X | | | | | | | | | |
|--------|---------|------------------|-----|------------|-------------|-----|----------|----------------|------|
| Lantai | Px (Kn) | Δ (mm) | I | Vx (kN) | Hsx (mm) | Cd | Θ | Θ_{max} | Ket. |
| 1 | 13059,6 | 22,52 | 1,5 | 1642,19 | 3650 | 4,5 | 0,016 | 0,111 | Ok |
| 2 | 8010,2 | 52,72 | 1,5 | 1394,61 | 5000 | 4,5 | 0,020 | 0,111 | Ok |
| 3 | 3533,9 | 19,26 | 1,5 | 727,12 | 3500 | 4,5 | 0,009 | 0,111 | Ok |
| 4 | 287,742 | 4,62 | 1,5 | 71,23 | 2700 | 4,5 | 0,002 | 0,111 | Ok |
| Arah Y | | | | | | | | | |
| Lantai | Px (Kn) | Δ (mm) | I | Vx (kN) | Hsx (mm) | Cd | Θ | Θ_{max} | Ket. |
| 1 | 13059,6 | 18,801 | 1,5 | 1597,99 | 3650 | 4,5 | 0,014 | 0,111 | Ok |
| 2 | 8010,2 | 43,254 | 1,5 | 1357,57 | 5000 | 4,5 | 0,017 | 0,111 | Ok |
| 3 | 3533,9 | 15,588 | 1,5 | 705,06 | 3500 | 4,5 | 0,007 | 0,111 | Ok |
| 4 | 287,7 | 7,197 | 1,5 | 64,05 | 2700 | 4,5 | 0,004 | 0,111 | Ok |

5. Ketidakberaturan Horizontal

Struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan atau tidak beraturan, maka untuk mengetahui ketidakberaturannya perlu dilakukan pengecekan ketidakberaturan horizontal bangunan sesuai dengan pasal-pasal pada Tabel 5.49 berikut ini.

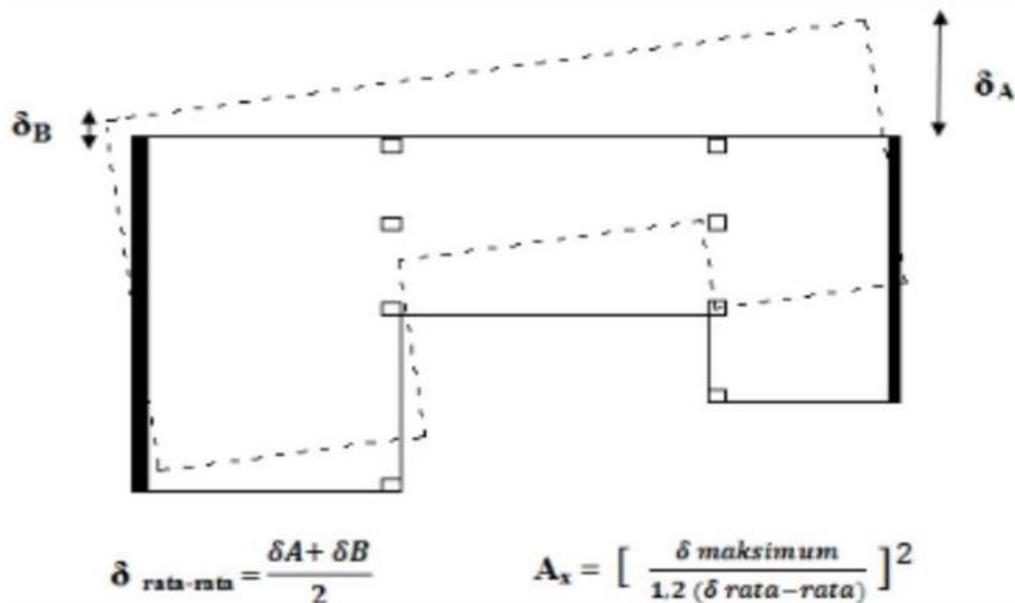
Tabel 5. 49 Pasal-Pasal Ketidakberaturan Bangunan

| No | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan | Pasal referensi | Penerapan kategori desain seismik |
|-----|--|---|---|
| 1a. | Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai 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 Tabel13 12.2.2 | D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan FC, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F |
| 1b. | Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai 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 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2 | 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 proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan. | 7.3.3.4 Tabel13 | D, E, dan F D, E, dan F |
| 3 | Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. | 7.3.3.4 Tabel13 | D, E, dan F D, E, dan F |

Lanjutan Tabel 5. 49 Pasal-Pasal Ketidakberaturan Bangunan

| | | | |
|---|---|--|--|
| 4 | Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal. | 7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel13 12.2.2 | 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 |
| 5 | Ketidakberaturan sistem nonparalel didefninisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya gempa. | 7.5.3 7.7.3 Tabel 13 12.2.2 | C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F |

Gambaran dari ketidakberaturan struktur horizontal yang akan ditinjau dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.

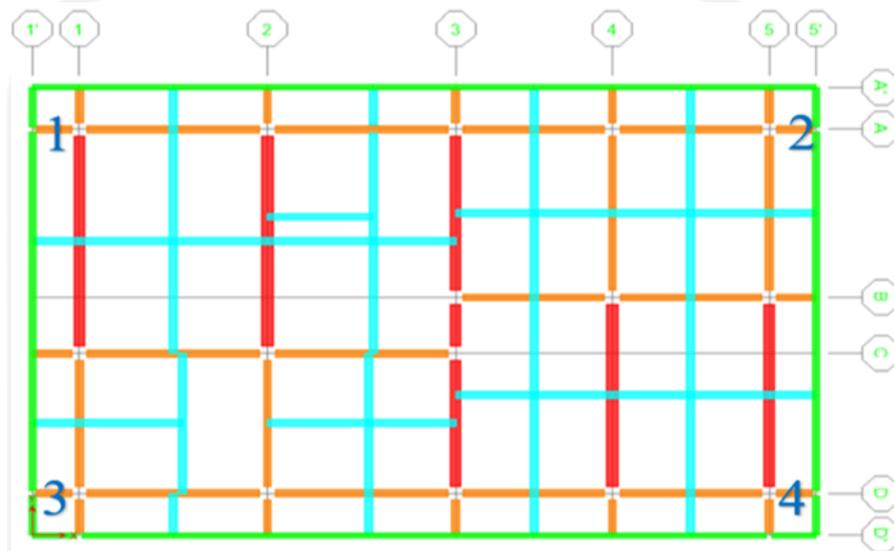


Gambar 5. 9 Ketidakberaturan Horizontal

Berdasarkan SNI 1726-2012 nilai perpindahan maksimum antar tingkat digunakan untuk menentukan pengaruh torsi yang terjadi pada struktur bangunan. pengaruh torsi pada gambar struktur bangunan dibagi menjadi dalam pengaruh ketidakberaturan torsi 1a dan 1b. Adapun ketentuannya adalah sebagai berikut.

- a. $\Delta_{\max} < 1,2 \Delta_{\text{avg}}$ = tanpa ketidakberaturan torsi
 b. $1,2\Delta_{\text{avg}} \leq \Delta_{\max} \leq 1,4\Delta_{\text{avg}}$ = ketidakberaturan torsi 1a
 c. $\Delta_{\max} > 1,4\Delta_{\text{avg}}$ = ketidakberaturan torsi 1b

Adapun penempatan *joint* yang ditinjau pada analisis struktur gedung ini adalah sebagai Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Penempatan Joint

Berikut adalah contoh perhitungan untuk mengecek apakah adanya torsi pada titik yang ditinjau tiap lantainya, diambil contoh pada lantai 1 dengan acuan titik 1 dan 2.

$$\Delta \text{ titik 1} = 0,023 \text{ m}$$

$$\Delta \text{ titik 2} = 0,023 \text{ m}$$

$$\Delta_{\max} = 0,023 \text{ m (diambil nilai terbesar dari kedua } \Delta \text{ diatas)}$$

$$\Delta_{\text{avg}} = \frac{\Delta_{\text{titik 1}} + \Delta_{\text{titik 2}}}{2}$$

$$= \frac{0,023 + 0,023}{2}$$

$$= 0,023 \text{ m}$$

$$1,2 \Delta_{\text{avg}} = 1,2 \times 0,023$$

$$= 0,027 \text{ m}$$

$$1,4 \Delta_{\text{avg}} = 1,4 \times 0,023$$

$$= 0,0315 \text{ m}$$

Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

$\Delta_{max} < 1,2 \Delta_{avg} = 0,023 \text{ m} < 0,027 \text{ m}$ (tidak terjadi torsi)

$\Delta_{max} < 1,4 \Delta_{avg} = 0,023 \text{ m} < 0,0315 \text{ m}$ (tidak terjadi torsi berlebihan)

Berikut rekapitulasi pengecekan kestabilan horizontal bangunan arah x dan arah y pada tiap lantai bangunan dimasukkan kedalam Tabel 5.50 berikut.

Tabel 5. 50 Rekapitulasi Kestabilan Horizontal Bangunan

| Arah x | | | | | | | |
|--------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| Lantai | Δ titik 1 (m) | Δ titik 2 (m) | Δ_{max} (m) | Δ_{avg} (m) | $1,2\Delta_{avg}$ (m) | $1,4\Delta_{avg}$ (m) | Ket |
| 1 | 0,023 | 0,023 | 0,023 | 0,023 | 0,0270 | 0,0315 | No Torsi |
| 2 | 0,053 | 0,053 | 0,053 | 0,053 | 0,0633 | 0,0738 | No Torsi |
| 3 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,0231 | 0,0270 | No Torsi |
| 4 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,0056 | 0,0065 | No Torsi |
| Arah y | | | | | | | |
| Lantai | Δ titik 1 (m) | Δ titik 2 (m) | Δ_{max} (m) | Δ_{avg} (m) | $1,2\Delta_{avg}$ (m) | $1,4\Delta_{avg}$ (m) | Ket |
| 1 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,0226 | 0,0263 | No Torsi |
| 2 | 0,043 | 0,043 | 0,043 | 0,043 | 0,0519 | 0,0606 | No Torsi |
| 3 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 0,0187 | 0,0218 | No Torsi |
| 4 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,0086 | 0,0101 | No Torsi |

5.4.4 Desain Pelat

Perencanaan desain pelat lantai dipengaruhi oleh pembebanan dari aspek beban material itu sendiri (beban mati) dan beban hidup yang bekerja pada pelat tersebut sesuai dengan fungsi ruang pada denah perencanaan.

1. Pembebanan Pelat

Pembebanan pelat pada pelat dibagi menjadi dua beban yaitu beban mati dan beban hidup. Penentuan beban mati pada pelat berdasarkan material yang akan diterima oleh pelat termasuk berat pelat itu sendiri. Dan beban hidup pada pelat sesuai dengan SNI 1727-2013.

a. Beban Mati (QD)

Beban mati yang dipilih bekerja pada pelat adalah sebagai berikut.

- 1) Pelat = $0,12 \times 24$
= $2,88 \text{ kN/m}^2$
- 2) Keramik = $0,24 \text{ kN/m}^2$
- 3) Spesi = $0,63 \text{ kN/m}^2$
- 4) Pasir = $0,9 \text{ kN/m}^2$
- 5) Plafond = $0,11 \text{ kN/m}^2$
- 6) Penggantung = $0,07 \text{ kN/m}^2$
- 7) Komponen ME = $0,25 \text{ kN/m}^2$

b. Beban Hidup (QL)

Beban hidup yang dipilih bekerja pada pelat adalah beban terbesar berdasarkan fungsi pelat pada bangunan yaitu beban pada hall, lobby, ruang arsip, ruang pertemuan sebesar $4,79 \text{ kN/m}^2$.

c. Beban Ultimate (Qu)

Perhitungan beban ultimate atau beban maksimum yang dapat dipikul struktur sesuai dengan SNI-2847-2013 dan 1727-2013.

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 Q_D + 1,6 Q_L \\
 &= 1,2 (5,08) + 1,6 (4,79) \\
 &= 6,096 + 7,664 \\
 &= 13,76 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan pembebanan pelat pembangunan Gedung DRC Bank BPD DIY pada Tabel 5.51 berikut ini.

Tabel 5. 51 Rekapitulasi Pembebanan Pelat

| No | Nama | Beban Mati Qd (kN/m ²) | Beban Hidup QL (kN/m ²) | Beban Ultimate Qu (kN/m ²) |
|----|----------|---------------------------------------|--|---|
| 1 | Lantai 1 | 5,08 | 4,79 | 13,76 |
| 2 | Lantai 2 | 5,08 | 4,79 | 13,76 |
| 3 | Lantai 3 | 5,08 | 4,79 | 13,76 |

2. Perhitungan momen lentur (Mu) dan gaya geser (Vu) pada Pelat

Diketahui :

$$M_u = 0,001 \times Q_u \times L_n^2 \times \text{koefisien} \quad (5.5)$$

$$V_u = 0,5 \times Q_u \times L_n \quad (5.6)$$

Koefisien = nilai koefisien momen berdasarkan PBI 1971

$$L_x = 4000 \text{ mm}$$

$$L_y = 3000 \text{ mm}$$

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{4000}{3000}$$

$$= 1,333 \text{ (termasuk tipe pelat dua arah)}$$

Maka nilai koefisiennya berdasarkan PBI 1971 Sebagai berikut.

$$\text{Koefisien } l_x = 31$$

$$\text{Koefisien } l_y = 19$$

$$\text{Koefisien } t_x = 69$$

$$\text{Koefisien } t_y = 57$$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times 13,76 \times 4^2 \times 31 \\ &= 6,82 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \times 13,76 \times 3^2 \times 19 \\ &= 2,35 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \times 13,76 \times 4^2 \times 69 \\ &= 15,19 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \times 13,76 \times 3^2 \times 57 \\ &= 7,06 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,5 \times 13,76 \times 4 \\ &= 27,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Selanjutnya akan digunakan rumus yang sama untuk menghitung pelat lantai dengan bentang yang berbeda. Adapun rekapitulasi perhitungan momen lentur dan kuat geser setiap pelat dapat dilihat pada Tabel 5.52 berikut ini.

Tabel 5. 52 Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser pada Pelat

| Pelat Lantai (4 x 3) m | | | | |
|----------------------------|------|-----------|-------|--------|
| No | Nama | Koefisien | Nilai | Satuan |
| 1 | MLx | 31 | 6,82 | kNm |
| 2 | Mly | 19 | 2,35 | kNm |
| 3 | Mtx | 69 | 15,19 | kNm |
| 4 | Mty | 57 | 7,06 | kNm |
| 5 | Vu | - | 27,52 | kN |
| Pelat Lantai (3,5 x 2,5) m | | | | |
| No | Nama | Koefisien | Nilai | Satuan |
| 1 | MLx | 34 | 5,73 | kNm |
| 2 | Mly | 18 | 1,55 | kNm |
| 3 | Mtx | 73 | 12,30 | kNm |
| 4 | Mty | 57 | 4,90 | kNm |
| 5 | Vu | - | 24,08 | kN |
| Pelat Lantai (3 x 2,5) m | | | | |
| No | Nama | Koefisien | Nilai | Satuan |
| 1 | MLx | 28 | 3,47 | kNm |
| 2 | Mly | 20 | 1,72 | kNm |
| 3 | Mtx | 64 | 7,93 | kNm |
| 4 | Mty | 56 | 4,82 | kNm |
| 5 | Vu | - | 20,64 | kN |

3. Desain Pelat Lantai Beton Komposit (Metode *floordeck* dan *wiremesh*)

Desain pelat lantai beton komposit ini menggunakan dua perhitungan. Pertama, dilakukan perhitungan terhadap tulangan positif (*floordeck*) lantai menggunakan rumus dari *Steel Deck Institute 2011* dan yang kedua dilakukan perhitungan terhadap tulangan negatif (*wiremesh*) lantai dengan cara mengkonversi diameter dan jarak tulangan konvensional ke bentuk *wiremesh*. Adapun langkah-langkah perhitungan pada pelat lantai beton komposit sebagai berikut.

a. Data pelat dan *floordeck* yang digunakan adalah dari PT Union Metal

- 1) Tebal pelat lantai (h) = 120 mm
- 2) Mutu beton (F'c) = 26,4 Mpa (N/mm²)
- 3) Berat jenis beton (Wc) = 2400 kg/m³
- 4) Modulus elastis (Es) = 203000 Mpa (N/mm²)

- 5) Bahan dasar *floordeck* = Baja *High – Tensile*
- 6) Standart bahan = SNI 07-2053-2006
- 7) Tegangan leleh minimum (F_y) = 560 Mpa (N/mm^2)
- 8) Tebal lapis lindung = 220 – 275 gr/m^2
- 9) Tebal = 0,7 mm *Base Metal Thickness* (BMT)
- 10) Berat bahan = 7,03 kg/m^2
- 11) Tinggi gelombang = 50 mm
- 12) Lebar efektif (b) = 995 mm
- 13) Panjang = maksimum 12 m
- 14) Luas (A_s) = 857,59 mm^2/m
- 15) Momen Inersia (I_x) = 422063,58 mm^4/m

Berikut perhitungan tulangan positif (*floordeck*) pada pelat lantai.

$$d = h - \left(\frac{1}{2} \times \text{tinggi gelombang}\right)$$

$$= 120 - \left(\frac{1}{2} \times 50\right)$$

$$= 95 \text{ mm}$$

$$h_c = h - \text{tinggi gelombang}$$

$$= 120 - 50$$

$$= 70 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= \frac{E_s}{0,043 \times (W_c)^{1,5} \times \sqrt{f_{c'}}$$

$$= \frac{203000}{0,043 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{26,4}}$$

$$= 7,815$$

$$P = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{857,59}{995 \times 95}$$

$$= 0,0095$$

$$Y_{cc} = d \times \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$= 95 \times \sqrt{2 \times 0,0095 \times 7,815 + (0,0095 \times 7,815)^2} - 0,0095 \times 7,815$$

$$= 95 \times 0,282$$

$$= 26,757 \text{ mm}$$

Status $Y_{cc} < h_c$ maka Ok (memenuhi)

$$Y_{cs} = d - Y_{cc}$$

$$= 96 - 26,757$$

$$= 68,243 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{b}{3 \times h} \times Y_{cc}^3 + (A_s \times Y_{cs}^2) + I_{sf} \\ &= \frac{995}{3 \times 120} \times 26,757^3 + (857,59 \times 68,243^2) + 422063,58 \\ &= 4466820,549 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung kuat lentur

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{f_y \times I_c}{h - Y_{cc}} \times 0,000001 \\ &= \frac{560 \times 4466820,549}{120 - 26,757} \times 0,000001 \\ &= 26,827 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{ru} = 0,85 \times M_y$$

$$= 0,85 \times 26,827$$

$$= 22,803 \text{ kNm}$$

Status $M_{ru} (22,803 \text{ kNm}) > M_{u+} (15,19 \text{ kNm})$ maka Ok Aman (Memenuhi)

b. Data *wiremesh* yang digunakan adalah pada PT Union Metal

- 1) Standart bahan = SNI 07-0664-1995
- 2) Mutu baja tulangan (F_y) = 2400 kg/m³
- 3) Tipe *wiremesh* = M8
- 4) Diameter tulangan awal = 10 mm
- 5) Tegangan leleh (F_{yw}) = 5000 kg/cm²
- 6) Mutu tulangan = U-50
- 7) Ukuran = 5,4 m x 2,1 m
- 8) Jarak tulangan awal (s_{awal}) = 125 mm
- 9) Jarak tulangan ($s_{modifikasi}$) = 150 mm

$$10) \text{ Berat bahan} = 61,79 \text{ kg/lembar}$$

Berikut adalah perhitungan tulangan negatif (*wiremesh*) untuk pelat lantai

$$\begin{aligned} \text{As awal} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \frac{1000}{s_{\text{awal}}} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 628,318 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As awal} \times \frac{f_y}{f_{yw}} \\ &= 628,318 \times \frac{2400}{5000} \\ &= 301,592 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Trial pelat dengan menggunakan tulangan negatif *wiremesh* M8-150

$$\begin{aligned} \text{As w} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \frac{1000}{s_{\text{modifikas}}} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 335,103 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Status As w (335,103 mm²) > As perlu (301,592 mm²) maka ok aman (memenuhi)

5.4.5 Desain Balok

Balok merupakan struktur pengikat antar kolom yang berfungsi mendistribusikan beban yang terjadi pada pelat melalui balok menuju kolom yang akan diteruskan hingga pondasi. Analisis yang dilakukan untuk mencari kebutuhan tulangan yang memadai pada balok itu sendiri. Konsep dari analisis balok yang dimaksud adalah menentukan ukuran balok, jumlah, komposisi dan penempatan tulangan agar dapat menyediakan kekuatan yang sama atau lebih. Berikut analisis dari kedua balok tersebut.

1. Menentukan dimensi awal balok

a. Balok dengan bentang 8 m, dinamakan menjadi Balok B1

$$\begin{aligned} \text{Mencari tinggi balok (H}_B) &= \frac{1}{12} \times 8 \\ &= 0,667 \\ &= \text{dipakai } 0,65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mencari lebar balok (B}_B\text{)} &= \frac{1}{12} \times H_B \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,65 \\
 &= 0,325 \\
 &= \text{dipakai } 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- b. Balok dengan bentang 6 m, dinamakan menjadi Balok B2 dan B3

$$\begin{aligned}
 \text{Mencari tinggi balok (H}_B\text{)} &= \frac{1}{12} \times 6 \\
 &= 0,5 \\
 &= \text{dipakai } 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mencari lebar balok (B}_B\text{)} &= \frac{1}{2} \times H_B \\
 &= \frac{1}{12} \times 0,5 \\
 &= 0,25 \\
 &= \text{dipakai } 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan beban di atas balok

Beban yang diterima oleh balok induk berupa beban dinding, dengan luas bukaan 30 % karena dianggap tidak sepenuhnya beton. Maka perhitungan berat dinding pasangan bata sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat dinding pasangan bata} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 2,45 \text{ kN/ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas bukaan} = 30 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat dinding pasangan bata lantai 1} &= 2,45 \times (100-30)\% \times 5 \\
 &= 8,583 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat dinding pasangan bata lantai 2} &= 2,45 \times (100 - 30)\% \times 3,5 \\
 &= 6,003 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat dinding pasangan bata lantai 3} &= 2,45 \times (100 - 30)\% \times 2,7 \\
 &= 4,63 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

3. Mencari besaran nilai momen dan gaya geser

Besaran nilai-nilai gaya tersebut didapatkan dari hasil analisa struktur bangunan dari SAP 2000 dengan cara menyeleksi balok yang ditinjau terlebih

dahulu kemudian memilih *Display - Show Table - Analysis - Results - Frame Results - Beam Forces*. Adapun nilai besaran momen dan gaya geser seperti Tabel 5.53 dan Tabel 5.54 berikut ini.

Tabel 5. 53 Nilai Momen dan Gaya Geser pada Balok dari Analisis

| Batang | Tumpuan (kNm) | | Lapangan (kNm) | | Tumpuan (kN) | | Lapangan (kN) | |
|--------|---------------|--------|----------------|--------|--------------|--------|---------------|--------|
| | Mu- | Mu+ | Mu- | Mu+ | Vu- | Vu+ | Vu- | Vu+ |
| B1 | -502,76 | 175,76 | -172,54 | 363,03 | 289,93 | 187,52 | 214,01 | 127,97 |
| B2 | -270,49 | 92,36 | -124,59 | 142,12 | 196,94 | 182,22 | 147,66 | 139,52 |
| B2.A | -260,31 | 102,19 | -129,67 | 139,61 | 196,85 | 173,81 | 112,94 | 101,46 |
| B3 | -294,60 | 147,30 | -158,22 | 198,43 | 117,28 | 109,91 | 93,78 | 93,79 |
| B4 | -147,38 | 72,21 | -84,31 | 101,05 | 131,36 | 120,10 | 104,57 | 103,92 |
| B5 | -78,45 | 21,39 | -25,61 | 62,79 | 36,89 | 33,24 | 29,59 | 25,94 |
| B6 | -44,15 | 11,75 | -17,34 | 36,27 | 35,27 | 33,22 | 28,73 | 27,33 |

Tabel 5. 54 Nilai Momen dan Gaya Geser pada Balok dari Perencana

| Batang | Tumpuan (kNm) | | Lapangan (kNm) | | Tumpuan (kN) | Lapangan (kN) |
|--------|---------------|--------|----------------|--------|--------------|---------------|
| | Mu- | Mu+ | Mu- | Mu+ | Vu | Vu |
| B1 | -510 | 173,44 | -170,89 | 265 | 176,54 | 105,92 |
| B2 | -280 | 96,45 | -122,71 | 148 | 187 | 119,33 |
| B2.A | -259,35 | 99,87 | -118,67 | 144,14 | 113,17 | 35,1 |
| B3 | -227 | 142,50 | -105 | 110 | 138,86 | 105,24 |
| B4 | -115 | 68 | -85 | 101 | 124 | 81,44 |
| B5 | -76,92 | 20 | -24 | 60,12 | 35,1 | 24,88 |
| B6 | -37, | 10,6 | -14,45 | 15 | 24,2 | -0,2 |

Dari Tabel 5.53 dan Tabel 5.54 didapatkan hasil yang kurang lebih sama bahkan momen dan gaya geser balok dari hasil analisis ada beberapa yang lebih besar dari hasil momen dan gaya geser balok perencana, sehingga pada penelitian ini dipakai momen dan gaya geser balok dari hasil analisis peneliti.

4. Redistribusi momen balok

Agar terjadi *beam sway mechanism*, maka prinsip desain *strong column weak beam* diterapkan perencana dikarenakan elemen balok akan dirancang lebih lemah daripada kolom. Syarat dilakukannya redistribusi momen yaitu apabila

momen positif kurang dari setengahnya momen negatif. Dalam meredistribusi momen, terdapat batasan agar tidak terlalu banyak penurunan kekuatan sesuai dengan SNI 2847 Tahun 2013 lampiran B.8.4.1, nilai redistribusi momen dibatasi sebesar.

$$\left(1 - \frac{\rho - \rho'}{\rho b}\right) \times 20\% = \left(1 - \frac{0,5 - 0,25}{1}\right) \times 20\% = 15\%$$

Keterangan.

ρ = rasio tulangan tarik balok (digunakan 0,5 ρ_b)

ρ' = rasio tulangan desak ($\rho' = 0,5 \times \rho$)

ρ_b = rasio tulangan pada kondisi balance

Namun apabila setelah didistribusi sebesar 15% belum mencukupi, maka momen positif digunakan setengah dari momen negatifnya.

Perhitungan untuk redistribusi pada M+ balok dan M- balok adalah sebagai berikut dengan contoh perhitungan pada balok B1.

a. Daerah tumpuan

$$M^+ = 175,76 \text{ kNm}$$

$$M^- = 502,76 \text{ kNm}$$

$$175,76 \text{ kNm} < 0,5 \times 502,76 \text{ kNm} = 251,38 \text{ kNm (perlu redis)}$$

$$\begin{aligned} M^- \text{ redis} &= M^- - (15\% \times M^-) \\ &= 502,76 - (15\% \times 502,76) \\ &= 427,35 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^+ \text{ redis} &= (M^- + M^+) - M^- \text{ redis} \\ &= (502,76 + 175,76) - 427,35 \\ &= 251,17 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol setelah redistribusi, apabila $M^+ \text{ redis} < M^- \text{ redis}$ maka tidak aman.

$$251,17 \text{ kNm} < 0,5 \times 427,35 = 213,67 \text{ kNm (aman)}$$

Karena nilai $M^+ \text{ redis}$ memenuhi, maka ditetapkan nilai momen yang digunakan untuk analisis sebagai berikut.

$$M^- \text{ pakai} = 427,35 \text{ kNm}$$

$$M^+ \text{ pakai} = 251,17 \text{ kNm}$$

b. Daerah lapangan

$$M^+ = 363,03 \text{ kNm}$$

$$M^- = 172,54 \text{ kNm}$$

$172,54 \text{ kNm} < 0,5 \times 363,03 \text{ kNm} = 181,51 \text{ kNm}$ (perlu redis) maka penyelesaiannya

$$\begin{aligned} M^+ \text{ redis} &= M^+ - (15\% \times M^+) \\ &= 363,03 - (15\% \times 363,03) \\ &= 308,57 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^- \text{ redis} &= (M^- + M^+) - M^- \text{ redis} \\ &= (172,54 + 363,03) - 308,57 \\ &= 226,99 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol setelah redistribusi, apabila $M^- \text{ redis} < 0,5 M^+ \text{ redis}$ maka tidak aman.

$$226,99 > 0,5 \times 308,57 = 154,29 \text{ kNm} \text{ (aman)}$$

Karena nilai $M^- \text{ redis}$ memenuhi, maka ditetapkan nilai momen yang digunakan untuk analisis sebagai berikut.

$$M^- \text{ pakai} = 226,99 \text{ kNm}$$

$$M^+ \text{ pakai} = 308,57 \text{ kNm}$$

Berikut tabel rekapitulasi nilai momen yang diredistribusikan dan nilai momen yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 5.55 dan Tabel 5.56 dibawah ini.

Tabel 5. 55 Rekapitulasi Distribusi Momen Balok Induk

| Balok | Tumpuan (kNm) | | | Lapangan (kNm) | | | Kontrol | |
|-------|---------------|--------|--------|----------------|--------|--------|---------|-------|
| | Persen | M- | M+ | Persen | M- | M+ | Tum | Lap |
| B1 | 15% | 427,35 | 251,17 | 15% | 226,99 | 308,57 | Redis | Redis |
| B2 | 15% | 229,92 | 132,93 | 15% | 124,59 | 142,12 | Redis | Redis |
| B2.A | 15% | 221,26 | 141,23 | 0 % | 129,67 | 139,61 | Redis | Aman |
| B3 | 15% | 250,41 | 191,49 | 0 % | 158,22 | 198,43 | Redis | Aman |
| B4 | 15 % | 125,27 | 94,32 | 15% | 84,31 | 101,05 | Redis | Redis |
| B5 | 15% | 66,68 | 33,16 | 15% | 35,03 | 53,37 | Redis | Redis |
| B6 | 15% | 37,53 | 18,37 | 15% | 22,78 | 30,83 | Redis | Redis |

Tabel 5. 56 Rekapitulasi Nilai Momen Balok Induk yang Ditetapkan

| Balok | Tumpuan (kNm) | | | Lapangan (kNm) | | | Kontrol | |
|-------|---------------|--------|--------|----------------|--------|--------|---------|------|
| | Persen | M- | M+ | Persen | M- | M+ | Tum | Lap |
| B1 | 15% | 427,35 | 251,17 | 15% | 226,99 | 308,57 | Aman | Aman |
| B2.A | 15% | 229,92 | 132,93 | 15% | 124,59 | 142,12 | | |
| B2 | 15% | 221,26 | 141,23 | 0% | 129,67 | 139,61 | Aman | Aman |
| B3 | 15% | 250,41 | 191,49 | 0% | 158,22 | 198,43 | Aman | Aman |
| B4 | 15% | 125,27 | 94,32 | 15% | 84,31 | 101,05 | Aman | Aman |
| B5 | fixed | 66,68 | 33,34 | 15% | 35,03 | 62,79 | Aman | Aman |
| B6 | fixed | 37,53 | 18,37 | 15% | 22,78 | 36,26 | Aman | Aman |

5. Perhitungan desain tulangan lentur

Perhitungan tulangan lentur balok menggunakan balok B1 sebagai contoh. Perhitungan pada balok lainnya menggunakan cara yang sama, hanya saja terdapat perbedaan pada dimensi balok dan momen yang dipakai. Adapun langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut.

a. Properti Material dan Penampang

- 1) Panjang balok (L) = 8000 mm
- 2) Lebar balok (b balok) = 350 mm
- 3) Tinggi balok (h balok) = 650 mm
- 4) Panjang tumpuan (2 x h balok) = 2 x 650
= 1300 mm
- 5) Diameter tul. longitudinal, (db) = 22 mm
- 6) Diameter tul. pinggang, (dbt) = 13 mm
- 7) Diameter tul. sengkang (ds) = 10 mm
- 8) Jarak sengkang (js) = 25 mm
- 9) Selimut bersih (sb) = 40 mm
- 10) Kuat tekan beton ($f'c$) = 26,4 Mpa
- 11) Teg. leleh baja (f_y) = 390 Mpa
- 12) Regangan maks. Serat (Ecu) = 0,003
- 13) ϵ_y (f_y/E_s) = 390 / 200000
= 0,00195
- 14) ϵ_t = 0,005
- 15) β_1 = 0,85

- 16) Faktor reduksi (ϕ lentur) = 0,9
 17) Panjang kolom (h kolom) = 500 mm
 18) Lebar kolom (b kolom) = 500 mm
 19) L_n = $L - b$ kolom
 = 8000 - 500
 = 7500 mm

b. Parameter tinggi balok

- 1) D_s = $sb + \phi$ sengkang + ϕ pokok + $js/2$
 = $40 + 10 + 22 + 25/2$
 = 84,5 mm
 2) d' = $sb + \phi$ sengkang + ϕ pokok/2
 = $40 + 10 + 22/2$
 = 61 mm
 3) d_1 = h balok - d_s
 = $650 - 84,5$
 = 565,5 mm
 4) d_2 = h balok - d'
 = $650 - 61$
 = 589 mm

c. Gaya dalam

- 1) Mu. tumpuan (-) = 427,35 Mpa
 2) Mu. tumpuan (+) = 251,17 Mpa
 3) Mu. lapangan (-) = 226,99 Mpa
 4) Mu. lapangan (+) = 308,57 Mpa

d. Syarat geometri

- 1) Syarat tinggi efektif $L_n \geq 4d$
 $7500 \geq 4 \times 589$
 $7500 \geq 2356$ mm (memenuhi)
 2) Syarat lebar 1 $b \geq 0,3 h$ atau 250 mm
 $350 \geq 0,3 \times 650$ atau 250 mm
 350 mm ≥ 195 atau 250 mm (memenuhi)

- 3) Syarat lebar 2 $b \leq 0,75 c_1$ atau c_2
 $350 \leq 0,75 \times 500$ atau 500 mm
 $350 \leq 375$ atau 500 mm (memenuhi)

e. Desain tulangan lentur balok

1) Tumpuan momen negatif

$$\begin{aligned} \text{a) } a \text{ maks} &= \left(\frac{scu}{scu+scy} \right) \times d_2 \times \beta_1 \\ &= \left(\frac{0,003}{0,003+0,00195} \right) \times 589 \times 0,85 \\ &= 303,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } A_s \text{ max} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 26,4 \times 303,42 \times 350}{390} \\ &= 6110,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } M_n &= A_s \text{ max} \times f_y \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \text{ max} \right) \\ &= 6110,50 \times 390 \times \left(589 - \frac{1}{2} \times 303,42 \right) / 10^6 \\ &= 1042,098 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Cek syarat $M_u^- < M_n$ $= 427,35 \text{ kNm} < 1042,098 \text{ kNm}$ Sehingga dilakukan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned} \text{d) } M_n^- &= \frac{M_u^-}{\phi} \\ &= \frac{427,35}{0,9} \\ &= 474,83 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) } M_n &= C_c \times z \\ &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \right) \\ 474,83 \times 10^6 &= (0,85 \times 26,4 \times a \times 350) \times \left(589 - \frac{1}{2} \times a \right) \end{aligned}$$

$$= 3927 a^2 - 4626006 a + 474,83 \times 10^6$$

$$a_1 = \frac{-(-4626006) - \sqrt{((-4626006)^2 - 4 \times 3927 \times 474,83 \times 10^6)}}{2 \times 3927}$$

$$= 113,59 \text{ mm}$$

$$a_2 = \frac{-(-4626006) + \sqrt{((-4626006)^2 - 4 \times 3927 \times 474,83 \times 10^6)}}{2 \times 3927}$$

$$= 1064,401 \text{ mm}$$

$$a \text{ pakai} = 113,59 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{f) As pakai} &= \frac{0,85 \times f'c \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 26,4 \times 113,59 \times 350}{390} \\ &= 2287,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat As minimum

$$\begin{aligned} \text{As min 1} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d_2 \\ &= \frac{1,4}{390} \times 350 \times 589 \\ &= 740,03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min 2} &= \frac{\sqrt{f'c}}{4 \times f_y} \times b \times d_2 \\ &= \frac{\sqrt{26,4}}{4 \times 390} \times 350 \times 589 \\ &= 678,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka As pakai > As min memenuhi syarat

$$\begin{aligned} \text{g) Luas } \phi \text{ pokok (As 1d)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ pokok}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h) Jumlah tulangan (n)} &= \frac{\text{As pakai}}{\text{As 1d}} \\ &= \frac{2287,51}{380,13} \\ &= 6,02 \text{ buah} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan pakai sebanyak 7 buah tulangan.

$$\begin{aligned} \text{i) Cek regangan tarik (c)} &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{113,59}{0,85} \\ &= 133,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{j) } \epsilon_t &= \frac{d_1 - c}{c} \times \epsilon_{cu} \\ &= \frac{565,5 - 133,63}{133,63} \times 0,003 \\ &= 0,0097 \end{aligned}$$

Sehingga nilai $\epsilon_t > 0,005$ asumsi benar

2) Tumpuan momen positif

$$\begin{aligned} \text{a) } a \text{ maks} &= \left(\frac{scu}{scu+scy} \right) \times d_2 \times \beta_1 \\ &= \left(\frac{0,003}{0,003+0,00195} \right) \times 589 \times 0,85 \\ &= 303,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } A_s \text{ max} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 26,4 \times 303,42 \times 350}{390} \\ &= 6110,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } M_n &= A_s \text{ max} \times f_y \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \text{ max} \right) \\ &= 6110,50 \times 390 \times \left(589 - \frac{1}{2} \times 303,42 \right) / 10^6 \\ &= 1042,098 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Cek syarat $M_u^- < M_n = 251,17 \text{ kNm} < 1042,098 \text{ kNm}$, sehingga dilakukan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned} \text{d) } M_n^- &= \frac{M_u^-}{\phi} \\ &= \frac{251,17}{0,9} \\ &= 279,08 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) } M_n &= C_c \times z \\ &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 279,08 \times 10^6 &= (0,85 \times 26,4 \times a \times 350) \times \left(589 - \frac{1}{2} \times a \right) \\ &= 918175 a^2 - 115944675,01 a + 6977 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{-(-115944675,01) - \sqrt{((-115944675,01)^2 - 4 \times 918175 \times 6977 \times 10^6)}}{2 \times 918175} \\ &= 63,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= \frac{-(-115944675,01) + \sqrt{((-115944675,01)^2 - 4 \times 918175 \times 6977 \times 10^6)}}{2 \times 918175} \\ &= 1114,21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a \text{ pakai} = 63,78 \text{ mm}$$

$$\text{f) } A_s \text{ pakai} = \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 26,4 \times 63,78 \times 350}{390}$$

$$= 1284,43 \text{ mm}^2$$

Cek syarat As minimum

$$\text{As min 1} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d_2$$

$$= \frac{1,4}{390} \times 350 \times 589$$

$$= 740,03 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min 2} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \times b \times d_2$$

$$= \frac{\sqrt{26,4}}{4 \times 390} \times 350 \times 589$$

$$= 678,99 \text{ mm}^2$$

Maka As pakai > As min memenuhi syarat

$$\text{g) Luas } \phi \text{ pokok (As 1d)} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ pokok}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

$$\text{h) Jumlah tulangan (n)} = \frac{\text{As pakai}}{\text{As 1d}}$$

$$= \frac{1284,43}{380,13}$$

$$= 3,38 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan pakai sebanyak 4 buah tulangan.

$$\text{i) Cek regangan tarik (c)} = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{63,78}{0,85}$$

$$= 75,04$$

$$\text{j) } \epsilon_t = \frac{d_1 - c}{c} \times \epsilon_{cu}$$

$$= \frac{565,5 - 75,04}{75,04} \times 0,003$$

$$= 0,0196$$

Sehingga nilai $\epsilon_t > 0,005$ asumsi benar

3) Analisis kapasitas momen nominal lentur balok

a) Titik berat tulangan tarik

$$\begin{aligned} (1) d_1 &= sb + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{pokok}} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

(2) Jumlah tulangan (n_1) = 7 buah

$$\begin{aligned} (3) ds &= \frac{n_1 \times d_1}{n_1} \\ &= \frac{7 \times 61}{7} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4) d &= h - ds \\ &= 589 \text{ mm} \end{aligned}$$

b) Titik berat tulangan tekan

$$\begin{aligned} (5) d_2 &= sb + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{pokok}} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

(6) Jumlah tulangan (n_2) = 4 buah

$$\begin{aligned} (7) ds &= \frac{n_2 \times d_2}{n_2} \\ &= \frac{4 \times 61}{4} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (8) d &= h - ds \\ &= 589 \text{ mm} \end{aligned}$$

c) Mengecek tulangan sudah leleh atau belum

$$\begin{aligned} (1) \text{ Luas tul. tarik } (A_s) &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{pokok}}^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ Luas tul. tekan } (A_s') &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{pokok}}^2 \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1520,53 \text{ mm}^2 \\
 (3) \ a \ (\text{asumsi leleh}) &= \left(\frac{(A_s \times f_y) - (A_s' \times f_y)}{0,85 \times f_c \times b} \right) \\
 &= \left(\frac{(2660,93 \times 390) - (1520,53 \times 390)}{0,85 \times 26,4 \times 350} \right) \\
 &= 56,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4) \ \epsilon_{cs} &= \frac{a - (d_s \times \beta_1)}{a} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{56,63 - (61 \times 0,85)}{56,63} \times 0,003 \\
 &= 0,00025
 \end{aligned}$$

Cek syarat karena $\epsilon_{cs} < \epsilon_y$ maka tulangan belum leleh

d) Menghitung regangan tarik baja terluar

$$(1) (0,85 \times f_c' \times b) a^2 + (E \times \epsilon_{cu} \times A_s' - A_s \times f_y) a - (E \times \epsilon_{cu} \times A_s \times \beta_1 \times d_s) = 0$$

$$(0,85 \times 26,4 \times 350) a^2 + (200000 \times 0,003 \times 1520,53 - 2660,93 \times 390) a - (200000 \times 0,003 \times 1520,53 \times 0,85 \times 61) = 0$$

$$7854 a^2 - 125443,79 a - 47,3 \times 10^6 = 0$$

$$a_1 = \frac{-(-125443,79) - \sqrt{((-125443,79)^2 - 4 \times 7854 \times 47,3 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= 86 \text{ mm}$$

$$a_2 = \frac{-(-125443,79) + \sqrt{((-125443,79)^2 - 4 \times 7854 \times 47,3 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= -70,03 \text{ mm}$$

$$a \text{ pakai} = 86 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \ \epsilon_t &= \frac{(\beta_1 \times d - a)}{a} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{(0,85 \times 589 - 86)}{86} \times 0,003 \\
 &= 0,014
 \end{aligned}$$

Cek syarat karena nilai $\epsilon_t > 0,005$ maka regangan baja terkontrol tarik

e) Kapasitas momen tulangan rangkap

$$(1) \text{ Momen maks (Mu)} = 427,35 \text{ kNm}$$

$$(2) \ F_s = E_s \times \left(\frac{a - (d_s \times \beta_1)}{a} \right) \times \epsilon_{cu}$$

$$\begin{aligned}
 &= 200000 \times \left(\frac{86 - (61 \times 0,85)}{86} \right) \times 0,003 \\
 &= 238,27 \text{ Mpa} \\
 (3) \text{ Mn} &= \text{Mn1} + \text{Mn2} \\
 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - \frac{1}{2} a) + f_s \times A_s' \times (d_2 - d')) \\
 &= (0,85 \times 26,4 \times 86 \times 350 \times (589 - \frac{1}{2} \times 86) + \\
 &\quad 238,27 \times 1520,53 \times (589 - 61)) / 10^6 \\
 &= 560,096 \text{ kNm} \\
 (4) \text{ Mn}^- &= \phi_{\text{lentur}} \times \text{Mn} \\
 &= 0,9 \times 560,096 \\
 &= 504,806 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat Mn- > Mu = 504,806 kNm > 427,35 kNm maka kapasitas momen tulangan rangkap aman

4) Analisis momen *probable capacity* (Mpr⁻)

Di asumsikan tulangan tekan belum leleh, maka nilai tinggi tekan dicari dengan persamaan berikut.

$$C_c + C_s = T_{s1} + T_{s2}$$

$$C_c + f_s \cdot A_s' = \phi O \cdot A_s \cdot f_y$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan kuadrat dengan kondisi:

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{a) } X &= 0,85 \times b \times f_c' \\
 &= 0,85 \times 350 \times 26,4 \\
 &= 7854
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } Y &= (A_{\text{tekan}} \times \epsilon_{cu} \times E_s) - (A_{\text{tarik}} \times f_y \times \phi O) \\
 &= (1520,53 \times 0,003 \times 200000) - (2660,93 \times 390 \times 1,25) \\
 &= -384884,37
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) } Z &= \beta \times \epsilon_{cu} \times E_s \times d' \times A_{\text{tekan}} \\
 &= 0,85 \times 0,003 \times 200000 \times 61 \times 1520,53 \\
 &= -47303714,57
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut.

$$a1 = \frac{-(-384884,37) - \sqrt{((-384884,37)^2 - 4 \times 7854 \times 47,3 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= 105,88 \text{ mm}$$

$$a2 = \frac{-(-384884,37) + \sqrt{((-384884,37)^2 - 4 \times 7854 \times 47,3 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= -56,88 \text{ mm}$$

$$a \text{ pakai} = 105,88 \text{ mm}$$

$$d) \ c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{105,88}{0,85}$$

$$= 124,88$$

$$e) \ \epsilon_s' = \frac{(c-d')}{c} \times \epsilon_{cu}$$

$$= \frac{(124,88 - 61)}{124,88} \times 0,003$$

$$= 0,0015$$

Cek syarat $\epsilon_s' < \epsilon_y = 0,0015 < 0,00195$ maka asumsi benar, belum leleh

$$f) \ F_s = E_s \times \left(\frac{a - (d_s \times \beta_1)}{a} \right) \times \epsilon_{cu}$$

$$= 200000 \times \left(\frac{105,88 - (61 \times 0,85)}{105,88} \right) \times 0,003$$

$$= 306,19$$

$$g) \ M_{pr} = ((0,85 \times F'_c \times a \times b \times (d - 1/2 a)) + (F_s \times A_{stekan} \times (d - d')))$$

$$= (0,85 \times 26,4 \times 105,88 \times 350 \times (589 - 1/2 \times 105,88)) + (306,19$$

$$\times 1520,53 \times (589 - 61)) / 10^6$$

$$= 691,62 \text{ kNm}$$

$$h) \ M_{pr-} = \phi_{lentur} \times M_{pr}$$

$$= 0,9 \times 691,62$$

$$= 622,46 \text{ kNm}$$

Cek syarat $M_{pr-} > M_u = 622,46 \text{ kNm} > 427,35 \text{ kNm}$ maka kapasitas momen *probable capacity* memenuhi (aman).

5) Tumpuan momen negatif

$$a) \ a \text{ maks} = \left(\frac{sc_u}{sc_u + sc_y} \right) \times d_2 \times \beta_1$$

$$= \left(\frac{0,003}{0,003+0,00195} \right) \times 589 \times 0,85$$

$$= 303,42 \text{ mm}$$

$$\text{b) } A_s \text{ max} = \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 26,4 \times 303,42 \times 350}{390}$$

$$= 6110,50 \text{ mm}^2$$

$$\text{c) } M_n = A_s \text{ max} \times f_y \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \text{ max} \right)$$

$$= 6110,50 \times 390 \times \left(589 - \frac{1}{2} \times 303,42 \right) / 10^6$$

$$= 1042,098 \text{ kNm}$$

Cek syarat $M_u < M_n = 226,99 \text{ kNm} < 1042,098 \text{ kNm}$,sehingga dilakukan perhitungan tulangan tunggal

$$\text{d) } M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{226,99}{0,9}$$

$$= 252,21 \text{ kNm}$$

$$\text{e) } M_n = C_c \times z$$

$$= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \right)$$

$$252,21 \times 10^6 = (0,85 \times 26,4 \times a \times 350) \times \left(589 - \frac{1}{2} \times a \right)$$

$$= 3927 a^2 - 4626006 a + 252,21 \times 10^6$$

$$a_1 = \frac{-(-4626006) - \sqrt{((-4626006)^2 - 4 \times 3927 \times 252,21 \times 10^6)}}{2 \times 3927}$$

$$= 57,31 \text{ mm}$$

$$a_2 = \frac{-(-4626006) + \sqrt{((-4626006)^2 - 4 \times 3927 \times 252,21 \times 10^6)}}{2 \times 3927}$$

$$= 1120,69 \text{ mm}$$

$$a \text{ pakai} = 57,31 \text{ mm}$$

$$\text{f) } A_s \text{ pakai} = \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 26,4 \times 57,31 \times 350}{390}$$

$$= 1154,09 \text{ mm}^2$$

Cek syarat A_s minimum

$$\begin{aligned}
 \text{As min 1} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d_2 \\
 &= \frac{1,4}{390} \times 350 \times 589 \\
 &= 740,03 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As min 2} &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \times b \times d_2 \\
 &= \frac{\sqrt{26,4}}{4 \times 390} \times 350 \times 589 \\
 &= 678,99 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka As pakai > As min memenuhi syarat

$$\begin{aligned}
 \text{g) Luas } \phi \text{ pokok (As 1d)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ pokok}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 380,13 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{h) Jumlah tulangan (n)} &= \frac{\text{As pakai}}{\text{As 1d}} \\
 &= \frac{1154,09}{380,13} \\
 &= 3,04 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan pakai sebanyak 4 buah tulangan.

$$\begin{aligned}
 \text{i) Cek regangan tarik (c)} &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{57,31}{0,85} \\
 &= 67,42
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{j) } \epsilon_t &= \frac{d_1 - c}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{565,5 - 67,42}{67,42} \times 0,003 \\
 &= 0,022
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai $\epsilon_t > 0,005$ asumsi benar

6) Tumpuan momen positif

$$\begin{aligned}
 \text{a) a maks} &= \left(\frac{scu}{scu + scy} \right) \times d_2 \times \beta_1 \\
 &= \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,00195} \right) \times 589 \times 0,85 \\
 &= 303,42 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } A_s \text{ max} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 26,4 \times 303,42 \times 350}{390} \\
 &= 6110,50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) } M_n &= A_s \text{ max} \times f_y \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \text{ max} \right) \\
 &= 6110,50 \times 390 \times \left(589 - \frac{1}{2} \times 303,42 \right) / 10^6 \\
 &= 1042,098 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat $M_u^- < M_n = 308,57 \text{ kNm} < 1042,098 \text{ kNm}$,Sehingga dilakukan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 \text{d) } M_n^- &= \frac{M_u^-}{\phi} \\
 &= \frac{308,57}{0,9} \\
 &= 342,86 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e) } M_n &= C_c \times z \\
 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(d_2 - \frac{1}{2} \times a \right) \\
 342,86 \times 10^6 &= (0,85 \times 26,4 \times a \times 350) \times \left(589 - \frac{1}{2} \times a \right) \\
 &= 28050 a^2 - 33042900 a + 2449 \times 10^6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \frac{-(-33042900) - \sqrt{((-33042900)^2 - 4 \times 28050 \times 2449 \times 10^6)}}{2 \times 28050} \\
 &= 79,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_2 &= \frac{-(-33042900) + \sqrt{((-33042900)^2 - 4 \times 28050 \times 2449 \times 10^6)}}{2 \times 28050} \\
 &= 1098,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$a \text{ pakai} = 79,48 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f) } A_s \text{ pakai} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 26,4 \times 79,48 \times 350}{390} \\
 &= 1600,56 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek syarat As minimum

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ min 1} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d_2 \\
 &= \frac{1,4}{390} \times 350 \times 589
 \end{aligned}$$

$$= 740,03 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As min 2} &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \times b \times d_2 \\ &= \frac{\sqrt{26,4}}{4 \times 390} \times 350 \times 589 \\ &= 678,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka As pakai > As min memenuhi syarat

$$\begin{aligned} \text{g) Luas } \phi \text{ pokok (As 1d)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ pokok}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h) Jumlah tulangan (n)} &= \frac{\text{As pakai}}{\text{As 1d}} \\ &= \frac{1600,56}{380,13} \\ &= 4,21 \text{ buah} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan pakai sebanyak 5 buah tulangan.

$$\begin{aligned} \text{i) Cek regangan tarik (c)} &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{79,48}{0,85} \\ &= 93,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{j) } \epsilon_t &= \frac{d_1 - c}{c} \times \epsilon_{cu} \\ &= \frac{565,5 - 93,50}{93,50} \times 0,003 \\ &= 0,0151 \end{aligned}$$

Sehingga nilai $\epsilon_t > 0,005$ asumsi benar

7) Analisis kapasitas momen nominal lentur balok

a) Titik berat tulangan tarik

$$\begin{aligned} \text{(1) } d_1 &= sb + \phi \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \phi \text{ pokok} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

(2) Jumlah tulangan (n1)= 5 buah

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ ds} &= \frac{n_1 \times d_1}{n_1} \\
 &= \frac{5 \times 61}{5} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4) \text{ d} &= h - \text{ds} \\
 &= 589 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b) Titik berat tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ d}_2 &= s_b + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{pokok}} \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 22 \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(2) Jumlah tulangan (n_2) = 4 buah

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ ds} &= \frac{n_2 \times d_2}{n_2} \\
 &= \frac{4 \times 61}{4} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (4) \text{ d} &= h - \text{ds} \\
 &= 589 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c) Mengecek tulangan sudah leleh atau belum

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Luas tul. tarik (A}_s) &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{pokok}}^2 \\
 &= 5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1900,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ Luas tul. tekan (A}'_s) &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{pokok}}^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1520,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ a (asumsi leleh)} &= \left(\frac{(A_s \times f_y) - (A'_s \times f_y)}{0,85 \times f_c \times b} \right) \\
 &= \left(\frac{(1900,66 \times 390) - (1520,53 \times 390)}{0,85 \times 26,4 \times 350} \right) \\
 &= 18,88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$(4) \text{ } \epsilon_{cs} = \frac{a - (ds \times \beta_1)}{a} \times \epsilon_{cu}$$

$$= \frac{18,88 - (61 \times 0,85)}{18,88} \times 0,003$$

$$= 0,00524$$

Cek syarat karena $\epsilon_{cs} < \epsilon_y$ maka tulangan belum leleh

d) Menghitung regangan tarik baja terluar

$$(1) (0,85 \times f_c' \times b) a^2 + (E \times \epsilon_{cu} \times A_s' - A_s \times f_y) a - (E \times \epsilon_{cu} \times A_s \times \beta_1 \times d_s) = 0$$

$$(0,85 \times 26,4 \times 350) a^2 + (200000 \times 0,003 \times 1520,53 - 1900,66 \times 390) a - (200000 \times 0,003 \times 1520,53 \times 0,85 \times 61) = 0$$

$$7854 a^2 - 171059,72 a - 47,3 \times 10^6 = 0$$

$$a_1 = \frac{-(-171059,72) - \sqrt{((-171059,72)^2 - 4 \times 7854 \times 47,3 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= 67,48 \text{ mm}$$

$$a_2 = \frac{-(-171059,72) + \sqrt{((-171059,72)^2 - 4 \times 7854 \times 47,3 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= -89,26 \text{ mm}$$

$$a \text{ pakai} = 67,48 \text{ mm}$$

$$(2) \epsilon_t = \frac{(\beta_1 \times d - a)}{a} \times \epsilon_{cu}$$

$$= \frac{(0,85 \times 589 - 67,48)}{67,48} \times 0,003$$

$$= 0,019$$

Cek syarat karena nilai $\epsilon_t > 0,005$ maka regangan baja terkontrol tarik

e) Kapasitas momen tulangan rangkap

$$(1) \text{ Momen maks (Mu)} = 308,57 \text{ kNm}$$

$$(2) F_s = E_s \times \left(\frac{a - (d_s \times \beta_1)}{a} \right) \times \epsilon_{cu}$$

$$= 200000 \times \left(\frac{67,48 - (61 \times 0,85)}{67,48} \right) \times 0,003$$

$$= 138,95 \text{ Mpa}$$

$$(3) M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$= (0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - \frac{1}{2} a) + f_s \times A_s' \times (d_2 - d'))$$

$$= (0,85 \times 26,4 \times 67,48 \times 350 \times (589 - \frac{1}{2} \times 67,48) + 138,95 \times 1520,53 \times (589 - 61)) / 10^6$$

$$= 433,72 \text{ kNm}$$

$$(4) M_n' = \phi_{\text{lentur}} \times M_n$$

$$= 0,9 \times 433,72$$

$$= 504,806 \text{ kNm}$$

Cek syarat $M_n' > M_u = 390,35 \text{ kNm} > 308,57 \text{ kNm}$ maka kapasitas momen tulangan rangkap aman

8) Analisis momen *probable capacity* (M_{pr})

Di asumsikan tulangan tekan belum leleh, maka nilai tinggi tekan dicari dengan persamaan berikut.

$$C_c + C_s = T_{s1} + T_{s2}$$

$$C_c + f_s \cdot A_s' = \phi_0 \cdot A_s \cdot f_y$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan kuadrat dengan kondisi:

$$Xa^2 + Ya + Z = 0$$

$$i) X = 0,85 \times b \times f_c'$$

$$= 0,85 \times 350 \times 26,4$$

$$= 7854$$

$$j) Y = (A_{\text{tekan}} \times \epsilon_{cu} \times E_s) - (A_{\text{tarik}} \times f_y \times \phi_0)$$

$$= (1900,66 \times 0,003 \times 200000) - (1520,53 \times 390 \times 1,25)$$

$$= -399139,35$$

$$k) Z = \beta \times \epsilon_{cu} \times E_s \times d' \times A_{\text{tekan}}$$

$$= 0,85 \times 0,003 \times 200000 \times 61 \times 1900,66$$

$$= -59129643,21$$

Sehingga didapatkan nilai a dengan rumus abc sebagai berikut.

$$a_1 = \frac{-(-399139,35) - \sqrt{((-399139,35)^2 - 4 \times 7854 \times 59,129 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= 65 \text{ mm}$$

$$a_2 = \frac{-(-399139,35) + \sqrt{((-399139,35)^2 - 4 \times 7854 \times 59,129 \times 10^6)}}{2 \times 7854}$$

$$= -115,82 \text{ mm}$$

a pakai= 65 mm

$$\begin{aligned} \text{l) } c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{65}{0,85} \\ &= 76,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{m) } \epsilon_s' &= \frac{(c-d')}{c} \times \epsilon_{cu} \\ &= \frac{(76,47 - 61)}{76,47} \times 0,003 \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

Cek syarat $\epsilon_s' < \epsilon_y = 0,0006 < 0,00195$ maka asumsi benar, belum leleh

$$\begin{aligned} \text{n) } F_s &= E_s \times \left(\frac{a - (d_s \times \beta_1)}{a} \right) \times \epsilon_{cu} \\ &= 200000 \times \left(\frac{65 - (61 \times 0,85)}{65} \right) \times 0,003 \\ &= 121,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{o) } M_{pr} &= ((0,85 \times F'_c \times a \times b \times (d - 1/2 a)) + (F_s \times A_{st} \times (d - d'))) \\ &= (0,85 \times 26,4 \times 65 \times 350 \times (589 - 1/2 \times 65)) + (121,39 \\ &\quad \times 1900,66 \times (589 - 61)) / 10^6 \\ &= 405,934 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{p) } M_{pr-} &= \phi_{lentur} \times M_{pr} \\ &= 0,9 \times 405,934 \\ &= 365,341 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Cek syarat $M_{pr-} > M_u = 365,341 \text{ kNm} > 308,572 \text{ kNm}$ maka kapasitas momen *probable capacity* memenuhi (aman).

6. Penulangan susut balok

Tulangan susut atau pinggang digunakan agar beton pada balok tidak mengalami penyusutan dimensi, selain itu tidak diperbolehkannya ada jarak 30 cm dalam beton tanpa penulangan. Perhitungannya sebagai berikut.

a. Properti material dan penampang

- 1) Tegangan leleh baja (f_y) = 390 Mpa
- 2) Lebar balok B1 = 350 mm

- 3) Tinggi balok B1 = 650 mm
- 4) Diameter tul. susut = 13 mm
- b. Rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton
- 1) \leq BJTD-30 maka $Asst = 0,002 \times b \times h$
 - 2) BJTD-40 maka $Asst = 0,0018 \times b \times h$
 - 3) \geq BJTD-40 maka $Asst = 0,0018 \times b \times h \times (400/f_y)$
- c. Perhitungan kebutuhan tulangan susut
- 1) $Asst = \rho_{sst} \times b \times h$
 $= 0,0018 \times 350 \times 650$
 $= 405 \text{ mm}^2$
 - 2) $n_{sst} = \frac{Asst}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$
 $= \frac{405}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2}$
 $= 3,429 \text{ buah}$

Maka digunakan tulangan susut balok sejumlah 4 buah.

7. Penulangan geser balok

Tulangan geser atau tulangan sengkang digunakan sebagai penahan gaya geser yang terjadi pada balok dalam menerima beban gempa dan gravitasi. Berikut contoh perhitungan dari balok B1.

- a. Properti material dan penampang
- 1) Panjang balok (L) = 8000 mm
 - 2) Lebar balok (b balok) = 350 mm
 - 3) Tinggi balok (h balok) = 650 mm
 - 4) Panjang tumpuan (2 x h balok) = 2 x 650
= 1300 mm
 - 5) Diameter tul. longitudinal, (db) = 22 mm
 - 6) Diameter tul. pinggang, (dbt) = 13 mm
 - 7) Diameter tul. sengkang (ds) = 10 mm
 - 8) Selimut beton (sb) = 40 mm

9) Tinggi efektif balok (d) $= h - s_b - d_s - d_b/2$
 $= 650 - 40 - 10 - 22/2$
 $= 589 \text{ mm}$

10) Kuat tekan beton ($f'c$) $= 26,4 \text{ Mpa}$

11) Kuat leleh tul. longitudinal (f_y) $= 390 \text{ Mpa}$

12) Kuat leleh tul. transversal (f_y) $= 240 \text{ Mpa}$ 13) $\beta_1 = 0,85$

13) Panjang kolom (b kolom) $= 500 \text{ mm}$

14) Lebar kolom (h kolom) $= 500 \text{ mm}$

15) L_n $= L - b \text{ kolom}$
 $= 8000 - 500$
 $= 7500 \text{ mm}$

b. Gaya dalam

1) V_u tumpuan $= 289,93 \text{ Mpa}$

2) V_u lapangan $= 214,01 \text{ Mpa}$

c. Desain penulangan

1) Desain gaya pada sendi plastis

a) V_g (dari SAP2000) $= 289,93 \text{ kN}$

b) V_e $= \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{L_{net}}$
 $= \frac{501,14 + 365,34}{7,5}$
 $= 115,530 \text{ kN}$

c) V_u $= V_e + V_g$
 $= 115,53 + 289,93$
 $= 405,46 \text{ kN}$

d) V_c $= \frac{1}{6} \times \frac{\sqrt{f'c} \times b \times d}{1000}$
 $= \frac{1}{6} \times \frac{\sqrt{26,4} \times 350 \times 565,5}{1000}$
 $= 169,493 \text{ kN}$

e) V_s $= V_u - V_c$
 $= 405,46 - 169,49$
 $= 235,97 \text{ Kn}$

2) Menghitung kebutuhan tulangan daerah sendi plastis

$$\begin{aligned}
 \text{a) } A_g &= b \times h \\
 &= 350 \times 650 \\
 &= 227500 \text{ mm}^2 \\
 \text{b) } A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{sengkang}}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2 \\
 \text{c) Jumlah kaki (n)} &= 2 \text{ buah} \\
 \text{d) spasi (s)} &= \frac{n \times A_v \times d_1 \times f_y}{V_s \times 1000} \\
 &= \frac{2 \times 78,54 \times 565,5 \times 390}{235,97 \times 1000} \\
 &= 146,81 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka jarak spasi tulangan (s) yang dipakai 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{e) Spasi max 1} &= \frac{1}{4} \times d \\
 &= \frac{1}{4} \times 589 \\
 &= 147,25 \text{ mm} \\
 \text{f) Spasi max 2} &= 6 \times d_b \\
 &= 6 \times 22 \\
 &= 132 \text{ mm} \\
 \text{g) Spasi max 3} &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek spasi = Spasi < Spasi max 1,2,3 (memenuhi)

3) Desain gaya pada luar sendi plastis

$$\begin{aligned}
 \text{a) } V_g \text{ (dari SAP2000)} &= 214,01 \text{ kN} \\
 \text{b) } V_e &= \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{L_{net}} \\
 &= \frac{501,14 + 365,34}{7,5} \\
 &= 115,530 \text{ kN} \\
 \text{c) } V_u &= V_e + V_g \\
 &= 115,53 + 214,01 \\
 &= 329,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) } V_c &= \frac{\frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'x} b \times d \times 1}{1000} \\
 &= \frac{\frac{1}{6} \times \sqrt{26,4} \times 350 \times 565,5}{1000} \\
 &= 169,493 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e) } V_s &= V_u - V_c \\
 &= 329,54 - 169,49 \\
 &= 160,49 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

4) Menghitung kebutuhan tulangan daerah luar sendi plastis

$$\begin{aligned}
 \text{a) } A_g &= b \times h \\
 &= 350 \times 650 \\
 &= 227500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{sengkang}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{c) Jumlah kaki (n)} = 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) spasi (s)} &= \frac{n \times A_v \times d \times f_y}{V_s \times 1000} \\
 &= \frac{2 \times 78,54 \times 565,5 \times 390}{160,49 \times 1000} \\
 &= 216,45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka jarak spasi tulangan (s) yang dipakai 200 mm

$$\begin{aligned}
 \text{e) Spasi max 1} &= \frac{1}{2} \times d \\
 &= \frac{1}{4} \times 589 \\
 &= 216,45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek spasi = Spasi < Spasi max 1 (memenuhi)

8. Rekapitulasi penulangan balok

Setelah dilakukan analisis balok seperti pada perhitungan-perhitungan diatas, disimpulkan rekapitulasi penulangan balok dapat dilihat pada Tabel 5.57 dan Tabel 5.58 sebagai berikut.

Tabel 5. 57 Tabel Rekapitulasi Penulangan Balok Alternatif

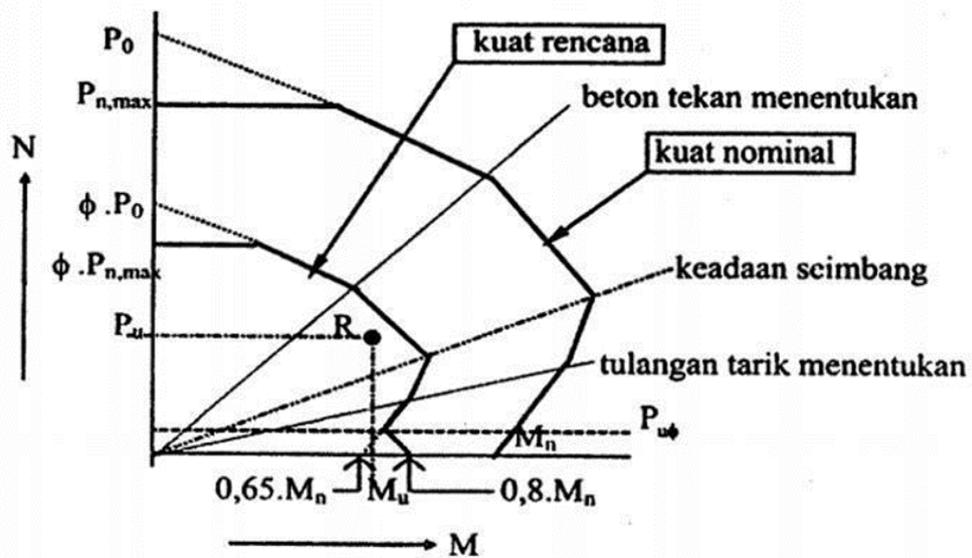
| Tipe Balok | Dimensi | Mutu Beton | Mutu Baja | | Tulangan Pokok | | | | Tulangan Pinggang | Tulangan Geser | | Selimut Beton |
|------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|-------|----------|-------|-------------------|----------------|----------|---------------|
| | | | | | Tumpuan | | Lapangan | | | Tumpuan | Lapangan | |
| | (mm) | (Mpa) | Ulir (Mpa) | Polos (Mpa) | Atas | Bawah | Atas | Bawah | | | | (mm) |
| B.1 | 350x650 | 26,4 | 40 | 24 | 7D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 5D-22 | 4D-13 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.2 | 250x500 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-22 | 3D-22 | 3D-22 | 3D-22 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.2A | 250x500 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.3 | 300x600 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-13 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.4 | 250x400 | 26,4 | 40 | 24 | 5D-19 | 4D-19 | 2D-19 | 4D-19 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.5 | 200x400 | 26,4 | 40 | 24 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.6 | 200x300 | 26,4 | 40 | 24 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |

Tabel 5. 58 Tabel Penulangan Balok Eksisting

| Tipe Balok | Dimensi | Mutu Beton | Mutu Baja | | Tulangan Pokok | | | | Tulangan Pinggang | Tulangan Geser | | Selimut Beton |
|------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|-------|----------|-------|-------------------|----------------|----------|---------------|
| | | | | | Tumpuan | | Lapangan | | | Tumpuan | Lapangan | |
| | (mm) | (Mpa) | Ulir (Mpa) | Polos (Mpa) | Atas | Bawah | Atas | Bawah | | | | (mm) |
| B.1 | 350x650 | 26,4 | 40 | 24 | 8D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 5D-22 | 2D-13 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.2 | 300x500 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 4D-22 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.2A | 300X500 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.3 | 300X600 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D-13 | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.4 | 250x400 | 26,4 | 40 | 24 | 5D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.5 | 200x400 | 26,4 | 40 | 24 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |
| B.6 | 200x300 | 26,4 | 40 | 24 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | - | 2D10-100 | 2D10-200 | 40 |

5.4.6 Desain Kolom

Desain kolom dilakukan dengan cara membuat grafik diagram Mn-Pn Kolom. Grafik diagram Mn-Pn kolom sendiri merupakan suatu grafik yang menjelaskan daerah batas antara kombinasi momen dan beban aksial yang mampu ditahan oleh kolom. Grafik diagram Mn-Pn kolom diperoleh dari gaya normal pada sumbu horizontal dan beban aksial pada sumbu vertikal yang dapat menggambarkan besar momen lentur pada kolom. Pada grafik diagram tersebut terdapat dua daerah yang membagi yaitu daerah kuat tekan dan daerah kuat tarik dengan pembatas pada kondisi seimbang (*balance*). Contoh grafik diagram Mn-Pn dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5. 11 Grafik Diagram Mn-Pn Kolom

Dalam pembuatan grafik diagram Pn-Mn kolom akan ditinjau dalam perhitungan pada lima kondisi. Perhitungan grafik diagram Mn-Pn kolom dapat dilihat pada Tabel 5.59 berikut.

Tabel 5. 59 Rumus Grafik Diagram Mn-Pn Kolom pada Lima Kondisi

| Kondisi | Garis | Eksentrisitas | Tl. Tekan (fs') | Tl. Tarik (fs) | Kuat desak (Pn) | Kuat lentur (Mn) | Faktor reduksi (ϕ) |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|------------------------------|
| Kosentris | netral | (e) | fy | fy | $P_{nmax}=0,80.0,85.fc'.(A_g - A_{st}) + A_{st}.f_y$ | 0 | 0,65 |
| Patah desak | $C = \infty$ | $e \sim 0$ | $\frac{600(c - ds)}{c} \leq f_y$ | $\frac{600(d - c)}{c}$ | $P_n = C_c + A_s'.f_y - A_s.f_s \leq P_{nmax}$ | $M_n = C_c.(\frac{1}{2}H - \frac{1}{2}a) + C_s.(\frac{1}{2}H - ds) + T_s. (d - \frac{1}{2}H)$ | 0,65 |
| Seimbang (balance) | $C > C_b$ | $e < e_b$ | $\frac{600(c - ds)}{c} \leq f_y$ | $\frac{600(d - c)}{c}$ | $P_n = C_c + A_s'.f_y - A_s.f_s$ | $M_n = C_c.(\frac{1}{2}H - \frac{1}{2}a) + C_s.(\frac{1}{2}H - ds) + T_s. (d - \frac{1}{2}H)$ | 0,65 |
| Patah tarik | $C = C_b$ | $e = e_b$ | $\frac{600(c - ds)}{c}$ | $\frac{600(d - c)}{c} \leq f_y$ | $P_n = C_c + A_s'.f_y - A_s.f_s$ | $M_n = C_c.(\frac{1}{2}H - \frac{1}{2}a) + C_s.(\frac{1}{2}H - ds) + T_s. (d - \frac{1}{2}H)$ | 0,65~0,9 |
| Lentur Murni | $C < C_b$ | $e > e_b$ | $\frac{600(c - ds)}{c}$ | $\frac{600(d - c)}{c} \leq f_y$ | 0 | $M_n = C_c.(\frac{1}{2}H - \frac{1}{2}a) + C_s.(\frac{1}{2}H - ds) + T_s. (d - \frac{1}{2}H)$ | 0,9 |

Kolom dalam perencanaan bangunan ini terdapat 4 macam, yaitu K1 (500 x 500 mm), K1.A (500x 500 mm), K2 (300 x 300 mm) dan K3 (300 x 150 mm).

Adapun langkah-langkah analisis kolom sebagai berikut.

1. Mencari nilai gaya aksial, gaya geser pada kolom dan momen balok yang menumpu pada kolom. Pada SAP 2000 dapat diketahui besaran nilai momen dan gaya aksialnya dengan cara menyeleksi kolom yang ditinjau - *Display - Show Tables - Analysis - Results - Frame Results - Column Forces*. Sehingga didapatkan data yang dapat pada Tabel 5.60 dan Tabel 5.61 sebagai berikut.

Tabel 5. 60 Rekapitulasi Gaya Aksial, Gaya Geser pada Kolom dan Momen Balok yang Menumpu Kolom dari Analisis

| Lantai | Mn Balok (kNm) | | Pu (Kn) | | Vu | |
|--------|----------------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| | - | + | - | + | - | + |
| K3 | -7,55 | 7,0 | -60,37 | 56,479 | -3,222 | 3,157 |
| K2 | -35,78 | 37,26 | -826,19 | 388,21 | -20,011 | 14,35 |
| K1.A | -179,64 | 177,04 | -941,36 | 506,54 | -44,059 | 37,417 |
| K1 | -270,31 | 253,23 | -1.763,76 | 955,33 | -86,771 | 68,923 |

Tabel 5. 61 Rekapitulasi Gaya Aksial, Gaya Geser pada Kolom dan Momen Balok yang Menumpu Kolom dari Perencana

| Lantai | Mn Balok (kNm) | | Pu (Kn) | | Vu | |
|--------|----------------|--------|-----------|--------|---------|-------|
| | - | + | - | + | - | + |
| K3 | -7,34 | 6,89 | -58,23 | 56,132 | -3,02 | 2,98 |
| K2 | -34,28 | 33,29 | -817,22 | 375,00 | -19,82 | 15,35 |
| K1.A | -175,22 | 173,81 | -932,58 | 498,28 | -42,79 | 36,42 |
| K1 | -250 | 235 | -1.854,00 | 969,45 | -85,351 | 66,84 |

Dari Tabel 5.60 dan Tabel 5.61 didapatkan hasil yang kurang lebih sama bahkan gaya aksial, gaya geser pada kolom dan momen balok yang menumpu kolom dari hasil analisis ada beberapa yang lebih besar dari gaya aksial, gaya geser pada kolom dan momen balok yang menumpu kolom dari perencanaan, sehingga pada penelitian ini dipakai momen dan gaya geser balok dari hasil analisis peneliti.

2. Perhitungan tulangan longitudinal kolom

Adapun perhitungan tulangan longitudinal kolom sebagai contoh menggunakan kolom K1 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Data material penampang

- 1) Kuat tekan beton ($f'c$) = 26,4 Mpa
- 2) Tegangan leleh baja (f_y) = 390 Mpa
- 3) Selimut beton (p_b) = 40 mm
- 4) Lebar kolom (b) = 500 mm
- 5) Panjang kolom (h) = 500 mm
- 6) Φ pokok = 22 mm
- 7) Φ sengkang = 10 mm
- 8) d_s = $p_b + \phi_{sengkang} + \frac{\phi_{pokok}}{2}$
 $= 40 + 10 + \frac{22}{2}$
 $= 61$ mm
- 9) E_c = 0,003
- 10) E_s = 200000 Mpa

b. Perhitungan diagram interaksi

- 1) Faktor distribusi tegangan
 $\beta_1 (f'c \leq 28 \text{ MPa}) = 0,85$
- 2) Luas 1 tulangan
 $A_{tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{pokok}^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2$
 $= 2280,79 \text{ mm}^2$
- 3) Luas Kolom
 $A_g = b \times h$
 $= 500 \times 500$
 $= 250000 \text{ mm}^2$
- 4) Regangan baja
 $\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s}$
 $= \frac{390}{200000}$

$$= 0,00195$$

5) Jarak ke titik berat tulangan

$$\begin{aligned} d &= h - d_s \\ &= 500 - 61 \\ &= 439 \text{ mm} \end{aligned}$$

6) Kondisi balance

$$\begin{aligned} C_b &= \left(\frac{600 \times d}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{600 \times 439}{600 + 390} \right) \\ &= 266,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

7) Perhitungan rasio tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.3.1 rasio tulangan yang dapat dipakai sekitar 1% - 4 %. Untuk perhitungan rasio tulangan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{rasio tulangan} \times b \times h}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ pokok}^2} \\ &= \frac{1\% \times 500 \times 500}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,58 \text{ buah} \end{aligned}$$

Adapun perhitungan rasio tulangan 1% - 4% dapat dilihat pada Tabel 5.62 berikut.

Tabel 5. 62 Rekapitulasi Rasio Tulangan

| Rasio | n | n pakai |
|-------|-------|---------|
| 1% | 6,58 | 8 |
| 1,5% | 9,86 | 12 |
| 2% | 13,15 | 16 |
| 2,50% | 16,44 | 18 |
| 3% | 19,73 | 20 |
| 3,50% | 23,02 | 24 |
| 4% | 26,31 | 30 |

8) Luas total tul. pokok (Ast) = 3,5 % x Ag

$$\begin{aligned} &= 3,5 \% \times 250000 \\ &= 8750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9) \quad A_s = A_s' &= \frac{1}{2} A_{st} \\
 &= \frac{1}{2} \times 8750 \\
 &= 4375 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan grafik Mn-Pn

1) Kondisi konstris

Kondisi ini adalah kondisi dimana beban bekerja tepat pada titik berat potongan kolom (beban aksial momen), sehingga tidak ada momen ($M_n = 0$).

$$\begin{aligned}
 P_n \text{ Max} &= 0,80 \times 0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \\
 &= 0,80 \times 0,85 \times 30 \times (250000 - 8750) + 8750 \times 390 \\
 &= 7743,42 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena $\epsilon_t \leq \epsilon_y$ maka:

$$\begin{aligned}
 \phi &= 0,65 \\
 P_u &= \phi \times P_n \\
 &= 0,65 \times 7743,42 \\
 &= 5033,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) Kondisi patah desak

Agar terjadi patah desak, maka diambil faktor pengali > 1 . Misal dipakai faktor pengali 1,1.

$$\begin{aligned}
 c &= 1,1 \times c_b \\
 &= 1,1 \times 266,06 \\
 &= 292,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \times c \\
 &= 0,85 \times 292,67 \\
 &= 248,77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan (f_s')

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(\frac{600 \times (c - d_s)}{c} \right) \\
 &= \left(\frac{600 \times (292,67 - 61)}{292,67} \right) \\
 &= 474,94 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Karena hasilnya tidak memenuhi $\leq f_y$ maka diambil $f_s' = 420$ Mpa

Tulangan tarik (f_s)

$$\begin{aligned} f_s &= \left(\frac{600 \times (d-c)}{c} \right) \\ &= \left(\frac{600 \times (439-292,67)}{292,67} \right) \\ &= 300,00 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z1 &= \frac{1}{2} H - \frac{1}{2} a \\ &= \frac{1}{2} \times 500 - \frac{1}{2} \times 248,77 \\ &= 125,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2 &= \frac{1}{2} H - d_s \\ &= \frac{1}{2} \times 500 - 61 \\ &= 189 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z3 &= d - \frac{1}{2} H \\ &= 439 - \frac{1}{2} \times 500 \\ &= 189 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + (A_s' \times F_s') - (A_s \times F_s) \leq P_n \text{ max} \\ &= (0,85 \times F_c' \times a \times b) + (A_s' \times F_s') - (A_s \times F_s) \\ &= (0,85 \times 26,4 \times 248,77 \times 500) + (4375 \times 390) - (4375 \times 300,00) \\ &= 3184,912 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times Z1 + C_s \times Z2 + T_s \times Z3 \\ &= ((0,85 \times 26,4 \times 248,77 \times 500) \times 125,6 + (4375 \times 390) \times 189 \\ &\quad + (4375 \times 300) \times 189) / 10^6 \\ &= 921,16 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{439-292,67}{292,67} \right) \times 0,003 \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

Karena $\epsilon_t \leq \epsilon_y$ maka:

$$\phi = 0,65$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &= 0,65 \times 3184,912 \\ &= 2070,193 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi.Mn &= 0,65 \times 921,16 \\ &= 598,75 \text{ kNm}\end{aligned}$$

3) Kondisi *balance*

Agar terjadi kondisi *balance* atau seimbang, maka diambil faktor pengali ialah 1.

$$\begin{aligned}c &= 1 \times cb \\ &= 266,06 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \times c \\ &= 0,85 \times 266,06 \\ &= 226,15 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tulangan tekan (f_s')

$$\begin{aligned}f_s' &= \left(\frac{600 \times (c-ds)}{c} \right) \leq f_y \\ &= \left(\frac{600 \times (266,06-61)}{266,06} \right) \\ &= 462,437 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Karena hasilnya tidak memenuhi $\leq f_y$ maka diambil f_s' sebesar 390 Mpa

Tulangan tarik (f_s)

$$\begin{aligned}f_s &= \left(\frac{600 \times (d-c)}{c} \right) \\ &= \left(\frac{600 \times (439-266,06)}{266,06} \right) \\ &= 390 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_1 &= \frac{1}{2} H - \frac{1}{2} a \\ &= \frac{1}{2} \times 500 - \frac{1}{2} \times 226,15 \\ &= 136,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_2 &= \frac{1}{2} H - ds \\ &= \frac{1}{2} \times 500 - 61 \\ &= 189 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_3 &= d - \frac{1}{2} H \\ &= 439 - \frac{1}{2} \times 500 \\ &= 189 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$P_n = C_c + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_s) \leq P_n \text{ max}$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,85 \times F_c' \times a \times b) + (A_s' \times F_s') - (A_s \times F_s) \\
 &= (0,85 \times 26,4 \times 226,15 \times 500) + (4375 \times 390) - (4375 \times 390) \\
 &= 2537,42 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 + T_s \times Z_3 \\
 &= ((0,85 \times 26,4 \times 226,15 \times 500) \times 136,9 + (4375 \times 390) \times 189 \\
 &\quad + (4375 \times 390) \times 189) / 10^6 \\
 &= 992,40 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\
 &= \left(\frac{439-266,06}{266,06} \right) \times 0,003 \\
 &= 0,00195
 \end{aligned}$$

Karena $\epsilon_t \leq \epsilon_y$ maka :

$$\begin{aligned}
 \phi &= 0,65 \\
 \phi P_n &= 0,65 \times 2537,42 \\
 &= 1649,323 \text{ kN} \\
 \phi M_n &= 0,65 \times 992,40 \\
 &= 645,06 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

4) Kondisi patah tarik

Agar terjadi patah tarik, maka diambil faktor pengali < 1 . Misal dipakai faktor pengali 0,9.

$$\begin{aligned}
 c &= 0,9 \times c_b \\
 &= 0,9 \times 266,06 \\
 &= 239,455 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \times c \\
 &= 0,85 \times 239,455 \\
 &= 203,45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan (f_s')

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(\frac{600 \times (c-ds)}{c} \right) \leq f_y \\
 &= \left(\frac{600 \times (239,455-61)}{239,455} \right) \\
 &= 447,15 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik (f_s)

$$\begin{aligned} f_s &= \left(\frac{600 \times (d-c)}{c} \right) \\ &= \left(\frac{600 \times (439-239,455)}{239,455} \right) \\ &= 500 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Karena hasilnya tidak memenuhi $\leq f_y$ maka diambil f_s sebesar 390 Mpa

$$\begin{aligned} Z1 &= \frac{1}{2} H - \frac{1}{2} a \\ &= \frac{1}{2} \times 500 - \frac{1}{2} \times 203,45 \\ &= 148,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2 &= \frac{1}{2} H - d_s \\ &= \frac{1}{2} \times 500 - 61 \\ &= 189 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z3 &= d - \frac{1}{2} H \\ &= 439 - \frac{1}{2} \times 500 \\ &= 189 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + (A_s' \times F_s') - (A_s \times F_s) \leq P_n \text{ max} \\ &= (0,85 \times F_c' \times a \times b) + (A_s' \times F_s') - (A_s \times F_s) \\ &= (0,85 \times 26,4 \times 203,45 \times 500) + (4375 \times 447,15) - (4375 \times 390) \\ &= 2533,721 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times Z1 + C_s \times Z2 + T_s \times Z3 \\ &= ((0,85 \times 26,4 \times 203,54 \times 500) \times 136,9 + (4375 \times 447,15) \times \\ &189 + (4375 \times 390) \times 189) / 10^6 \\ &= 1030,73 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\ &= \left(\frac{439-239,455}{239,455} \right) \times 0,003 \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

Karena $\epsilon_t < \epsilon_y < 0,005$ maka :

$$\begin{aligned} \phi &= 0,695 \\ \phi P_n &= 0,695 \times 2533,721 \\ &= 1761,144 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi Mn &= 0,695 \times 1030,73 \\ &= 716,44 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5) Kondisi lentur murni

Kondisi ini adalah kondisi dimana beban yang terjadi hanyalah momen, beban aksial sama dengan nol.

$$\begin{aligned}A &= 0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times B \\ &= 0,85 \times 26,4 \times 0,85 \times 500 \\ &= 9537 \\ B &= 600 \times A_s' - f_y \times A_s \\ &= 600 \times 4375 - 26,4 \times 4375 \\ &= 918750 \\ C &= -600 \times d_s \times A_s' \\ &= -600 \times 61 \times 4375 \\ &= -160125000 \\ c &= \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\ &= \frac{-2509500 \pm \sqrt{(2509500)^2 - 4 \times 9537 \times (-160125000)}}{2 \times 9537} \\ &= 90,07 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \times c \\ &= 0,85 \times 90,07 \\ &= 76,56 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tulangan tekan (f_s')

$$\begin{aligned}f_s' &= \left(\frac{600 \times (c - d_s)}{c} \right) \leq f_y \\ &= \left(\frac{600 \times (90,07 - 61)}{90,07} \right) \\ &= 193,655 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tulangan tarik (f_s)

$$\begin{aligned}f_s &= \left(\frac{600 \times (d - c)}{c} \right) \\ &= \left(\frac{600 \times (439 - 90,07)}{90,07} \right) \\ &= 2324,35 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Karena hasilnya tidak memenuhi $\leq f_y$ maka diambil f_s sebesar 390 Mpa

$$\begin{aligned}
 Z1 &= \frac{1}{2} H - \frac{1}{2} a \\
 &= \frac{1}{2} \times 500 - \frac{1}{2} \times 76,56 \\
 &= 211,7 \text{ mm} \\
 Z2 &= \frac{1}{2} H - d_s \\
 &= \frac{1}{2} \times 500 - 61 \\
 &= 189 \text{ mm} \\
 Z3 &= d - \frac{1}{2} H \\
 &= 439 - \frac{1}{2} \times 500 \\
 &= 189 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c \times Z1 + C_s \times Z2 + T_s \times Z3 \\
 &= ((0,85 \times 26,4 \times 63,09 \times 500) \times 218,5 + (3475 \times 106,87) \times 189 \\
 &\quad + (3475 \times 390) \times 189) / 10^6 \\
 &= 664,48 \text{ kNm} \\
 \epsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 0,003 \\
 &= \left(\frac{439-90,07}{90,07} \right) \times 0,003 \\
 &= 0,0116 \\
 \text{Karena } \epsilon_t &\geq 0,005 \text{ maka :} \\
 \phi &= 0,9 \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 664,48 \\
 &= 598,03 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan nilai M_u dan P_u pada kolom K1 (rasio tulangan 3,5 %), K1.A (rasio tulangan 3%), K2 (rasio tulangan 2%), K3 (rasio tulangan 1,5 %) dapat dilihat pada Tabel 5.63, Tabel 5.64, Tabel 5.65 dan Tabel 5.66 berikut.

Tabel 5. 63 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K1 (rasio tulangan 3,5%)

| Kondisi | C | | a (mm) | Tul. Tekan (fs') | | Tul. Tarik (fs) | | Z1 | Z2 | Z3 | Pn (kN) | | Mn (knm) | Et | φ | φPn | φMn |
|--------------|--------|---------|----------|------------------|---------|-----------------|---------|-------------|-----------|----------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|--------|
| | n.Cb | diambil | (C x β1) | hitung | diambil | hitung | diambil | (1/2H-1/2a) | (1/2H-d') | (d-1/2H) | hitung | diambil | | | | | |
| Konstris | ~ | ~ | | 390 | 390 | 390 | 390 | | | | 7743,42 | 7743,42 | 0 | 0 | 0,65 | 5033,22 | 0,00 |
| Patah Desak | 1,879 | 500,00 | 425,00 | 526,8 | 390 | -73,20 | -73,20 | 37,5 | 189 | 189 | 6795,00 | 6795,00 | 440,77 | 0,0004 | 0,65 | 4416,75 | 286,50 |
| | 1,8 | 478,91 | 407,07 | 523,58 | 390 | -50,00 | -50,00 | 46,5 | 189 | 189 | 6492,36 | 6492,36 | 493,35 | 0,0003 | 0,65 | 4220,03 | 320,68 |
| | 1,7 | 452,30 | 384,46 | 519,08 | 390 | -17,65 | -17,65 | 57,8 | 189 | 189 | 6097,07 | 6097,07 | 557,09 | 0,0001 | 0,65 | 3963,10 | 362,11 |
| | 1,6 | 425,70 | 361,84 | 514,02 | 390 | 18,75 | 18,75 | 69,1 | 189 | 189 | 5684,09 | 5684,09 | 618,44 | 0,0001 | 0,65 | 3694,66 | 401,98 |
| | 1,5 | 399,09 | 339,23 | 508,29 | 390 | 60,00 | 60,00 | 80,4 | 189 | 189 | 5249,88 | 5249,88 | 678,05 | 0,0003 | 0,65 | 3412,42 | 440,74 |
| | 1,4 | 372,48 | 316,61 | 501,74 | 390 | 107,14 | 107,14 | 91,7 | 189 | 189 | 4789,89 | 4789,89 | 736,81 | 0,0005 | 0,65 | 3113,43 | 478,92 |
| | 1,3 | 345,88 | 294,00 | 494,18 | 390 | 161,54 | 161,54 | 103,0 | 189 | 189 | 4298,17 | 4298,17 | 795,82 | 0,0008 | 0,65 | 2793,81 | 517,28 |
| | 1,2 | 319,27 | 271,38 | 485,36 | 390 | 225,00 | 225 | 114,3 | 189 | 189 | 3766,78 | 3766,78 | 856,59 | 0,0011 | 0,65 | 2448,41 | 556,78 |
| 1,1 | 292,67 | 248,77 | 474,94 | 390 | 300,00 | 300 | 125,6 | 189 | 189 | 3184,91 | 3184,91 | 921,16 | 0,0015 | 0,65 | 2070,19 | 598,75 | |
| Balance | 1 | 266,06 | 226,15 | 462,44 | 390 | 390,00 | 390 | 136,9 | 189 | 189 | 2537,42 | 2537,42 | 992,40 | 0,0020 | 0,65 | 1649,32 | 645,06 |
| Patah Tarik | 0,9 | 239,45 | 203,54 | 447,15 | 447,15 | 500,00 | 390 | 148,2 | 189 | 189 | 2533,72 | 2533,72 | 1030,73 | 0,0025 | 0,70 | 1761,14 | 716,44 |
| | 0,8 | 212,85 | 180,92 | 428,05 | 428,05 | 637,50 | 390 | 159,5 | 189 | 189 | 2196,39 | 2196,39 | 1000,28 | 0,0032 | 0,75 | 1650,44 | 751,64 |
| | 0,7 | 186,24 | 158,31 | 403,48 | 403,48 | 814,29 | 390 | 170,8 | 189 | 189 | 1835,18 | 1835,18 | 959,57 | 0,0041 | 0,82 | 1511,98 | 790,58 |
| | 0,6 | 159,64 | 135,69 | 370,73 | 370,73 | 1050,00 | 390 | 182,2 | 189 | 189 | 1438,14 | 1438,14 | 906,35 | 0,0052 | 0,90 | 1294,33 | 815,71 |
| | 0,5 | 133,03 | 113,08 | 324,87 | 324,87 | 1380,00 | 390 | 193,5 | 189 | 189 | 983,79 | 983,79 | 836,56 | 0,0069 | 0,90 | 885,41 | 752,90 |
| | 0,4 | 106,42 | 90,46 | 256,09 | 256,09 | 1875,00 | 390 | 204,8 | 189 | 189 | 429,13 | 429,13 | 742,07 | 0,0094 | 0,90 | 386,21 | 667,87 |
| | 0,3 | 79,82 | 67,85 | 141,46 | 141,46 | 2700,00 | 390 | 216,1 | 189 | 189 | -326,15 | -326,15 | 603,93 | 0,0135 | 0,90 | -293,53 | 543,54 |
| Lentur Murni | 0,28 | 74,22 | 63,09 | 106,87 | 106,87 | 2948,94 | 390 | 218,5 | 189 | 189 | 0,00 | 0,00 | 664,48 | 0,0116 | 0,90 | 0,00 | 598,03 |

Tabel 5. 64 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K1.A (rasio tulangan 3%)

| Kondisi | C | | a (mm) | Tul.Tekan (fs') | | Tul. Tarik (fs) | | Z1 | Z2 | Z3 | Pn (kN) | | Mn (knm) | Et | φ | φPn | φMn |
|--------------|--------|---------|----------|-----------------|---------|-----------------|---------|-------------|-----------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|
| | n.Cb | diambil | (C x β1) | hitung | diambil | hitung | diambil | (1/2H-1/2a) | (1/2H-d') | (d-1/2H) | hitung | diambil | | | | | |
| Konstris | ~ | ~ | | 390 | 390 | 390 | 390 | | | | 7278,36 | 7278,36 | 0 | 0 | 0,65 | 4730,93 | 0 |
| Patah Desak | 1,879 | 500,00 | 425,00 | 526,8 | 390 | -73,20 | -73,20 | 37,5 | 189 | 189 | 6505,50 | 6505,50 | 403,35 | -0,0004 | 0,65 | 4228,58 | 262,18 |
| | 1,8 | 478,91 | 407,07 | 523,58 | 390 | -50,00 | -50,00 | 46,5 | 189 | 189 | 6217,36 | 6217,36 | 453,19 | -0,0003 | 0,65 | 4041,28 | 294,57 |
| | 1,7 | 452,30 | 384,46 | 519,08 | 390 | -17,65 | -17,65 | 57,8 | 189 | 189 | 5842,29 | 5842,29 | 513,11 | -0,0001 | 0,65 | 3797,49 | 333,52 |
| | 1,6 | 425,70 | 361,84 | 514,02 | 390 | 18,75 | 18,75 | 69,1 | 189 | 189 | 5452,06 | 5452,06 | 570,15 | 0,0001 | 0,65 | 3543,84 | 370,60 |
| | 1,5 | 399,09 | 339,23 | 508,29 | 390 | 60,00 | 60,00 | 80,4 | 189 | 189 | 5043,63 | 5043,63 | 624,90 | 0,0003 | 0,65 | 3278,36 | 406,18 |
| | 1,4 | 372,48 | 316,61 | 501,74 | 390 | 107,14 | 107,14 | 91,7 | 189 | 189 | 4613,10 | 4613,10 | 678,08 | 0,0005 | 0,65 | 2998,52 | 440,75 |
| | 1,3 | 345,88 | 294,00 | 494,18 | 390 | 161,54 | 161,54 | 103,0 | 189 | 189 | 4155,38 | 4155,38 | 730,67 | 0,0008 | 0,65 | 2700,99 | 474,93 |
| | 1,2 | 319,27 | 271,38 | 485,36 | 390 | 225,00 | 225 | 114,3 | 189 | 189 | 3663,65 | 3663,65 | 783,94 | 0,0011 | 0,65 | 2381,38 | 509,56 |
| 1,1 | 292,67 | 248,77 | 474,94 | 390 | 300,00 | 300 | 125,6 | 189 | 189 | 3128,66 | 3128,66 | 839,65 | 0,0015 | 0,65 | 2033,63 | 545,78 | |
| Balance | 1 | 266,06 | 226,15 | 462,44 | 390 | 390,00 | 390 | 136,9 | 189 | 189 | 2537,42 | 2537,42 | 900,26 | 0,0020 | 0,65 | 1649,32 | 585,17 |
| Patah Tarik | 0,9 | 239,45 | 203,54 | 447,15 | 447,15 | 500,00 | 390 | 148,2 | 189 | 189 | 2498,00 | 2498,00 | 931,85 | 0,0025 | 0,695 | 1736,31 | 647,71 |
| | 0,8 | 212,85 | 180,92 | 428,05 | 428,05 | 637,50 | 390 | 159,5 | 189 | 189 | 2172,61 | 2172,61 | 903,65 | 0,0032 | 0,751 | 1632,57 | 679,03 |
| | 0,7 | 186,24 | 158,31 | 403,48 | 403,48 | 814,29 | 390 | 170,8 | 189 | 189 | 1826,75 | 1826,75 | 865,84 | 0,0041 | 0,824 | 1505,04 | 713,35 |
| | 0,6 | 159,64 | 135,69 | 370,73 | 370,73 | 1050,00 | 390 | 182,2 | 189 | 189 | 1450,19 | 1450,19 | 816,49 | 0,0052 | 0,90 | 1305,17 | 734,84 |
| | 0,5 | 133,03 | 113,08 | 324,87 | 324,87 | 1380,00 | 390 | 193,5 | 189 | 189 | 1024,49 | 1024,49 | 752,11 | 0,0069 | 0,90 | 922,04 | 676,90 |
| | 0,4 | 106,42 | 90,46 | 256,09 | 256,09 | 1875,00 | 390 | 204,8 | 189 | 189 | 512,82 | 512,82 | 665,75 | 0,0094 | 0,90 | 461,54 | 599,18 |
| Lentur Murni | 0,32 | 85,58 | 72,75 | 172,35 | 172,35 | 2477,71 | 390 | 213,6 | 189 | 189 | 0,00 | 0,00 | 572,93 | 0,0124 | 0,90 | 0,00 | 515,63 |

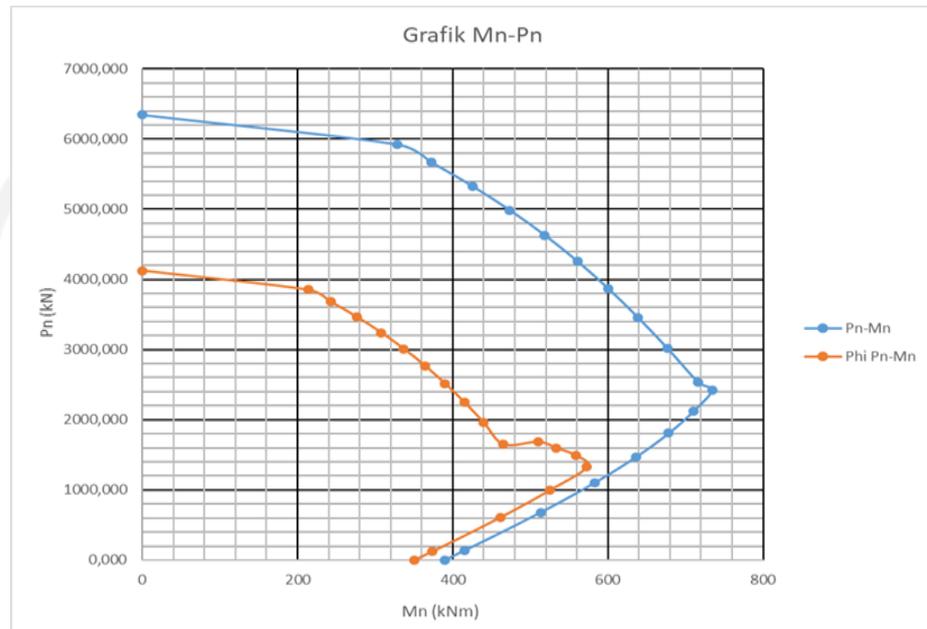
Tabel 5. 65 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K2 (rasio tulangan 2%)

| Kondisi | C | | a (mm) | Tul. Tekan (fs') | | Tul. Tarik (fs) | | Z1 | Z2 | Z3 | Pn (kN) | | Mn (knm) | Et | φ | φPn | φMn |
|--------------|------|---------|----------|------------------|---------|-----------------|---------|-------------|-----------|----------|---------|---------|----------|---------|-------|---------|-------|
| | n.Cb | diambil | (C x β1) | hitung | diambil | hitung | diambil | (1/2H-1/2a) | (1/2H-d') | (d-1/2H) | hitung | diambil | | | | | |
| Konstris | ~ | ~ | | 390 | 390 | 390 | 390 | - | | | 2285,37 | 2285,37 | 0 | 0,0000 | 0,65 | 1485,49 | 0 |
| Patah Desak | 1,8 | 262,36 | 223,01 | 463,93 | 390 | -50,00 | -50,00 | 38,5 | 90,5 | 90,5 | 1897,30 | 1897,30 | 85,49 | -0,0003 | 0,65 | 1233,24 | 55,57 |
| | 1,7 | 247,79 | 210,62 | 455,93 | 390 | -17,65 | -17,65 | 44,7 | 90,5 | 90,5 | 1784,77 | 1784,77 | 93,69 | -0,0001 | 0,65 | 1160,10 | 60,90 |
| | 1,6 | 233,21 | 198,23 | 446,92 | 390 | 18,75 | 18,75 | 50,9 | 90,5 | 90,5 | 1668,61 | 1668,61 | 101,20 | 0,0001 | 0,65 | 1084,60 | 65,78 |
| | 1,5 | 218,64 | 185,84 | 436,72 | 390 | 60,00 | 60,00 | 57,1 | 90,5 | 90,5 | 1548,08 | 1548,08 | 108,06 | 0,0003 | 0,65 | 1006,25 | 70,24 |
| | 1,4 | 204,06 | 173,45 | 425,05 | 390 | 107,14 | 107,14 | 63,3 | 90,5 | 90,5 | 1422,25 | 1422,25 | 114,38 | 0,0005 | 0,65 | 924,46 | 74,34 |
| | 1,3 | 189,48 | 161,06 | 411,59 | 390 | 161,54 | 161,54 | 69,5 | 90,5 | 90,5 | 1289,89 | 1289,89 | 120,25 | 0,0008 | 0,65 | 838,43 | 78,16 |
| | 1,2 | 174,91 | 148,67 | 395,89 | 390 | 225,00 | 225,00 | 75,7 | 90,5 | 90,5 | 1149,36 | 1149,36 | 125,82 | 0,0011 | 0,65 | 747,09 | 81,78 |
| | 1,1 | 160,33 | 136,28 | 377,34 | 390 | 300,00 | 300 | 81,9 | 90,5 | 90,5 | 998,46 | 998,46 | 131,30 | 0,0015 | 0,65 | 649,00 | 85,35 |
| | 1 | 145,76 | 123,89 | 355,07 | 390 | 390,00 | 390 | 88,1 | 90,5 | 90,5 | 834,05 | 834,05 | 136,97 | 0,0020 | 0,65 | 542,14 | 89,03 |
| Balance | 0,9 | 131,18 | 111,50 | 327,86 | 327,86 | 500,00 | 390 | 94,2 | 90,5 | 90,5 | 694,72 | 694,72 | 129,22 | 0,0025 | 0,695 | 482,89 | 89,82 |
| | 0,8 | 116,61 | 99,12 | 293,84 | 293,84 | 637,50 | 390 | 100,4 | 90,5 | 90,5 | 580,70 | 580,70 | 122,72 | 0,0032 | 0,751 | 436,36 | 92,21 |
| Patah Tarik | 0,7 | 102,03 | 86,73 | 250,10 | 250,10 | 814,29 | 390 | 106,6 | 90,5 | 90,5 | 457,93 | 457,93 | 114,40 | 0,0041 | 0,824 | 377,28 | 94,25 |
| | 0,6 | 87,45 | 74,34 | 191,79 | 191,79 | 1050,00 | 390 | 112,8 | 90,5 | 90,5 | 322,04 | 322,04 | 103,85 | 0,0052 | 0,90 | 289,84 | 93,47 |
| | 0,5 | 72,88 | 61,95 | 110,15 | 110,15 | 1380,00 | 390 | 119,0 | 90,5 | 90,5 | 165,16 | 165,16 | 90,37 | 0,0069 | 0,90 | 148,64 | 81,34 |
| Lentur Murni | 0,41 | 60,22 | 51,18 | 7,14 | 7,14 | 1796,34 | 390 | 124,4 | 90,5 | 90,5 | 0,00 | 0,00 | 75,21 | 0,0090 | 0,90 | 0 | 67,69 |

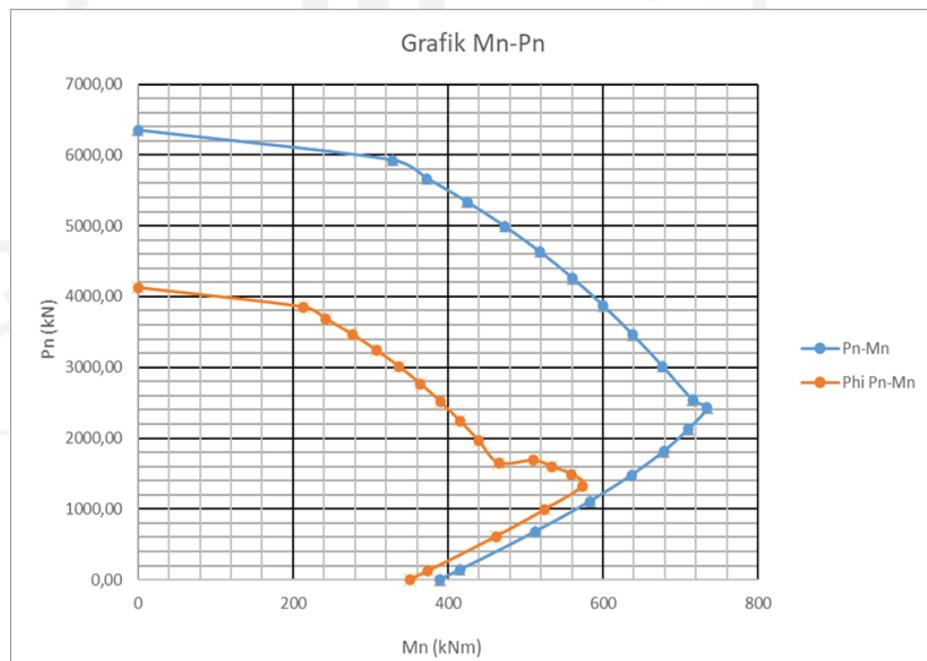
Tabel 5. 66 Rekapitulasi Perhitungan Mn dan Pn Kolom K3 (rasio tulangan 1,5%)

| Kondisi | C | | a (mm) | Tul.Tekan (fs') | | Tul. Tarik (fs) | | Z1 | Z2 | Z3 | Pn (kN) | | Mn (knm) | Et | φ | φPn | φMn |
|--------------|-------|---------|----------|-----------------|---------|-----------------|---------|-------------|-----------|----------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|-------|
| | n.Cb | diambil | (C x β1) | hitung | diambil | hitung | diambil | (1/2H-1/2a) | (1/2H-d') | (d-1/2H) | hitung | diambil | | | | | |
| Konstris | ~ | ~ | | 390 | 390 | 390 | 390 | - | | | 941,31 | 941,31 | 0 | 0,0000 | 0,65 | 611,85 | 0,00 |
| Patah Desak | 1,8 | 156,55 | 133,06 | 383,45 | 390 | -50,00 | -50,00 | 33,5 | 43,5 | 43,5 | 729,19 | 729,19 | 24,42 | -0,0003 | 0,65 | 473,97 | 15,88 |
| | 1,7 | 147,85 | 125,67 | 370,71 | 390 | -17,65 | -17,65 | 37,2 | 43,5 | 43,5 | 686,31 | 686,31 | 25,82 | -0,0001 | 0,65 | 446,10 | 16,78 |
| | 1,6 | 139,15 | 118,28 | 356,38 | 390 | 18,75 | 18,75 | 40,9 | 43,5 | 43,5 | 642,21 | 642,21 | 27,02 | 0,0001 | 0,65 | 417,44 | 17,57 |
| | 1,5 | 130,45 | 110,89 | 340,14 | 390 | 60,00 | 60,00 | 44,6 | 43,5 | 43,5 | 596,66 | 596,66 | 28,05 | 0,0003 | 0,65 | 387,83 | 18,23 |
| | 1,4 | 121,76 | 103,49 | 321,58 | 390 | 107,14 | 107,14 | 48,3 | 43,5 | 43,5 | 549,34 | 549,34 | 28,90 | 0,0005 | 0,65 | 357,07 | 18,79 |
| | 1,3 | 113,06 | 96,10 | 300,16 | 390 | 161,54 | 161,54 | 51,9 | 43,5 | 43,5 | 499,84 | 499,84 | 29,60 | 0,0008 | 0,65 | 324,90 | 19,24 |
| | 1,2 | 104,36 | 88,71 | 275,17 | 390 | 225,00 | 225 | 55,6 | 43,5 | 43,5 | 447,63 | 447,63 | 30,18 | 0,0011 | 0,65 | 290,96 | 19,62 |
| | 1,1 | 95,67 | 81,32 | 245,64 | 390 | 300,00 | 300 | 59,3 | 43,5 | 43,5 | 391,95 | 391,95 | 30,66 | 0,0015 | 0,65 | 254,77 | 19,93 |
| 1 | 86,97 | 73,92 | 210,21 | 390 | 390,00 | 390 | 63,0 | 43,5 | 43,5 | 331,77 | 331,77 | 31,09 | 0,0020 | 0,65 | 215,65 | 20,21 | |
| Balance | 0,9 | 78,27 | 66,53 | 166,90 | 166,90 | 500,00 | 390 | 66,7 | 43,5 | 43,5 | 231,66 | 231,66 | 27,19 | 0,0025 | 0,695 | 161,03 | 18,90 |
| Patah Tarik | 0,8 | 69,58 | 59,14 | 112,76 | 112,76 | 637,50 | 390 | 70,4 | 43,5 | 43,5 | 182,25 | 182,25 | 25,25 | 0,0032 | 0,751 | 136,95 | 18,98 |
| | 0,7 | 60,88 | 51,75 | 43,16 | 43,16 | 814,29 | 390 | 74,1 | 43,5 | 43,5 | 128,19 | 128,19 | 22,87 | 0,0041 | 0,824 | 105,61 | 18,84 |
| | 0,6 | 52,18 | 44,35 | -49,65 | -49,65 | 1050,00 | 390 | 77,8 | 43,5 | 43,5 | 67,17 | 67,17 | 19,93 | 0,0052 | 0,900 | 60,45 | 17,94 |
| Lentur Murni | 0,51 | 44,03 | 37,43 | -169,90 | -169,90 | 1355,42 | 390 | 81,3 | 43,5 | 43,5 | 0,00 | 0,00 | 16,53 | 0,0068 | 0,900 | 0 | 14,87 |

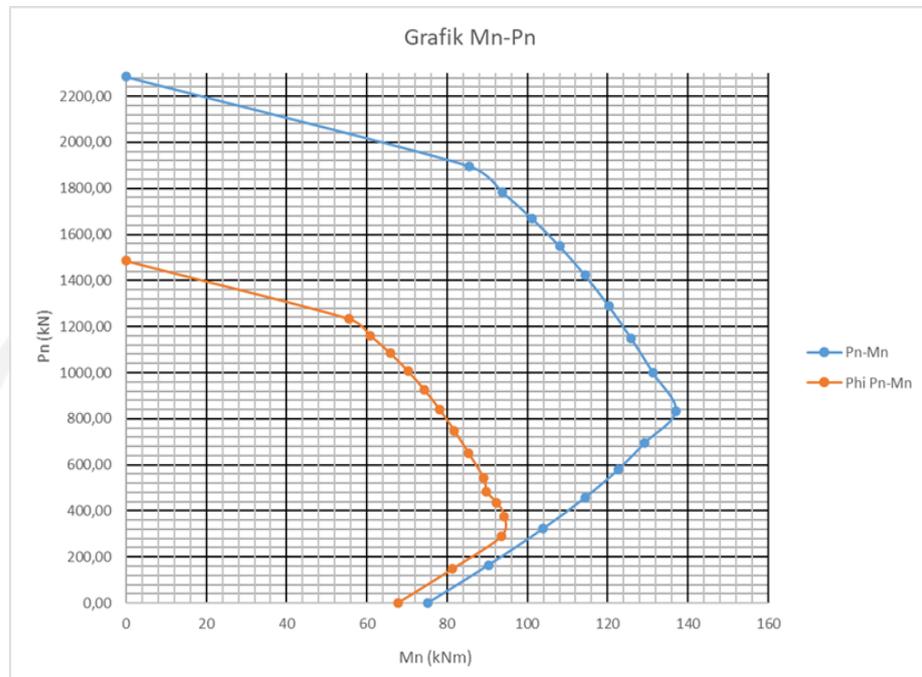
Adapun diagram interaksi nilai Mu-Pu untuk kolom K1 dapat dilihat pada Grafik 5.1, Grafik 5.2, Grafik 5.3 dan Grafik 5.4 sebagai berikut.



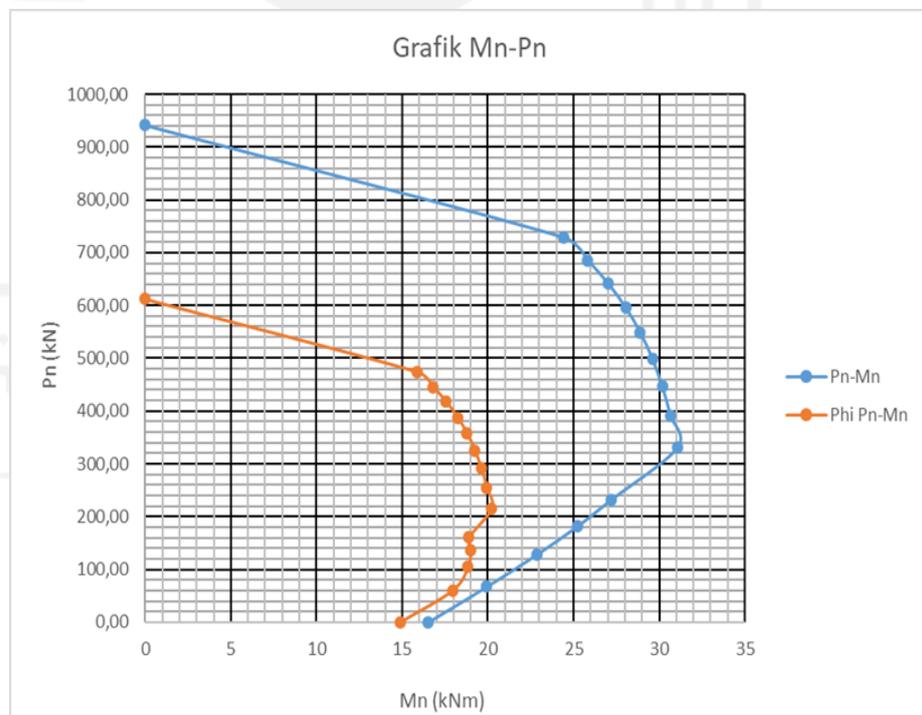
Grafik 5. 1 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K1 (rasio tulangan 3,5%)



Grafik 5. 2 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K1.A (rasio tulangan 3%)



Grafik 5. 3 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K2 (rasio tulangan 2%)



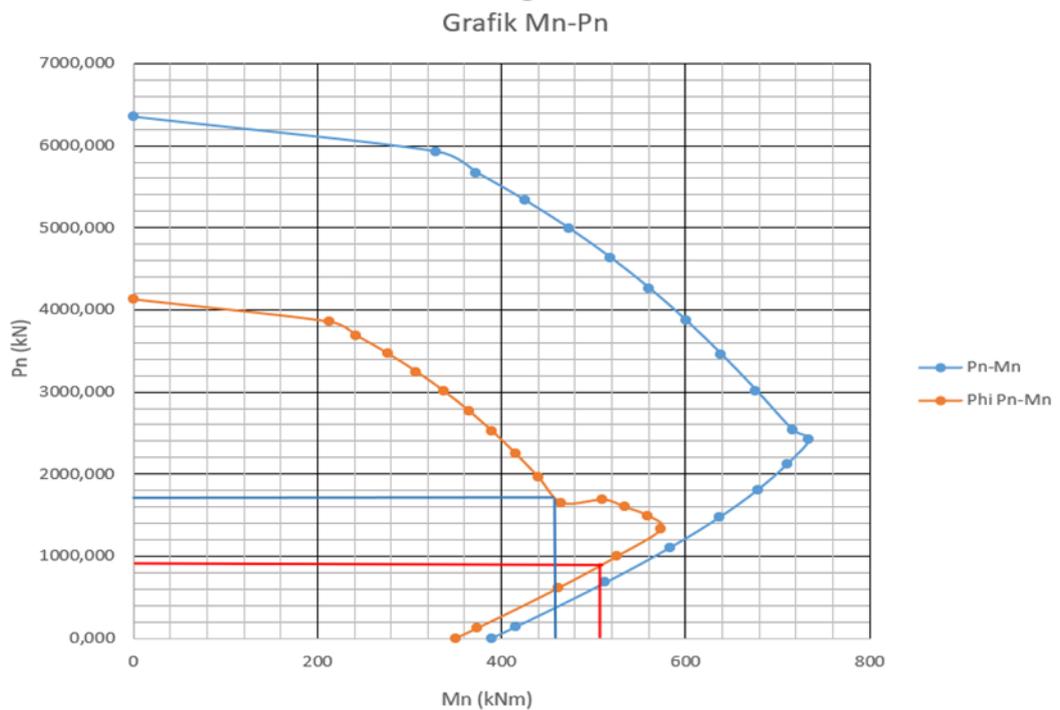
Grafik 5. 4 Diagram Interaksi Mu-Pu kolom K3 (rasio tulangan 1,5%)

3. Pengecekan Prinsip *Strong Column Weak Beam*

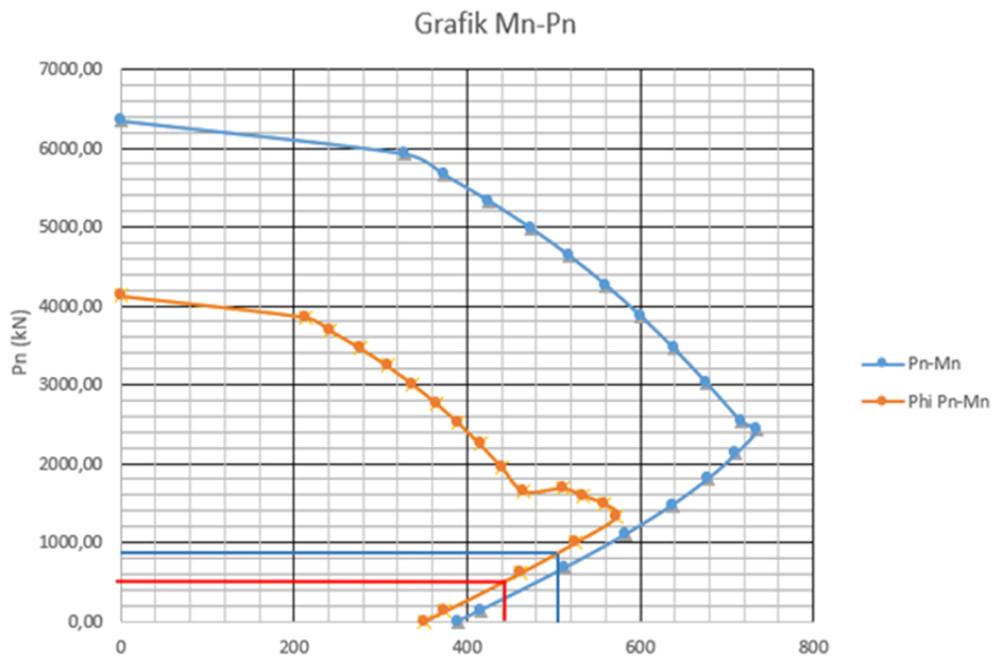
Salah satu persyaratan bangunan tahan terhadap gempa adalah *Strong Column Weak Beam*. Langkah-langkah menentukan *Strong Column Weak Beam* sebagai berikut.

- Membuat garis horizontal sesuai nilai P_u kolom pada grafik interaksi Mn-Pn
- Setelah memotong grafik maka ditarik garis ke arah vertikal
- Membaca nilai M_n kolom sesuai dengan garis vertikal.
- Menghitung *Strong Column Weak Beam* dengan rumus sebagai berikut.

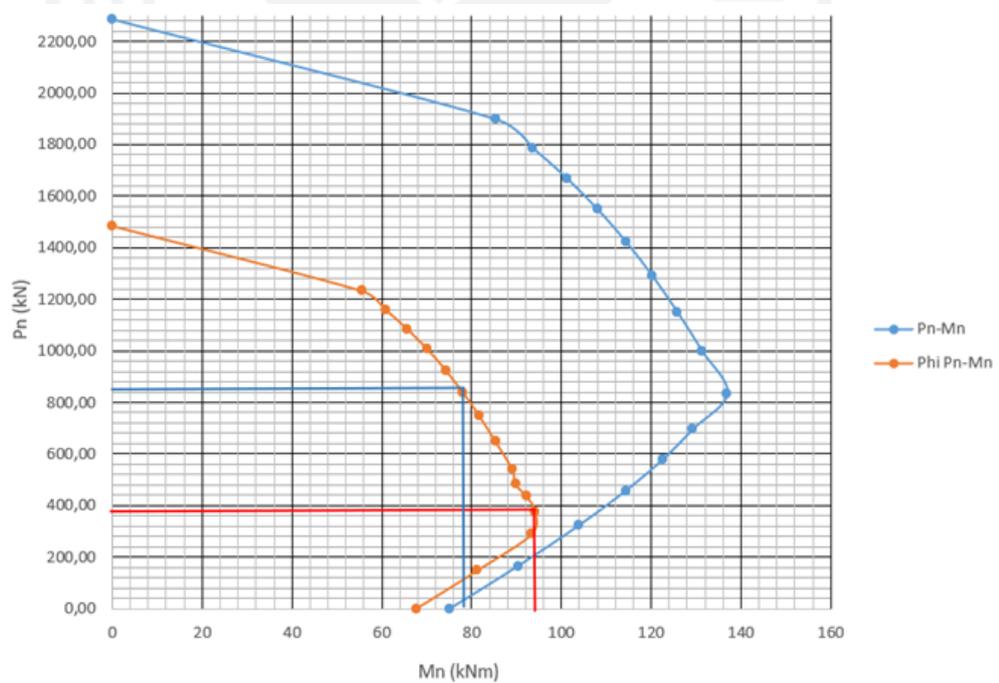
$$\Sigma \text{ Mu kolom} \geq 1,2 \Sigma \text{ Mu balok}$$



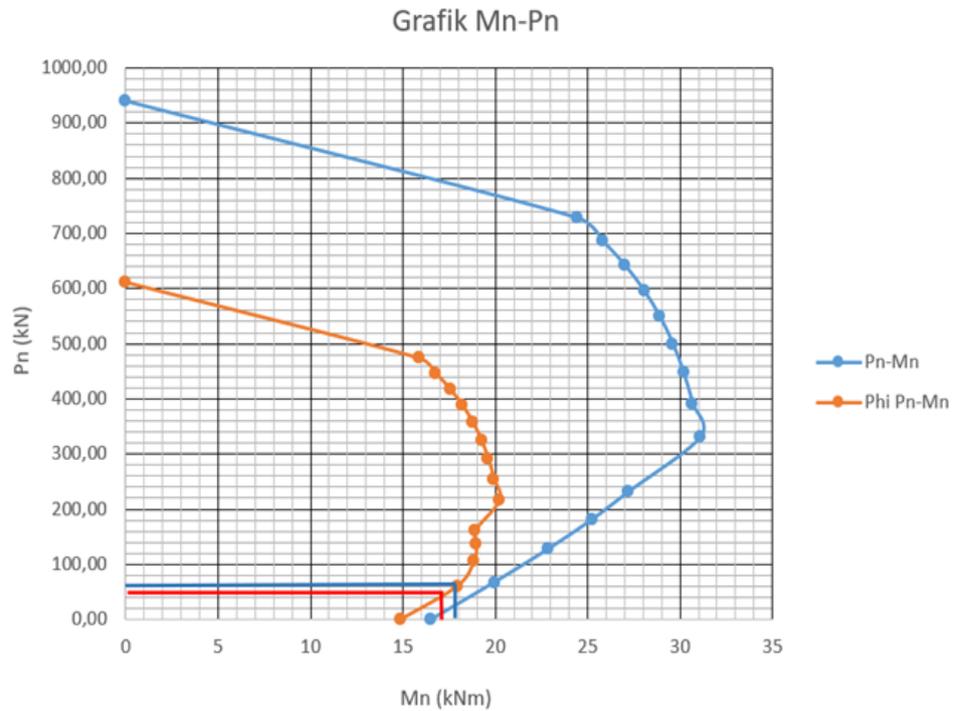
Grafik 5. 5 Plot Garis Nilai P_u Kolom ke Grafik Mn-Pn K1 (rasio tulangan 3,5%)



Grafik 5. 6 Plot Garis Nilai Pu Kolom ke Grafik Mn-Pn K1.A (rasio tulangan 3%)



Grafik 5. 7 Plot Garis Nilai Pu Kolom ke Grafik Mn-Pn K2 (rasio tulangan 2%)



Dari plot garis nilai Pu kolom diatas didapatkan rekapitulasi nilai Mn kolom pada Tabel 5.67 sebagai berikut.

Tabel 5. 67 Rekapitulasi Pu kolom dan Mu kolom

| Kolom | Pu kolom (Kn) | | Mu kolom (kNm) | |
|-------|---------------|--------|----------------|--------|
| | atas | bawah | atas | bawah |
| K1 | 1.763,76 | 955,33 | 450,00 | 510,00 |
| K1.A | 941,36 | 506,54 | 515,00 | 440,00 |
| K2 | 826,19 | 388,21 | 78,00 | 94,00 |
| K3 | 60,37 | 56,479 | 18,00 | 17 |

Perhitungan *Strong Column Weak Beam*

- a. Momen kolom atas = 450 kNm
- b. Momen kolom bawah = 510 kNm
- c. Momen balok kiri = 253,225 kNm
- d. Momen balok kanan = 270,31 kNm
- e. \sum Momen kolom = Momen kolom atas + Momen kolom bawah
 = 450 + 510
 = 960 kNm

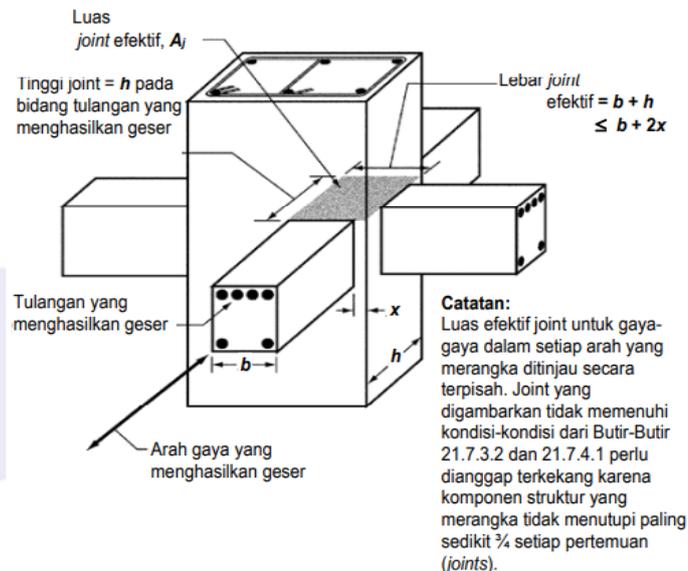
- f. $1,2 \times \sum \text{Momen balok} = 1,2 \times (\text{Momen balok kiri} + \text{Momen balok kanan})$
 $= 1,2 \times (253,225 + 270,31)$
 $= 628,243 \text{ kNm}$
- g. Cek persyaratan $= \sum \text{Momen kolom} > 1,2 \sum \text{Momen balok}$
 $= 960 \text{ kNm} > 628,243 \text{ kNm}$

Dari perhitungan diatas maka persyaratan *Strong Column Weak Beam* memenuhi (aman). Hasil rekapitulasi *Strong Column Weak Beam* dapat dilihat pada Tabel 5.68 berikut.

Tabel 5. 68 Hasil Rekapitulasi *Strong Column Weak Beam*

| Kolom | Tul. pakai | Mu kolom (kNm) | | Mu Balok (kNm) | | Σ Mu Kolom | $1,2 \Sigma$ Mu Balok | Ket. |
|-------|------------|----------------|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------|------|
| | | atas | bawah | kanan | kiri | | | |
| K1 | 24D22 | 450 | 510 | 270,31 | 253,23 | 960 | 628,24 | Aman |
| K1.A | 20D22 | 515 | 440 | 179,64 | 177,04 | 955 | 428,02 | Aman |
| K2 | 8D19 | 78 | 94 | 35,78 | 37,26 | 172 | 87,65 | Aman |
| K3 | 6D13 | 18 | 17 | 7,55 | 7,0 | 35 | 17,47 | Aman |

Berdasarkan SNI 2847 Tahun 2013 Gambar S21.7.4 perhitungan dimensi balok dan kolom pada sambungan (*joint*) sebagai berikut.



Gambar 5. 12 Luas *Joint* Efektif

a. Data properties balok dan kolom

- 1) Lebar kolom (b kolom) = 500 mm
- 2) Panjang kolom (h kolom) = 500 mm
- 3) Lebar balok (b balok) = 350 mm
- 4) Tinggi balok (h balok) = 650 mm

b. Perhitungan luasan sambungan (joint)

$$\begin{aligned} \text{Luasan balok (A balok)} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 350 \times 650 \\ &= 227500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \frac{(b \text{ kolom} - b \text{ balok})}{2} \\ &= \frac{(500 - 350)}{2} \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar *joint* efektif (B)

$$\begin{aligned} B1 &= b + h \\ &= 350 + 500 \\ &= 850 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B2 &= b + 2 \times X \\ &= 350 + 2 \times 75 \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil lebar efektif sambungan (B) = 500 mm

$$\begin{aligned} \text{Luasan sambungan (A joint)} &= B \times h \text{ kolom} \\ &= 500 \times 500 \\ &= 250000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Disimpulkan luasan sambungan (A *joint*) > luasan balok dan lebar kolom
> lebar balok.

4. Perhitungan tulangan geser kolom

Adapun perhitungan tulangan geser kolom sebagai contoh menggunakan kolom K1 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Data material penampang

- 1) Kuat tekan beton ($f'c$) = 26,4 Mpa
- 2) Tegangan leleh baja (f_y) = 390 Mpa
- 3) Selimut beton (p_b) = 40 mm
- 4) Lebar kolom (b) = 500 mm
- 5) Panjang kolom (h) = 500 mm
- 6) Φ pokok = 22 mm
- 7) Φ sengkang = 10 mm
- 8) D_s

$$= p_b + \phi_{sengkang} + \phi_{pokok}/2$$

$$= 40 + 10 + 22/2$$

$$= 61 \text{ mm}$$
- 9) d

$$= H - d_s$$

$$= 500 - 61$$

$$= 439 \text{ mm}$$

b. Daerah sendi plastis

- 1) kaki sengkang (n) = 6 buah
- 2) jarak spasi pakai (s) = 100 mm
- 3) Cek jarak spasi
 - Cek 1

$$= s \leq \frac{1}{4} \times b$$

$$= s \leq \frac{1}{4} \times 500$$

$$= s \leq 125 \text{ mm (memenuhi)}$$
 - Cek 2

$$= s \leq 6 \times \phi_{pokok}$$

$$= s \leq 6 \times 22$$

$$= s \leq 132 \text{ mm (memenuhi)}$$
 - Cek 3

$$= s \geq 100 \text{ (memenuhi)}$$
- 4) Luas penampang (A_{sh})

$$= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{sengkang}^2$$

$$= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 471,24 \text{ mm}^2$$
- 5) Luas penampang (A_g)

$$= b \times h$$

$$= 500 \times 500$$

$$= 250000 \text{ mm}^2$$

$$6) \frac{Ash}{(s \times b)} = \frac{471,24}{(100 \times 500)}$$

$$= 0,0094$$

7) Cek syarat luas penampang

$$\text{Cek 1} = 0,3 \times \frac{Ag}{Ach} - 1 \times \frac{fc'}{fy}$$

$$= 0,3 \times \frac{250000}{176400} - 1 \times \frac{26,4}{390}$$

$$= 0,00847$$

$$\text{Cek 2} = 0,09 \times \frac{fc'}{fy}$$

$$= 0,09 \times \frac{26,4}{390}$$

$$= 0,006092$$

$$8) \text{ Ve (dari SAP 2000)} = 86,771 \text{ kN}$$

$$9) \text{ Pu (dari SAP 2000)} = 1763,76 \text{ Kn}$$

10) Cek syarat Vc

$$5\% Ag \times fc' = (5\% \times 250000 \times 26,4) / 1000$$

$$= 330 \text{ Kn}$$

Diketahui $Pu > 5\%Ag \times fc'$ maka nilai Vc dihitung

$$11) \text{ Vc} = 0,17 \left(1 + \frac{N}{14 Ag} \right) \lambda \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{1763,76 \times 1000}{14 \times 250000} \right) \lambda \sqrt{26,4} \times 500 \times 439$$

$$12) \text{ Vs} = Ash \times fy \times \frac{d}{s}$$

$$= (471,24 \times 390 \times \frac{439}{100})$$

$$= 806808,12 \text{ N}$$

$$= 806,808 \text{ Kn}$$

$$13) \phi Vn = \phi (Vc + Vs)$$

$$= 0,75 (95,11 + 806,808)$$

$$= 676,438 \text{ kN}$$

Maka gaya geser $\phi Vn > Ve$ sehingga aman

$$14) \text{ tulangan pakai} = 6D10-100 \text{ mm}$$

c. Daerah luar sendi plastis

- 1) kaki sengkang (n) = 2 buah
- 2) jarak spasi pakai (s) = 100 mm
- 3) Cek jarak spasi
 - Cek 1 = $s \leq 48 \times \phi_{\text{sengkang}}$
 = $s \leq 48 \times 10$
 = $s \leq 480 \text{ mm}$ (memenuhi)
 - Cek 2 = $s \leq 16 \times \phi_{\text{pokok}}$
 = $s \leq 16 \times 22$
 = $s \leq 352 \text{ mm}$ (memenuhi)
 - Cek 3 = $s \leq b$
 = $s \leq 500 \text{ mm}$ (memenuhi)
- 4) V_e (dari SAP2000) = 68,923 Kn
- 5) A_{sh} = $n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{sengkang}}^2$
 = $2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$
 = 157,08 mm²
- 6) V_c = 95,11 Kn
- 7) V_s = $A_{sh} \times f_y \times \frac{d}{s}$
 = $(157,08 \times 390 \times \frac{439}{100})$
 = 268936,04N
 = 268,94 Kn
- 8) ϕV_n = $\phi (V_c + V_s)$
 = $0,75 (95,11 + 268,94)$
 = 273,034 kN

Maka gaya geser $\phi V_n > V_e$ sehingga aman

- 9) tulangan pakai = 2D10 – 100 mm

Berikut hasil rekapitulasi tulangan geser kolom dapat dilihat pada Tabel 5.69 berikut.

Tabel 5. 69 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom

| Kolom | Tulangan Geser | |
|-------|----------------|------------|
| | Sendi | Luar Sendi |
| K1 | 6D10-100 | 2D10-100 |
| K1.A | 2D10-100 | 2D10-100 |
| K2 | 2D10-100 | 2D10-100 |
| K3 | 2D10-100 | 2D10-100 |

5. Rekapitulasi analisis kolom

Setelah dilakukan analisis kolom seperti pada perhitungan-perhitungan diatas, disimpulkan rekapitulasi penulangan kolom dapat dilihat pada Tabel 5.70 dan Tabel 5.71 sebagai berikut.

Tabel 5. 70 Rekapitulasi Penulangan Kolom Alternatif

| Tipe Kolom | Dimensi | Mutu Beton | Mutu Baja | | Tulangan Pokok | Tulangan Geser | | Selimit Beton |
|------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|----------------|------------|---------------|
| | (mm) | (Mpa) | Ulir (Mpa) | Polos (Mpa) | (mm) | Sendi | Luar Sendi | (mm) |
| K1 | 500x500 | 26,4 | 390 | 240 | 24D22 | 6D100 | 2D100 | 40 |
| K1.A | 500x500 | 26,4 | 390 | 240 | 20D22 | 2D100 | 2D100 | 40 |
| K2 | 300x300 | 26,4 | 390 | 240 | 8D19 | 2D100 | 2D100 | 40 |
| K3 | 150x300 | 26,4 | 390 | 240 | 6D13 | 2P100 | 2P100 | 40 |

Tabel 5. 71 Tabel Penulangan Kolom Eksisting

| Tipe Kolom | Dimensi | Mutu Beton | Mutu Baja | | Tulangan Pokok | | Tulangan Geser | | Selimit Beton |
|------------|---------|------------|-----------|-------|----------------|----------|----------------|----------|---------------|
| | (mm) | (Mpa) | (Mpa) | (Mpa) | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan | (mm) |
| K1 | 500x600 | 26,4 | 40 | 24 | 24D-22 | 24D-22 | 6D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K1.A | 500x600 | 26,4 | 40 | 24 | 20D-22 | 20D-22 | 2D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K.2 | 300x300 | 26,4 | 40 | 24 | 8D-19 | 8D-19 | 2D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K.3 | 150x300 | 26,4 | 40 | 24 | 6D-13 | 6D-13 | 2P10-100 | 2P10-100 | 40 |

5.4.7 Sambungan Balok Kolom

Pertemuan sambungan antar balok dan kolom merupakan salah satu elemen penting pada sistem struktur yang direncanakan untuk menahan tegangan tinggi dari gaya-gaya yang ada. Adapun langkah-langkah menghitung penulangan sambungan balok dan kolom dicontohkan oleh balok B1 dan kolom K1 sebagai berikut.

1. Data material

- a) Kuat tekan beton (f_c') = 26,4 Mpa
- b) Tegangan leleh baja (f_y) = 390 Mpa
- c) Φ pokok = 22 mm
- d) Φ Sengkang = 10 mm
- e) Regangan maks beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- f) Selimut beton (sb) = 40 mm
- g) H balok atas = 650 mm
- h) H balok bawah = 650 mm
- i) b kolom = 500 mm
- j) h kolom = 500 mm
- k) h = $b \text{ kolom} - sb - \Phi \text{ Sengkang} - \frac{\Phi \text{ Pokok}}{2}$
 $= 500 - 40 - 10 - \frac{22}{2}$
 $= 439 \text{ mm}$
- l) Tinggi kolom (L) = 3650 mm
- m) Tinggi efektif kolom (L_n) = $L - (\frac{1}{2} h \text{ balok atas} + \frac{1}{2} h \text{ balok bawah})$
 $= L - (\frac{1}{2} 650 + \frac{1}{2} 650)$
 $= 3000 \text{ mm}$
- n) hx = $b \text{ kolom} - (2 \times sb)$
 $= 500 - (2 \times 40)$
 $= 420 \text{ mm}$
- o) bc = $b \text{ kolom} - (2 \times sb) - (2 \times \Phi \text{ sengkang})$
 $= 500 - (2 \times 40) - (2 \times 10)$
 $= 400$

$$\begin{aligned}
 \text{p) Luas sengkang (As)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ sengkang}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{q) Luas kolom (Ag)} &= b \times h \\
 &= 500 \times 500 \\
 &= 250000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{r) Luas penampang (Ach)} &= h_x \times h_x \\
 &= 420 \times 420 \\
 &= 176400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{s) } Ag/Ach &= \frac{250000}{176400} \\
 &= 1,42
 \end{aligned}$$

2. Daerah sendi plastis

$$\text{a) Jarak spasi pakai (s) = 100 mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Ash 1} &= 0,3 \times \left(\frac{s \times bc \times fc}{fy} \right) \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \\
 &= 0,3 \times \left(\frac{100 \times 400 \times 26,4}{390} \right) \times \left(\frac{250000}{176400} - 1 \right) \\
 &= 338,922 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Ash 2} &= 0,09 \times \left(\frac{s \times bc \times fc}{fy} \right) \\
 &= 0,09 \times \left(\frac{100 \times 400 \times 26,4}{390} \right) \\
 &= 243,922 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) Jumlah kaki (n)} &= \frac{Ash}{As} \\
 &= \frac{338,922}{78,54}
 \end{aligned}$$

$$\text{e) Tulangan pakai} = 6D10-100$$

Setelah dilakukan analisis sambungan balok dan kolom seperti pada perhitungan-perhitungan diatas, disimpulkan rekapitulasi penulangan sambungan balok dan kolom dapat dilihat pada Tabel 5.72 sebagai berikut.

Tabel 5. 72 Penulangan Sambungan Balok dan Kolom

| Tipe Sambungan | Tulangan Pakai |
|---------------------------|-----------------------|
| Sambungan Balok Kolom 1 | 6D10-100 mm |
| Sambungan Balok Kolom 1.A | 4D10-100 mm |
| Sambungan Balok Kolom 2 | 2D10-100 mm |
| Sambungan Balok Kolom 3 | 2D10-100 mm |

5.4.8 Permodelan dan Penggambaran Tekla Struktur

Langkah-langkah permodelan dan penggambaran Tekla Struktur sebagai berikut.

1. Pada *toolbar*, pilih “*Create Concrete Beam dan Column*”.
2. Sesuaikan *properties* penampang pada menu “*Concrete Properties*”.
3. Letakan *beam* dan *coloumn* sesuai dengan desain gambar.
4. *Detailing Component Rebar Beam dan Column* untuk pembesian pada menu “*Rebar*”.
5. Pembesian balok dan kolom disesuaikan dengan pelaksanaan dilapangan, dengan cara meneruskan atau membelokkan besi, apabila terjadi pertemuan balok dengan balok atau balok dengan kolom.
6. Setelah permodelan selesai dikeluarkan *output* menggunakan menu “*drawing dan reports*”.

Pada permodelan dan penggambaran Tekla Struktur ini didapatkan kemudahan dalam :

1. Pembuatan *output* gambar *Detail Engineering Design* (DED) dan volume pekerjaan.
2. Memudahkan apabila terjadi perubahan design pada gambar.
3. Dapat dikembangkan menjadi 4 dimensi maupun 5 dimensi.

Output pada permodelan dan penggambaran menggunakan Tekla Struktur didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Volume pekerjaan
 - a. Pekerjaan beton pada balok dan kolom

Tabel 5. 73 Volume Pekerjaan Beton pada Balok dan Kolom

| Nama | Elevasi | Material | Dimensi | Volume |
|------|---------|----------|-----------|----------------|
| | mm | | mm | m ³ |
| K1 | ±0,00 | Beton | 500 x 500 | 14,600 |
| K2 | ±0,00 | Beton | 300 x 300 | 0,986 |
| B1 | +3650 | Beton | 350 x 650 | 9,009 |
| B2 | +3650 | Beton | 250 x 500 | 12,909 |
| B4 | +3650 | Beton | 250 x 400 | 10,710 |
| B6 | +3650 | Beton | 200 x 300 | 4,562 |
| K1 | +3650 | Beton | 500 x 500 | 20,000 |
| K2 | +3650 | Beton | 300 x 300 | 1,350 |
| K3 | +3650 | Beton | 300 x 150 | 1,800 |
| B1 | +8650 | Beton | 350 x 650 | 9,009 |
| B2 | +8650 | Beton | 250 x 500 | 12,909 |
| B4 | +8650 | Beton | 250 x 400 | 10,710 |
| B6 | +8650 | Beton | 200 x 300 | 4,562 |
| K1.A | +8650 | Beton | 500 x 500 | 14,000 |
| K2 | +8650 | Beton | 300 x 300 | 0,945 |
| K3 | +8650 | Beton | 300 x 150 | 1,260 |
| B2.A | +12150 | Beton | 250 x 500 | 12,900 |
| B3 | +12150 | Beton | 300 x 600 | 7,128 |
| B4 | +12150 | Beton | 250 x 400 | 10,910 |
| B6 | +12150 | Beton | 200 x 300 | 4,560 |
| K1.A | +12150 | Beton | 500 x 500 | 0,675 |
| K2 | +12150 | Beton | 300 x 300 | 2,187 |
| B5 | +14850 | Beton | 200 x 400 | 1,704 |
| B6 | +14850 | Beton | 200 x 300 | 0,636 |

b. Pekerjaan pembesian pada balok dan kolom

Tabel 5. 74 Volume Pembesian pada Balok dan Kolom

| Nama | Elevasi | Material | Diameter | Berat | Berat Total |
|------|---------|----------|----------|--------|-------------|
| | mm | | mm | kg | kg |
| K1 | +0,00 | Besi | 22 | 4121,6 | 5339,2 |
| | +0,00 | Besi | 10 | 1217,6 | |

Lanjutan Tabel 5. 74 Volume Pembesian pada Balok dan Kolom

| | | | | | |
|------|--------|------|----|--------|--------|
| K2 | +0,00 | Besi | 19 | 219,6 | 286,2 |
| | +0,00 | Besi | 10 | 66,6 | |
| B1 | +3650 | Besi | 22 | 1422 | 1926 |
| | +3650 | Besi | 13 | 167 | |
| | +3650 | Besi | 10 | 336,6 | |
| B2 | +3650 | Besi | 22 | 1911,8 | 2292,6 |
| | +3650 | Besi | 10 | 380,8 | |
| B4 | +3650 | Besi | 19 | 2060,4 | 2680,5 |
| | +3650 | Besi | 10 | 620,1 | |
| B6 | +3650 | Besi | 16 | 662,5 | 984 |
| | +3650 | Besi | 10 | 321,5 | |
| K1.A | +3650 | Besi | 22 | 5192 | 6081,6 |
| | +3650 | Besi | 10 | 889,6 | |
| K2 | +3650 | Besi | 19 | 291,6 | 381,6 |
| | +3650 | Besi | 10 | 90 | |
| K3 | +3650 | Besi | 13 | 249,6 | 449,6 |
| | +3650 | Besi | 10 | 200 | |
| B1 | +8650 | Besi | 22 | 1422 | 1926 |
| | +8650 | Besi | 13 | 167 | |
| | +8650 | Besi | 10 | 337 | |
| B2 | +8650 | Besi | 22 | 1912 | 2292,6 |
| | +8650 | Besi | 10 | 381 | |
| | +8650 | Besi | 10 | 54.5 | |
| B4 | +8650 | Besi | 19 | 2060 | 2680,5 |
| | +8650 | Besi | 10 | 620 | |
| B6 | +8650 | Besi | 16 | 663 | 984 |
| | +8650 | Besi | 10 | 322 | |
| K1.A | +8650 | Besi | 22 | 3296 | 3918,4 |
| | +8650 | Besi | 10 | 622,4 | |
| K2 | +8650 | Besi | 19 | 211,2 | 274,2 |
| | +8650 | Besi | 10 | 63 | |
| K3 | +8650 | Besi | 13 | 172,8 | 312,8 |
| | +8650 | Besi | 10 | 140 | |
| B2.A | +12150 | Besi | 19 | 2595.5 | 3335,1 |
| | +12150 | Besi | 10 | 739.6 | |
| B3 | +12150 | Besi | 19 | 918.6 | 1385,2 |
| | +12150 | Besi | 13 | 160.6 | |
| | +12150 | Besi | 10 | 306 | |
| B4 | +12150 | Besi | 19 | 2243.5 | 2870 |
| | +12150 | Besi | 10 | 626.5 | |

Lanjutan Tabel 5. 74 Volume Pembesian pada Balok dan Kolom

| | | | | | |
|------|--------|------|----|-------|--------|
| B6 | +12150 | Besi | 16 | 691.9 | 1047,4 |
| | +12150 | Besi | 10 | 355.5 | |
| K1.A | +12150 | Besi | 22 | 158,0 | 188 |
| | +12150 | Besi | 10 | 30 | |
| K2 | +12150 | Besi | 19 | 424,8 | 570,6 |
| | +12150 | Besi | 10 | 145,8 | |
| B5 | +14850 | Besi | 16 | 203.8 | 306,4 |
| | +14850 | Besi | 10 | 102.6 | |
| B6 | +14850 | Besi | 16 | 100.5 | 155 |

2. Gambar 3 Dimensi dan 2 Dimensi

Hasil *output* gambar struktur atas alternatif 3 dimensi dan 2 dimensi dapat dilihat pada lampiran 2.

5.4.9 Rencana Anggaran Biaya

1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan pada perencanaan ini mencakup kebutuhan beton, besi dan *bekisting*. Pada tahap sebelumnya telah diketahui kebutuhan beton dan besi pada balok dan kolom, sehingga perlu dilakukan perhitungan *bekisting* balok dan kolom, kebutuhan beton pada pelat, kebutuhan *wiremesh* serta kebutuhan *floordeck*. Adapun perhitungan-perhitungan kebutuhan di atas dapat dilihat sebagai berikut.

a. Kebutuhan beton pada pelat lantai

Perhitungan kebutuhan beton pada pelat lantai dicontohkan pada pelat lantai 1.

1) Data penampang pelat

- a) Panjang pelat (l) = 25,45 m
- b) Lebar pelat (b) = 16,45 m
- c) Tebal pelat (t) = 0,12 m
- d) Panjang *void* 1 (lv 1) = 3,15 m
- e) Lebar *void* 1 (bv 1) = 3 m
- f) Panjang *void* 2 (lv 2) = 5,3 m
- g) Lebar *void* 2 (bv 2) = 2,5 m

2) Perhitungan Volume

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= l \times b \times t \\ &= 25,45 \times 16,45 \times 0,12 \\ &= 50,238 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Void} &= (lv_1 \times bv_1 \times t) + (lv_2 \times bv_2 \times t) \\ &= (3,15 \times 3 \times 0,12) + (5,3 \times 2,5 \times 0,12) \\ &= 2,724 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bersih} &= \text{Volume} - \text{void} \\ &= 50,238 - 2,724 \\ &= 47,514 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan beton pada lantai yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Adapun rekapitulasi kebutuhan beton pada lantai dapat dilihat pada Tabel 5.75 berikut.

Tabel 5. 75 Volume Beton pada Pelat Lantai

| No | Nama Pelat | Volume | Satuan |
|----|------------|--------|----------------|
| 1 | Lantai 1 | 47,514 | m ³ |
| 2 | Lantai 2 | 47,514 | m ³ |
| 3 | Lantai 3 | 47,514 | m ³ |
| 4 | Lantai 4 | 2,697 | m ³ |

b. *Floordeck* pada lantai

Perhitungan kebutuhan *floordeck* pada pelat lantai dicontohkan pada pelat lantai 1.

1) Data penampang pelat

- a) Panjang pelat (l) = 25,45 m
- b) Lebar pelat (b) = 16,45 m
- c) Panjang *void* 1 (lv 1) = 3,075 m
- d) Lebar *void* 1 (bv 1) = 3 m
- e) Panjang *void* 2 (lv 2) = 5,3 m
- f) Lebar *void* 2 (bv 2) = 2,5 m

- g) Panjang *floordeck* = 12 m
- h) Lebar *floordeck* = 1 m
- 2) Perhitungan kebutuhan *floordeck*
- a) Luas pelat = $(l \times b) - (lv1 \times bv1) - (lv2 \times bv2)$
 $= (25,45 \times 16,45) - (3,075 \times 3) - (5,3 \times 2,5)$
 $= 396,178 \text{ m}^2$
- b) Luas *floordeck* = panjang *floordeck* x lebar *floordeck*
 $= 6 \times 1$
 $= 6 \text{ m}^2$
- c) Kebutuhan *floordeck* = $\frac{\text{Luas Pelat}}{\text{Luas floordeck}}$
 $= \frac{396,178}{6}$
 $= 66 \text{ lembar}$

Perhitungan kebutuhan *floordeck* lantai yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Adapun rekapitulasi kebutuhan *floordeck* lantai dapat dilihat pada Tabel 5.76 berikut.

Tabel 5. 76 Kebutuhan *Floordeck* Lantai

| No | <i>Floordeck</i> | Jumlah | Satuan |
|----|------------------|--------|--------|
| 1 | Lantai 1 | 66 | Lembar |
| 2 | Lantai 2 | 66 | Lembar |
| 3 | Lantai 3 | 66 | Lembar |
| 4 | Lantai 4 | 9 | lembar |

- c. Perhitungan kebutuhan *wiremesh*
- 1) Data penampang pelat
- a) Panjang pelat (l) = 25,45 m
- b) Lebar pelat (b) = 16,45 m
- c) Panjang void 1 (lv 1) = 3,075 m
- d) Lebar void 1 (bv 1) = 3 m
- e) Panjang void 2 (lv 2) = 5,3 m

$$f) \text{ Lebar void 2 (bv 2)} = 2,5 \text{ m}$$

$$g) \text{ Panjang wiremesh} = 5,4 \text{ m}$$

$$h) \text{ Lebar wiremesh} = 2,1 \text{ m}$$

2) Perhitungan kebutuhan *wiremesh*

$$\begin{aligned} a) \text{ Luas pelat} &= (l \times b) - (lv1 \times bv1) - (lv2 \times bv2) \\ &= (25,45 \times 16,45) - (3,075 \times 3) - (5,3 \times 2,5) \\ &= 396,178 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b) \text{ Luas wiremesh} &= \text{panjang wiremesh} \times \text{lebar wiremesh} \\ &= 5,4 \times 2,1 \\ &= 11,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c) \text{ Kebutuhan wiremesh} &= \frac{\text{Luas Pelat}}{\text{Luas wiremesh}} \\ &= \frac{396,178}{11,34} \\ &= 34,936 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan *wiremesh* lantai yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Adapun rekapitulasi kebutuhan *wiremesh* lantai dapat dilihat pada Tabel 5.77 berikut.

Tabel 5. 77 Kebutuhan Wiremesh

| No | Wiremesh M8 | Jumlah | Satuan |
|----|-------------|--------|--------|
| 1 | Lantai 1 | 35 | Lembar |
| 2 | Lantai 2 | 35 | Lembar |
| 3 | Lantai 3 | 35 | Lembar |
| 4 | Lantai 4 | 5 | Lembar |

d. *Bekisting* kolom

Perhitungan *bekisting* kolom dicontohkan pada kolom tipe K1 pada *top* elevasi +3650.

1) Data penampang kolom

$$a) \text{ Top elevasi} = 3,650 \text{ m}$$

$$b) \text{ Tinggi kolom (h)} = 3,65 \text{ m}$$

$$c) \text{ Lebar kolom (b)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{d) Panjang kolom (l)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{e) Jumlah} = 16 \text{ buah}$$

2) Perhitungan volume kolom

$$\begin{aligned} \text{a) Volume} &= (b + l + b + l) \times h \\ &= (0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5) \times 3,65 \\ &= 7,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Volume total} &= \text{jumlah} \times \text{volume} \\ &= 16 \times 7,3 \\ &= 116,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan *bekisting* kolom dengan tipe yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Adapun rekapitulasi *bekisting* kolom dapat dilihat pada Tabel 5.78 berikut.

Tabel 5. 78 Rekapitulasi *Bekisting* Kolom

| <i>Bekisting</i> Kolom | Top Elv | Tinggi Kolom | Lebar Kolom | Panjang Kolom | Volume | Jumlah | Total |
|---------------------------|---------|-----------------|----------------|------------------|----------------|--------|----------------|
| | m | m | m | m | m ² | buah | m ² |
| K1 | +3,650 | 3.65 | 0.5 | 0.5 | 7.3 | 16 | 116.8 |
| K1.A | +8,650 | 5 | 0.5 | 0.5 | 10 | 16 | 160 |
| K1.A | +12,150 | 3.5 | 0.5 | 0.5 | 7 | 16 | 112 |
| K1.A | +14,850 | 2.7 | 0.5 | 0.5 | 5.4 | 1 | 5.4 |
| K2 | +3,650 | 3.65 | 0.3 | 0.3 | 4.38 | 3 | 13.14 |
| K2 | +8,650 | 5 | 0.3 | 0.3 | 6 | 3 | 18 |
| K2 | +12,150 | 3.5 | 0.3 | 0.3 | 4.2 | 3 | 12.6 |
| K2 | +14,850 | 2.7 | 0.3 | 0.3 | 3.24 | 8 | 25.92 |
| K3 | +8,650 | 5 | 0.3 | 0.15 | 4.5 | 8 | 36 |
| K3 | +12,150 | 3.5 | 0.3 | 0.15 | 3.15 | 8 | 25.2 |

e. *Bekisting* balok

Perhitungan *bekisting* balok dicontohkan pada balok tipe B1 pada bentang 8 m.

1) Data penampang balok

| | |
|--------------------------|----------|
| a) Panjang balok (L) | = 8 m |
| b) Lebar kolom kanan (b) | = 0,5 m |
| c) Lebar kolom kiri (b) | = 0,5 m |
| d) Tinggi balok (h) | = 0,65 m |
| e) Lebar balok (b) | = 0,35 m |
| f) Jumlah | = 1 |

2) Perhitungan volume balok

| | |
|------------------------------|--|
| a) Panjang bersih balok (Ln) | $= L - \left(\frac{1}{2} \times b\right) - \left(\frac{1}{2} \times b\right)$ $= 8 - \left(\left(\frac{1}{2} \times 0,5\right) - \left(\frac{1}{2} \times 0,5\right)\right)$ $= 7,5 \text{ m}$ |
| b) Volume | $= (h \text{ balok} + b \text{ balok} + h \text{ balok}) \times Ln$ $= (0,65 + 0,35 + 0,65) \times 7,5$ $= 12,38 \text{ m}^2$ |
| c) Volume total | $= \text{jumlah} \times \text{volume}$ $= 1 \times 12,28$ $= 12,28 \text{ m}^2$ |

Perhitungan *bekisting* balok dengan tipe yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Adapun rekapitulasi *bekisting* balok dapat dilihat pada Tabel 5.79 berikut.

Tabel 5. 79 Rekapitulasi Bekisting Balok

| Bekisting balok | Elevasi | Total Volume |
|----------------------------|----------------|-------------------------|
| | m | m³ |
| B1 | +3650 | 65,18 |
| B2 | +3650 | 126,25 |
| B4 | +3650 | 100,56 |
| B6 | +3650 | 58,50 |
| B1 | +8650 | 65,18 |
| B2 | +8650 | 126,25 |
| B4 | +8650 | 100,56 |
| B6 | +8650 | 58,50 |
| B2.A | +12150 | 59,25 |
| B3 | +12150 | 126,25 |
| B4 | +12150 | 100,56 |
| B6 | +12150 | 58,50 |
| B5 | +14850 | 21,60 |
| B6 | +14850 | 8,625 |

2. Satuan Harga Barang dan Jasa

Satuan Harga Barang dan Jasa (SHBJ) diperoleh dari Peraturan Bupati Kulon Progo Nomor 26 Tahun 2019 dan harga realitas di lapangan. Adapun Satuan harga barang dan jasa dapat dilihat pada Tabel 5.80 berikut.

Tabel 5. 80 Satuan Harga Barang dan Jasa

| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan | Acuan |
|-------------|---|----------------|---------------------|---|
| I. | TENAGA | | | |
| 1 | Pekerja | OH | Rp120.000,00 | Wawancara Kontraktor |
| 2 | Tukang Batu | OH | Rp135.000,00 | |
| 3 | Tukang Besi | OH | Rp135.000,00 | |
| 4 | Tukang Las | OH | Rp135.000,00 | |
| 5 | Tukang Kayu | OH | Rp135.000,00 | |
| 6 | Kepala Tukang | OH | Rp150.000,00 | |
| 7 | Mandor | OH | Rp150.000,00 | |
| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan | Acuan |
| II. | BAHAN | | | |
| 1 | Ready mix fc' 26,4 Mpa | m ³ | Rp875.000,00 | Wawancara Kontraktor dan PERBUP No 26 Tahun 2019 |
| 2 | Besi beton (polos/ulir) | kg | Rp12.900,00 | |
| 3 | Kawat beton | kg | Rp22.800,00 | |
| 4 | Kayu kelas II | m ³ | Rp5.900.000,00 | |
| 5 | Kayu kelas III | m ³ | Rp3.400.000,00 | |
| 6 | Dolken kayu diameter 8-10 cm panjang 400 cm | batang | Rp40.000,00 | |
| 7 | Plywood tebal 9 mm | lembar | Rp126.000,00 | |
| 8 | Paku 5 – 12 cm | kg | Rp18.200,00 | |
| 9 | Minyak bekisting | liter | Rp16.800,00 | |
| 10 | <i>Floordeck</i> (terpasang) | lembar | Rp750.000,00 | |
| 11 | <i>Wiremesh</i> (terpasang) | lembar | Rp850.000,00 | |
| III. | PERALATAN | | | |
| 1 | <i>Concrete Pump</i> | /hari | Rp3.500.000,00 | |

3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) diperoleh dari Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 79 Tahun 2018. Adapun perhitungan analisis harga satuan pekerjaan ditampilkan pada Tabel 5.81, Tabel 5.82, Tabel 5.83, Tabel 5.84 dan Tabel 5.85 berikut.

Tabel 5. 81 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton *Ready Mix* Fc' 26,4 Mpa

| No | Uraian | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|---|----------------|-----------|----------------|-----------------|
| 1 | 1m3 Beton <i>Ready Mix</i> fc' 26,4 Mpa, Slump (120 ± 20) mm | | | | |
| | Tenaga | | | | |
| | Pekerja | OH | 1,000 | Rp120.000,00 | Rp120.000,000 |
| | Tukang batu | OH | 0,250 | Rp135.000,00 | Rp33.750,000 |
| | Kepala tukang | OH | 0,025 | Rp150.000,00 | Rp3.750,000 |
| | Mandor | OH | 0,100 | Rp150.000,00 | Rp15.000,000 |
| | Bahan | | | | |
| | <i>Ready mix</i> | m ³ | 1,020 | Rp 875.000,00 | Rp892.500,000 |
| | Peralatan | | | | |
| | Pompa dan conveyor beton | /hari | 0,120 | Rp3.500.000,00 | Rp420.000,000 |
| | Jumlah | | | | Rp1.485.000,000 |

Tabel 5. 82 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pembesian

| No | Uraian | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|--|--------|-----------|--------------|--------------|
| 2 | Pembesian 10 kg Dengan Besi Polos atau Besi Ulir | | | | |
| | Tenaga | | | | |
| | Pekerja | OH | 0,07 | Rp120.000,00 | Rp8.400,00 |
| | Tukang besi | OH | 0,07 | Rp135.000,00 | Rp9.450,00 |
| | Kepala tukang | OH | 0,007 | Rp150.000,00 | Rp1.050,00 |
| | Mandor | OH | 0,004 | Rp150.000,00 | Rp600,00 |
| | Bahan | | | | |
| | Besi beton (polos/ulir) | kg | 10,5 | Rp 12.900,00 | Rp135.450,00 |
| | Kawat beton | kg | 0,15 | Rp 22.800,00 | Rp3.420,00 |
| | Peralatan | | | | |
| | Jumlah | | | | Rp158.370,00 |

Tabel 5. 83 Analisis Harga Satuan Pekerjaan 1m² Perancah *Bekisting* Lantai Beton

| No | Uraian | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga | |
|----|--|--------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 3 | 1m ² Perancah <i>Bekisting</i> Lantai Beton | | | | | |
| | Tenaga | | | | | |
| | Pekerja | OH | 0,340 | Rp120.000,00 | Rp40.800,00 | |
| | Tukang kayu | OH | 0,170 | Rp135.000,00 | Rp22.950,00 | |
| | Kepala tukang | OH | 0,017 | Rp150.000,00 | Rp2.550,00 | |
| | Mandor | OH | 0,034 | Rp150.000,00 | Rp5.100,00 | |
| | Bahan | | | | | |
| | Dolken kayu diameter 8-10 cm panjang 400 cm | batang | 1,463 | Rp 40.000,00 | Rp58.520,00 | |
| | Paku 5 – 12 cm | kg | 0,300 | Rp 22.800,00 | Rp5.460,00 | |
| | Peralatan | | | | | |
| | Jumlah | | | | | Rp135.380,00 |

Tabel 5. 84 Analisis Harga Satuan Pekerjaan *Bekisting* untuk Kolom

| No | Uraian | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|---|----------------|-----------|----------------|--------------|
| 4 | (K3) Pemasangan 1 m ² <i>Bekisting</i> untuk Kolom | | | | |
| | Tenaga | | | | |
| | Pekerja | OH | 0,025 | Rp120.000,00 | Rp3.000,00 |
| | Tukang kayu | OH | 0,025 | Rp135.000,00 | Rp3.375,00 |
| | Kepala tukang | OH | 0,025 | Rp150.000,00 | Rp3.750,00 |
| | Mandor | OH | 0,001 | Rp150.000,00 | Rp150,00 |
| | Bahan | | | | |
| | Kayu kelas III | m ³ | 0,040 | Rp3.400.000,00 | Rp136.000,00 |
| | Paku 5 – 12 cm | kg | 0,400 | Rp18.200,00 | Rp7.280,00 |
| | Minyak <i>bekisting</i> | liter | 0,200 | Rp16.800,00 | Rp3.360,00 |
| | Balok kayu kelas II | m ³ | 0,015 | Rp5.900.000,00 | Rp88.500,00 |
| | <i>Plywood</i> tebal 9 mm | lebar | 0,350 | Rp126.000,00 | Rp44.100,00 |
| | Dolken kayu diameter 8-10 cm panjang 400 cm | batang | 2,000 | Rp40.000,00 | Rp80.000,00 |
| | Peralatan | | | | |
| | Jumlah | | | | |

Tabel 5. 85 Analisis Harga Satuan Pekerjaan *Bekisting* untuk Balok

| No | Uraian | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|---|--------|-----------|----------------|--------------|
| 5 | (K3) Pemasangan 1 m ² <i>Bekisting</i> untuk Balok | | | | |
| | Tenaga | | | | |
| | Pekerja | OH | 0,025 | Rp120.000,00 | Rp3.000,00 |
| | Tukang kayu | OH | 0,025 | Rp135.000,00 | Rp3.375,00 |
| | Kepala tukang | OH | 0,025 | Rp150.000,00 | Rp3.750,00 |
| | Mandor | OH | 0,001 | Rp150.000,00 | Rp150,00 |
| | Bahan | | | | |
| | Kayu kelas III | m3 | 0,040 | Rp3.400.000,00 | Rp136.000,00 |
| | Paku 5 – 12 cm | kg | 0,400 | Rp18.200,00 | Rp7.280,00 |
| | Minyak <i>bekisting</i> | Liter | 0,200 | Rp16.800,00 | Rp3.360,00 |
| | Balok kayu kelas II | m3 | 0,018 | Rp5.900.000,00 | Rp106.200,00 |
| | <i>Plywood</i> tebal 9 mm | Lebar | 0,350 | Rp126.000,00 | Rp44.100,00 |
| | Dolken kayu diameter 8-10 cm panjang 400 cm | Batang | 2,000 | Rp40.000,00 | Rp80.000,00 |
| | Peralatan | | | | |
| | Jumlah | | | | |

4. Rencana anggaran biaya

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) diperoleh dari hasil perkalian antara volume pekerjaan dengan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Adapun perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada Tabel 5.86, Tabel 5.87 dan Tabel 5.88 berikut.

Tabel 5. 86 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Pelat

| No | Uraian Pekerjaan | Volume | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|--------------------------------|--------|----------------|--------------|--------------|
| 1 | Lantai 1 | | | | |
| | Ready mix fc' 26,4 Mpa | 47,514 | m ³ | Rp1.485.000 | Rp70.558.290 |
| | <i>Floordeck</i> (terpasang) | 66 | lbr | Rp750.000 | Rp49.500.000 |
| | <i>Wiremesh</i> M8 (terpasang) | 35 | lbr | Rp850.000 | Rp29.750.000 |
| | Perancah | 47,514 | m ³ | Rp135.380 | Rp6.432.445 |
| 2 | Lantai 2 | | | | |
| | Ready mix fc' 26,4 Mpa | 47,514 | m ³ | Rp1.485.000 | Rp70.558.290 |
| | <i>Floordeck</i> (terpasang) | 66 | lbr | Rp750.000 | Rp49.500.000 |
| | <i>Wiremesh</i> M8 (terpasang) | 35 | lbr | Rp850.000 | Rp29.750.000 |
| | Perancah | 47,514 | m ³ | Rp135.380 | Rp6.432.445 |
| 3 | Lantai 3 | | | | |
| | Ready mix fc' 26,4 Mpa | 47,514 | m ³ | Rp1.485.000 | Rp70.558.290 |
| | <i>Floordeck</i> (terpasang) | 66 | lbr | Rp750.000 | Rp49.500.000 |
| | <i>Wiremesh</i> M8 (terpasang) | 35 | lbr | Rp850.000 | Rp29.750.000 |
| | Perancah | 47,514 | m ³ | Rp135.380 | Rp6.432.445 |
| 4 | Lantai 4 | | | | |
| | Ready mix fc' 26,4 Mpa | 2,697 | m ³ | Rp1.485.000 | Rp4.005.045 |
| | <i>Floordeck</i> (terpasang) | 9 | lbr | Rp750.000 | Rp6.750.000 |
| | <i>Wiremesh</i> M8 (terpasang) | 5 | lbr | Rp850.000 | Rp4.250.000 |
| | Perancah | 2,697 | m ³ | Rp135.380 | Rp365.120 |

Tabel 5. 87 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Kolom

| No | Uraian Pekerjaan | Volume | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|------------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------|
| A. | Lantai 1 (Elv ± 0,00) | | | | |
| 1 | Kolom K1 500 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 5339,2 | kg | Rp15.837,00 | Rp84.556.910,40 |
| | <i>Bekisting</i> | 116,80 | m ² | Rp492.890,00 | Rp57.569.552,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 14,600 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp21.681.000,00 |
| 2 | Kolom K2 300 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 286,20 | kg | Rp15.837,00 | Rp4.532.549,40 |
| | <i>Bekisting</i> | 13,140 | m ² | Rp492.890,00 | Rp6.476.574,60 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 0,986 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp1.464.210,00 |
| B. | Lantai 2 | | | | |

Lanjutan Tabel 5. 87 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Kolom

| | | | | | |
|----|------------------------------|---------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | Kolom K1.A 500 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 5.609,6 | kg | Rp15.837,00 | Rp88.839.235,20 |
| | <i>Bekisting</i> | 160,00 | m ² | Rp492.890,00 | Rp78.862.400,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 20,000 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp29.700.000,00 |
| 2 | Kolom K2 300 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 357,6 | kg | Rp15.837,00 | Rp5.663.311,20 |
| | <i>Bekisting</i> | 18,000 | m ² | Rp492.890,00 | Rp8.872.020,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 1,350 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp2.004.750,00 |
| 3 | Kolom K3 300 x 150 | | | | |
| | Pembesian | 449,60 | kg | Rp15.837,00 | Rp7.120.315,20 |
| | <i>Bekisting</i> | 36,000 | m ² | Rp492.890,00 | Rp17.744.040,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 1,800 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp2.673.000,00 |
| C. | Lantai 3 | | | | |
| 1 | Kolom K1 500 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 3.918,4 | kg | Rp15.837,00 | Rp62.055.700,80 |
| | <i>Bekisting</i> | 112,00 | m ² | Rp492.890,00 | Rp55.203.680,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 14,000 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp20.790.000,00 |
| 2 | Kolom K2 300 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 248,40 | kg | Rp15.837,00 | Rp3.933.910,80 |
| | <i>Bekisting</i> | 12,600 | m ² | Rp492.890,00 | Rp6.210.414,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 0,945 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp1.403.325,00 |
| 3 | Kolom K3 300 x 150 | | | | |
| | Pembesian | 312,80 | kg | Rp15.837,00 | Rp4.953.813,60 |
| | <i>Bekisting</i> | 25,200 | m ² | Rp492.890,00 | Rp12.420.828,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 1,260 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp1.871.100,00 |
| D. | Lantai 4 (Atap) | | | | |
| 1 | Kolom K1.A 500 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 188,00 | kg | Rp15.837,00 | Rp2.977.356,00 |
| | <i>Bekisting</i> | 5,400 | m ² | Rp492.890,00 | Rp2.661.606,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 0,675 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp1.002.375,00 |
| 2 | Kolom K2 300 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 570,60 | kg | Rp15.837,00 | Rp9.036.592,20 |
| | <i>Bekisting</i> | 25,92 | m ² | Rp492.890,00 | Rp12.775.708,80 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 2,187 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp3.247.695,00 |

Tabel 5. 88 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Balok

| No | Uraian Pekerjaan | Volume | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|----|------------------------------|---------|----------------|----------------|-----------------|
| A. | Lantai 2 (Elv ± 3650) | | | | |
| 1 | Balok B1 350 x 600 | | | | |
| | Pembesian | 1.926,0 | kg | Rp15.837,00 | Rp30.502.062,00 |
| | <i>Bekisting</i> | 65,175 | m ² | Rp510.590,00 | Rp33.277.703,25 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 9,009 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp13.378.365,00 |
| 2 | Balok B2 250 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 2.292,6 | kg | Rp15.837,00 | Rp36.307.906,20 |
| | <i>Bekisting</i> | 126,25 | m ² | Rp510.590,00 | Rp64.461.987,50 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 12,909 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp19.169.865,00 |
| 3 | Balok B4 250 x 400 | | | | |
| | Pembesian | 2.680,5 | kg | Rp15.837,00 | Rp42.451.078,50 |
| | <i>Bekisting</i> | 100,56 | m ² | Rp510.590,00 | Rp51.346.845,11 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 10,710 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp15.904.350,00 |
| 4 | Balok B6 200 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 961,90 | kg | Rp15.837,00 | Rp15.233.610,30 |
| | <i>Bekisting</i> | 65,800 | m ² | Rp510.590,00 | Rp33.596.822,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 4,562 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp6.774.570,00 |
| B. | Lantai 3 (Elv ± 8650) | | | | |
| 1 | Balok B1 350 x 600 | | | | |
| | Pembesian | 1.926,0 | kg | Rp15.837,00 | Rp30.502.062,00 |
| | <i>Bekisting</i> | 65,175 | m ² | Rp510.590,00 | Rp33.277.703,25 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 9,009 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp13.378.365,00 |
| 2 | Balok B2 250 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 2.292,6 | kg | Rp15.837,00 | Rp36.307.906,20 |
| | <i>Bekisting</i> | 126,25 | m ² | Rp510.590,00 | Rp64.461.987,50 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 12,909 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp19.169.865,00 |
| 3 | Balok B4 250 x 400 | | | | |
| | Pembesian | 2.680,5 | kg | Rp15.837,00 | Rp42.451.078,50 |
| | <i>Bekisting</i> | 100,56 | m ² | Rp510.590,00 | Rp51.346.845,11 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 10,710 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp15.904.350,00 |
| 4 | Balok B6 200 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 961,90 | kg | Rp15.837,00 | Rp15.233.610,30 |
| | <i>Bekisting</i> | 65,800 | m ² | Rp510.590,00 | Rp33.596.822,00 |

Lanjutan Tabel 5. 88 Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Balok

| | | | | | |
|----|------------------------------|---------|----------------|----------------|-----------------|
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 4,562 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp6.774.570,00 |
| C. | Lantai 4 (Elv ± 12150) | | | | |
| 1 | Balok B2.A 250 x 500 | | | | |
| | Pembesian | 3.335,1 | kg | Rp15.837,00 | Rp52.817.978,00 |
| | <i>Bekisting</i> | 126,25 | m ² | Rp510.590,00 | Rp64.461.987,50 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 12,900 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp19.156.500,00 |
| 2 | Balok B3 300 x 00 | | | | |
| | Pembesian | 1.385,2 | kg | Rp15.837,00 | Rp21.937.412,40 |
| | <i>Bekisting</i> | 59,250 | m ² | Rp510.590,00 | Rp30.252.457,50 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 7,128 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp10.585.080,00 |
| 3 | Balok B4 250 x 400 | | | | |
| | Pembesian | 2.870,0 | kg | Rp15.837,00 | Rp45.452.190,00 |
| | <i>Bekisting</i> | 100,56 | m ² | Rp510.590,00 | Rp51.346.845,11 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 10,910 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp16.201.350,00 |
| 4 | Balok B6 200 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 1.047,4 | kg | Rp15.837,00 | Rp15.233.610,30 |
| | <i>Bekisting</i> | 58,500 | m ² | Rp510.590,00 | Rp33.596.822,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 4,560 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp6.774.570,00 |
| D. | Lantai 5 (Elv ± 14850) | | | | |
| 1 | Balok B5 200 x 400 | | | | |
| | Pembesian | 179,50 | kg | Rp15.837,00 | Rp2.842.741,50 |
| | <i>Bekisting</i> | 21,600 | m ² | Rp510.590,00 | Rp11.028.744,00 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 1,704 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp2.530.440,00 |
| 2 | Balok B6 200 x 300 | | | | |
| | Pembesian | 135,90 | kg | Rp15.837,00 | Rp2.152.248,30 |
| | <i>Bekisting</i> | 8,480 | m ² | Rp510.590,00 | Rp4.329.803,20 |
| | <i>Ready mix</i> fc' 26,4Mpa | 0,636 | m ³ | Rp1.485.000,00 | Rp944.460,00 |

5. Rekapitulasi perhitungan rancangan anggaran biaya

Hasil dari perhitungan di atas didapatkan rekapitulasi penghematan biaya yang dapat dilihat pada Tabel 5.89 sebagai berikut.

Tabel 5. 89 Rekapitulasi Rancangan Anggaran Biaya

| No | Uraian | Biaya (Aleternatif) | Biaya (<i>Eksisting</i>) | Penghematan | % Penghematan |
|----|-------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| 1 | Pekerjaan Balok | Rp1.116.455.570 | Rp1.246.795.910,62 | Rp130.340.340,39 | 10,45 % |
| 2 | Pekerjaan Kolom | Rp673.908.976 | Rp715.345.037,65 | Rp41.436.062,15 | 5,79% |
| 3 | Pekerjaan Pelat | Rp484.092.371 | Rp1.470.515.923,12 | Rp986.423.552,30 | 67,08 % |
| 4 | Total Pekerjaan Struktur Atas | Rp2.274.456.917 | Rp3.432.656.871,39 | Rp1.158.199.954,84 | 33,74 % |

Pada perhitungan rencana anggaran biaya ini tidak dilakukan perhitungan terhadap waktu/durasi di setiap pekerjaan struktur atas sehingga tidak dicantumkan biaya tidak langsung berupa *overhead* dan profit.

5.5 Tahap Penyajian

Tahap akhir dari rekayasa nilai berupa penyajian hasil akhir dari tahapan tahapan sebelumnya. Data yang diperoleh dari tahap sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 5.90, Tabel 5.91 dan Tabel 5.92 berikut.

Tabel 5. 90 Tahap Penyajian Pekerjaan Pelat Komposit

| Tahap Penyajian | |
|--|--|
| Proyek | : Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY |
| Lokasi | : Jl Nasional III, Klewonan, Wates, Kulon Progo |
| Tanggal | : - |
| Item Pekerjaan : Pelat Komposit | |
| Konsep awal (<i>original concept</i>) | |
| Desain awal pelat yang digunakan adalah pelat dengan cor beton konvensional dengan mutu beton 26,4 Mpa, ketebalan 120 mm, tulangan D-10 dengan jarak 125 mm. Desain awal ini membutuhkan biaya sebesar Rp1.470.515.923,12. | |
| Usulan perubahan (<i>proposal change</i>) | |
| Berdasarkan tahap analisis dipilih usulan perubahan untuk pelat menggunakan pelat komposit (<i>wiremesh</i> M8 dan <i>floordeck</i> tebal 0,75 mm). | |

Lanjutan Tabel 5. 90 Tahap Penyajian Pekerjaan Pelat Komposit

Diskusi (*discussion*)

Pada pekerjaan pelat menggunakan pelat komposit didapatkan biaya Rp484.092.371 dan penghematan sebesar Rp986.423.552,30.

Tabel 5. 91 Tahap Penyajian Pekerjaan Kolom Beton

| Tahap Penyajian | | | | | |
|--|---|----------------|-------------------|----------|--------------------|
| Proyek | : Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY | | | | |
| Lokasi | : Jl Nasional III, Klewonan, Wates, Kulon Progo | | | | |
| Tanggal | : - | | | | |
| Item Pekerjaan | : Kolom Beton | | | | |
| Konsep awal (<i>original concept</i>) | | | | | |
| Desain awal kolom yang digunakan adalah kolom dengan dimensi seperti berikut: | | | | | |
| Kolom | Dimensi (mm) | Tulangan Pokok | Tulangan Sengkang | | Selimut Beton (mm) |
| | | | Tumpuan | Lapangan | |
| K1 | 500 x 600 | 24D-22 | 6D10-100 | 6D10-100 | 40 |
| K1.A | 500 x 600 | 20D-22 | 2D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K2 | 300 x 300 | 8D-19 | 2D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K3 | 150 x 300 | 6D-13 | 2D10-100 | 2D10-100 | 25 |
| Desain awal ini membutuhkan biaya sebesar Rp715.345.037,65. | | | | | |
| Usulan perubahan (<i>proposal change</i>) | | | | | |
| Berdasarkan tahap analisis dipilih usulan perubahan untuk kolom sebagai berikut. | | | | | |
| Kolom | Dimensi (mm) | Tulangan Pokok | Tulangan Sengkang | | Selimut Beton (mm) |
| | | | Tumpuan | Lapangan | |
| K1 | 500 x 500 | 24D-22 | 6D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| K1.A | 500 x 500 | 20D-22 | 2D10-100 | 2D10-100 | 40 |
| Diskusi (<i>discussion</i>) | | | | | |
| Pada pekerjaan kolom menggunakan dengan mengubah dimensi kolom K1 dan K1.A dan tulangan sengkang pada lapangan didapatkan biaya Rp673.908.976 dan penghematan sebesar Rp41.436.062,15. | | | | | |

Tabel 5. 92 Tahap Penyajian Pekerjaan Balok Beton

| Tahap Penyajian | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------|-------|---------|-------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|
| Proyek : Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY | | | | | | | | | |
| Lokasi : Jl Nasional III, Klewonan, Wates, Kulon Progo | | | | | | | | | |
| Tanggal : - | | | | | | | | | |
| Item Pekerjaan : Balok Beton | | | | | | | | | |
| Konsep awal (<i>original concept</i>) | | | | | | | | | |
| Desain awal balok yang digunakan adalah balok dengan dimensi seperti berikut. | | | | | | | | | |
| Kolom | Dimensi (mm) | Tul.Pokok | | | | Tul. Sengkan | | Tulangan Pinggang | Selimut Beton (mm) |
| | | Lapangan | | Tumpuan | | Tumpuan | Lapangan | | |
| | | Atas | Bawah | Atas | Bawah | | | | |
| B1 | 350x600 | 8D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 5D-22 | 2D10-100 | 2D10-200 | 2D-13 | 40 |
| B2 | 300x500 | 6D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| B2.A | 300x500 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| B3 | 300x600 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | 2D-13 | 40 |
| B4 | 250x400 | 5D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| B5 | 200x400 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| B6 | 200x300 | 3D-16 | 2D-16 | 2D-16 | 3D-16 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| Desain awal ini membutuhkan biaya sebesar Rp1.246.795.910,62. | | | | | | | | | |

Lanjutan Tabel 5. 92 Tahap Penyajian Pekerjaan Balok Beton

| Tahap Penyajian | | | | | | | | | |
|---|--------------|-----------|-------|---------|-------|---------------|----------|-------------------|--------------------|
| Proyek : Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY | | | | | | | | | |
| Lokasi : Jl Nasional III, Klewonan, Wates, Kulon Progo | | | | | | | | | |
| Tanggal : - | | | | | | | | | |
| Item Pekerjaan : Balok | | | | | | | | | |
| Usulan perubahan (<i>proposal change</i>) | | | | | | | | | |
| Berdasarkan tahap analisis dipilih usulan perubahan untuk balok sebagai berikut. | | | | | | | | | |
| Kolom | Dimensi (mm) | Tul.Pokok | | | | Tul. Sengkang | | Tulangan Pinggang | Selimut Beton (mm) |
| | | Lapangan | | Tumpuan | | Tumpuan | Lapangan | | |
| | | Atas | Bawah | Atas | Bawah | | | | |
| B1 | 350x600 | 7D-22 | 4D-22 | 4D-22 | 5D-22 | 2D10-100 | 2D10-200 | 4D-13 | 40 |
| B2 | 250x500 | 6D-22 | 3D-22 | 3D-22 | 3D-22 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| B2.A | 250x500 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | - | 40 |
| B3 | 300x600 | 6D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 4D-19 | 2D10-100 | 2D10-200 | 4D-13 | 40 |
| Diskusi (<i>discussion</i>) | | | | | | | | | |
| Pada pekerjaan balok dengan mengubah dimensi balok B2 dan B2.A, tulangan pokok pada B1 dan B2 tulangan pinggang pada B1 dan B3 didapatkan biaya Rp1.116.455.570 dan penghematan sebesar Rp130.340.340,39. | | | | | | | | | |

5.6 Pembahasan

Berdasarkan tahapan-tahapan dari rekayasa nilai yang telah dilakukan, maka akan dipaparkan hasil dari analisis disetiap tahapan. Adapun hasil analisis disetiap tahapan sebagai berikut.

1. Tahap informasi

Pada tahap informasi dilakukan pengumpulan data terkait proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY. Adapun data informasi yang diperoleh meliputi: data umum proyek, data teknis mengenai struktur atas (pelat, kolom, balok) dan *Bill of Quantity* dari Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY, kemudian pada tahap ini juga dilakukan analisis fungsi terkait struktur atas pada sebuah bangunan gedung.

2. Tahap spekulatif

Pada tahap spekulatif ini dilakukan pengumpulan ide-ide spekulatif sebanyak mungkin dari masing-masing item pekerjaan yang ditetapkan. Pengumpulan ide-ide spekulatif ini didapatkan alternatif bahan material pada setiap item pekerjaan struktur atas berupa: beton bertulang, baja, precast dan komposit.

3. Tahap analisis

Pada tahap analisis ini dilakukan proses analisis terhadap ide-ide alternatif yang telah disebutkan pada tahap sebelumnya dengan tiga metode dengan bantuan responden dari dua ahli/praktisi dan dua akademisi. Metode pertama adalah analisis tingkat kelayakan didapatkan nilai tertinggi 41,25 untuk pekerjaan balok menggunakan struktur beton bertulang, 42,75 untuk pekerjaan kolom menggunakan struktur beton bertulang, serta 46,5 untuk pelat menggunakan pelat komposit (*floordeck* dan *wiremesh*). Metode kedua adalah analisis keuntungan dan kerugian didapatkan nilai tertinggi 7,25 untuk pekerjaan balok menggunakan struktur beton bertulang, 6,75 untuk pekerjaan kolom menggunakan struktur beton bertulang, serta 11,75 untuk pelat menggunakan pelat komposit (*floordeck* dan *wiremesh*). Metode ketiga adalah analisis metode *zero-one* didapatkan nilai tertinggi 44,44 untuk pekerjaan balok menggunakan struktur beton bertulang, 44,44 untuk pekerjaan kolom

menggunakan struktur beton bertulang, serta 38,89 untuk pelat menggunakan pelat komposit (*floordeck* dan *wiremesh*). Dari ketiga metode tersebut didapatkan hasil yang konsisten dengan desain balok dan kolom menggunakan beton bertulang serta pelat menggunakan komposit (*floordeck* dan *wiremesh*).

4. Tahap Pengembangan

Pada tahap pengembangan telah dilakukan proses analisis struktur menggunakan program SAP2000, permodelan dan penggambaran menggunakan Tekla Struktur dan perhitungan rancangan anggaran biaya menggunakan program aplikasi excel. Dari tahap pengembangan ini didapatkan hasil penghematan sebesar Rp1.158.199.954,84 dengan rincian sebagai berikut:

a. Pekerjaan pelat

Desain awal pelat menggunakan beton tebal 120 mm dengan tulangan D10-125 mm didapatkan alternatif desain menggunakan material komposit berupa *wiremesh* m8 dan *floordeck* 0,75 mm, sehingga didapatkan penghematan biaya sebesar Rp986.423.552,30. Hal ini dikarenakan pada pekerjaan pelat menggunakan material komposit tidak membutuhkan material tulangan dan bekisting dengan jumlah banyak seperti yang terjadi pada pekerjaan pelat beton.

b. Pekerjaan kolom

Desain awal kolom yang digunakan memiliki beberapa perbedaan pada material *properties* dengan kolom alternatif (dapat dilihat pada Tabel 5.89), sehingga didapat penghematan biaya sebesar Rp41.436.062,15. Hal ini dikarenakan terdapat penghematan material yang digunakan pada kolom alternatif sehingga berpengaruh terhadap penghematan biaya untuk pekerjaan kolom.

c. Pekerjaan balok

Desain awal balok yang digunakan memiliki beberapa perbedaan pada material *properties* dengan balok alternatif (dapat dilihat pada Tabel 5.90), sehingga didapat penghematan biaya sebesar Rp131.055.127,32. Hal ini dikarenakan terdapat penghematan material yang digunakan pada balok

alternatif sehingga berpengaruh terhadap penghematan biaya untuk pekerjaan balok.

5. Tahap Penyajian

Pada tahap penyajian dilakukan pemaparan ulang terkait hasil dari tahapan-tahapan sebelumnya, termasuk didalamnya terdapat rekomendasi desain pilihan terbaik dari alternatif-alternatif yang tersedia.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil dari rekayasa nilai didapatkan desain alternatif pada pekerjaan struktur atas pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY, meliputi: pada pekerjaan pelat dengan desain awal pelat beton bertulang tebal 120 mm, tulangan D10-125 mm didapatkan desain alternatif pelat menggunakan material komposit (*wiremesh* M8 dan *floordeck* 0,75 mm) sehingga didapatkan penghematan biaya sebesar Rp 986.423.552,30. Pada pekerjaan balok didapatkan desain alternatif dengan mengubah: dimensi awal balok B2 dan B2.A sebesar 300 x 500 mm menjadi 250 x 500 mm, jumlah tulangan tumpuan atas pada balok B1 yang awalnya 8D22 mm menjadi 7D22 mm, jumlah tulangan tumpuan bawah dan lapangan atas bawah pada balok B2 dengan desain awal 4D22 mm menjadi 3D22 mm, pada balok B1 dan B3 jumlah tulangan pinggang yang awalnya 2D13 mm menjadi 4D13 sehingga didapatkan penghematan biaya sebesar Rp130.340.340,39. Pada pekerjaan kolom didapatkan alternatif desain dengan mengubah dimensi kolom K1 dan K1.A dengan desain awal menggunakan dimensi 500 x 600 mm menjadi 500 x 500 mm sehingga didapatkan penghematan biaya sebesar Rp 41.436.062,15. Desain alternatif pada struktur atas tersebut memperoleh biaya konstruksi yang lebih murah atau ekonomis, yaitu sebesar Rp1.158.199.954,84 atau 33,74 %.

6.2 Saran

Setelah dilakukan proses analisis dapat disampaikan beberapa hal yang sebaiknya dilakukan dalam kaitannya menerapkan rekayasa nilai (*value engineering*) pada pembangunan gedung diantaranya sebagai berikut.

1. Penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) sebaiknya dilakukan pada tahap awal pembangunan (tahap desain), sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik proyek.

2. Penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) tidak hanya dapat dilakukan pada pekerjaan struktur (pekerjaan dengan presentase biaya yang besar), akan tetapi dapat dilakukan untuk pekerjaan lainya yang memiliki potensi penghematan seperti arsitektur, mekanikal, elektrikal dan *plumbing*.
3. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya juga melakukan penerapan rekayasa nilai untuk tenaga kerja, peralatan, maupun metode yang digunakan.
4. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya juga melakukan penerapan rekayasa nilai untuk waktu atau durasi pelaksanaan proyek sehingga didapat biaya tidak langsung berupa *overhead* dan profit.



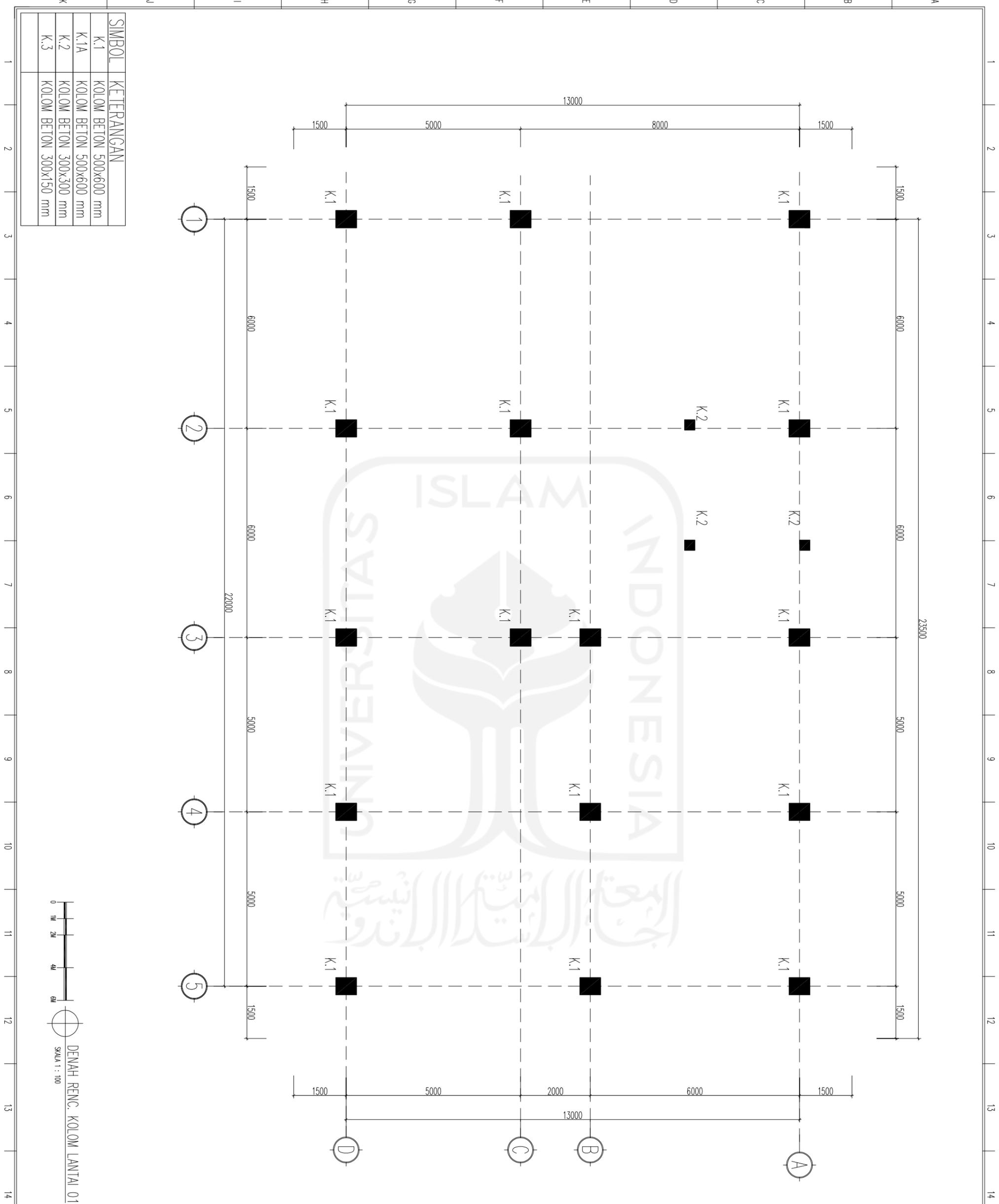
DAFTAR PUSTAKA

- Bertolini, V. dan Wisnumurti, A.Z., 2016. *Aplikasi Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Hotel Grand Banjarmasin)*. Jurnal IPTEK. Universitas Brawijaya, Malang.
- Arifta . 2019. *Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksaan Inspektor Daerah Sleman)*. Thesis. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Darajah. 2019. *Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi Dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode Zero-One (Studi Kasus Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia)*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 1987. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 1987. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Chandra, S. 1988. *Aplikasi Value Engineering & Analisis Pada Perencanaan dan Pelaksanaan untuk Mencapai Program Efisiensi*. Jakarta.
- Dell'Isola. 1975. *Value Engineering in The Constructuion Industry*. Van Norstrand Company. New York.
- Zimmerman, W.L dan Hart, D.G. 1982. *Value Engineering, A Practical Approach for Owner, Designers, and Contractors. Edisi 14*. Van Nostrand Reonhold Company. New York. USA
- Fisk, Edward R. 1982. *Contractor's Project Guide to Public Agency Contracts*. New Jersey: Wiley.

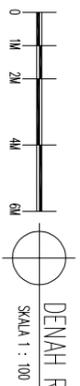
- Soeharto, I. 2001. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- Larto. 2014. *Penerapan Value Engineering pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang dan Struktur Gedung untuk Optimalisasi Pembiayaan pada Proyek Konstruksi*. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Saragih, S.M.H dkk. 2013. *Aplikasi Rekayasa Nilai (Studi Kasus: Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Semarang-Bawen Sesi Penggaron-Beji)*. Jurnal Karya Teknik Sipil. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sudarmoko. 1996. *Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sudarmoko, 1996. *Perencanaan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Manubari, F.A. 2019. *Hand Out Materi Kuliah Manajemen Proyek*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung.

LAMPIRAN



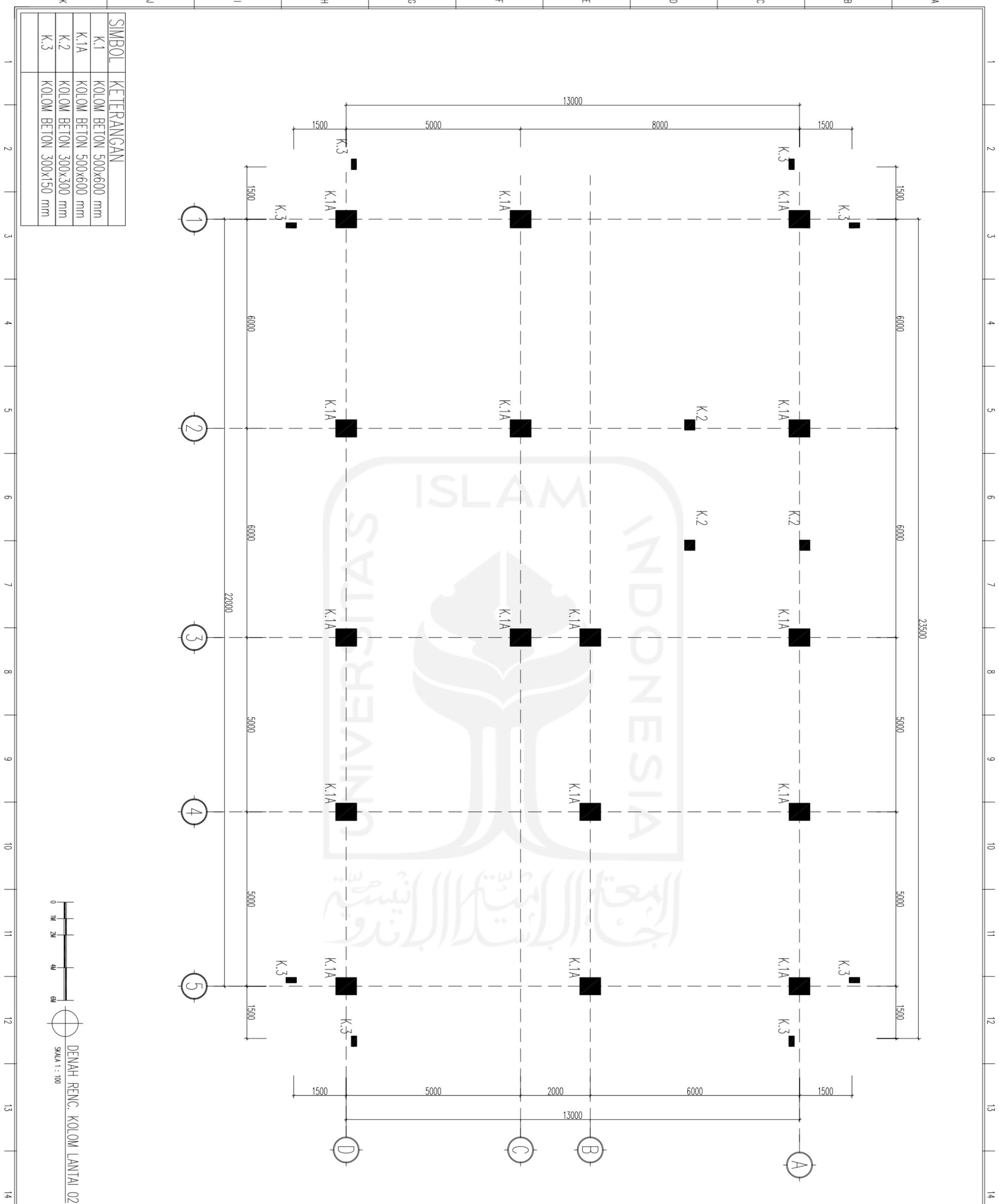


| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| K.1 | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.1A | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.2 | KOLOM BETON 300x300 mm |
| K.3 | KOLOM BETON 300x150 mm |

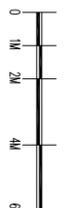


DENAH RENC. KOLOM LANTAI 01
SKALA 1 : 100

| | | | | | | | | |
|---|--|--|--------------|--|--|----------------|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | |
| | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | |
| JL. NASIONAL III KLEWONAN, TIRAHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN PERENCANA | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | | | | | | | |
| Ir. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | |
| NAMA | | | PARAF | | | | | |
| Ir. Achmad Musthofida, M.Eng Team Leader | | | | | | | | |
| Purno Alimoda, ST., MT., IRI Ahli Arsitektur | | | | | | | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Ahli Struktur | | | | | | | | |
| Sergio Putra Muljana, ST Ahli ME | | | | | | | | |
| Joni Asri Dharma, ST Ahli Estimator | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | | | | |
| DENAH RENC. KOLOM LANTAI 01 | | | 1 : 100 | | | | | |
| KODE | | | NOMOR GAMBAR | | | JUMLAH HALAMAN | | |
| STR | | | 07 | | | 36 | | |

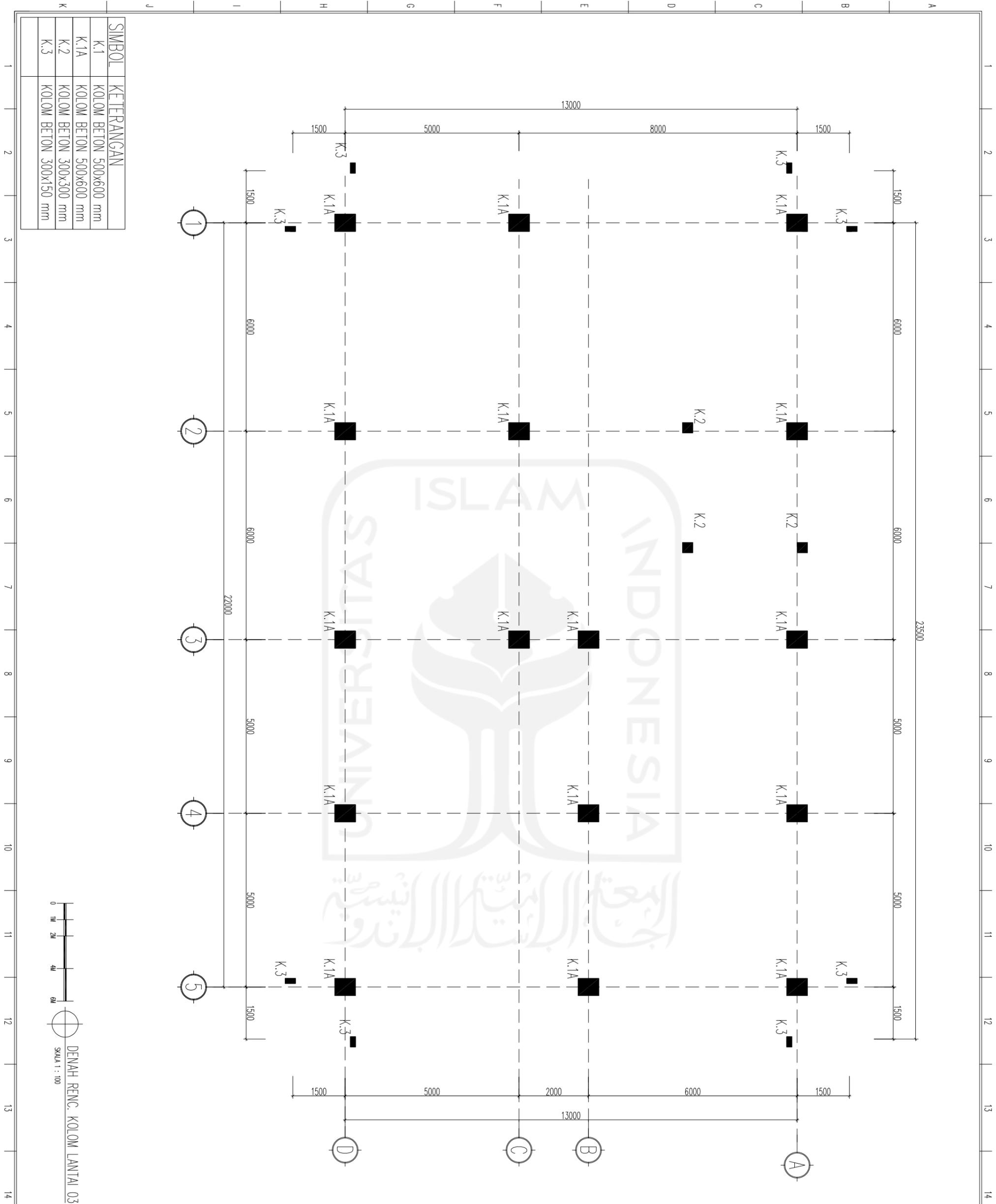


| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| K.1 | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.1A | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.2 | KOLOM BETON 300x300 mm |
| K.3 | KOLOM BETON 300x150 mm |

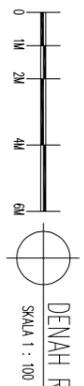


DENAH RENC. KOLOM LANTAI 02
SKALA 1 : 100

| | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|---------|----------------|--|----|--|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | | |
| | | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | | |
| JL. NASIONAL III KLEWONAN, TREHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANAAN PT. PROPORSI | | | | | | | | | |
| Ie. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | | |
| NAMA | | PARAF | | | | | | | |
| Ie. Achmad Musthofid, MEd Team Leader | | | | | | | | | |
| Purno Alimda, ST., MT., IRI Ani Astekur | | | | | | | | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Ani Sodikur | | | | | | | | | |
| Sugila Putra Muljana, ST Ani ME | | | | | | | | | |
| Ijon Asri Dinda, ST Ani Estimar | | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | | | | | |
| DENAH RENC. KOLOM LANTAI 02 | | | 1 : 100 | | | | | | |
| KODE | | NOMOR GAMBAR | | JUMLAH HALAMAN | | | | | |
| STR | | 07 | | 36 | | | | | |



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| K.1 | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.1A | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.2 | KOLOM BETON 300x300 mm |
| K.3 | KOLOM BETON 300x150 mm |



DENAH RENC. KOLOM LANTAI 03
SKALA 1 : 100

| | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|---------|----------------|--|----|--|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | | |
| BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | | |
| Jl. NASIONAL III KLEWONAN, TREHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN | | | | | | | | | |
| PERENCANA | | | | | | | | | |
|  PT. PROPORSI ARCHITECTURE ■ ENGINEERING ■ RESEARCH ■ MANAGEMENT <small>Jl. Sekeloa Selatan 1 No. 10 Yogyakarta 55141 Telp. (0271) 5330000 Fax. (0271) 5330000 Email: info@proporsi.com www.proporsi.com</small> | | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | | | | | | | | |
| Ic. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | | |
| NAMA | | PARAF | | | | | | | |
| Ic. Achmad Musthofida, MEd Team Leader | | | | | | | | | |
| Purno Alimda, ST., MT., IRI Ahlil Arsitektur | | | | | | | | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Ahlil Arsitektur | | | | | | | | | |
| Sugilo Putra Muljana, ST Ahlil ME | | | | | | | | | |
| Ibon Asri Dharma, ST Ahlil Estimator | | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | | | | | |
| DENAH RENC. KOLOM LANTAI 03 | | | 1 : 100 | | | | | | |
| KODE | | NOMOR GAMBAR | | JUMLAH HALAMAN | | | | | |
| STR | | 07 | | 36 | | | | | |

PEMILIK PROYEK
BANK BPD DIY

PEKERJAAN

JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
PT. BANK BPD DIY

LOKASI

Jl. MASONAL III
KLEWONAN, TIRAHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
YOGYAKARTA

PT BANK BPD DIY

PEMIMPIN PROYEK

MOHAMMAD MUNIF RIDWAN

PERENCANA



KONSULTAN PERENCANA
PT. PROPORSI

Ic. PAMUDJI JUDOMOLO
DIREKTUR

NAMA
Ic. Achmad Musthofid, M.Eng
Team Leader

Purno Alimoda, ST., MT., IAI

Anil Asriestekur

Nurhidayah Agung Yudianto, ST

Sapta Putra Muljana, ST

Anil ME

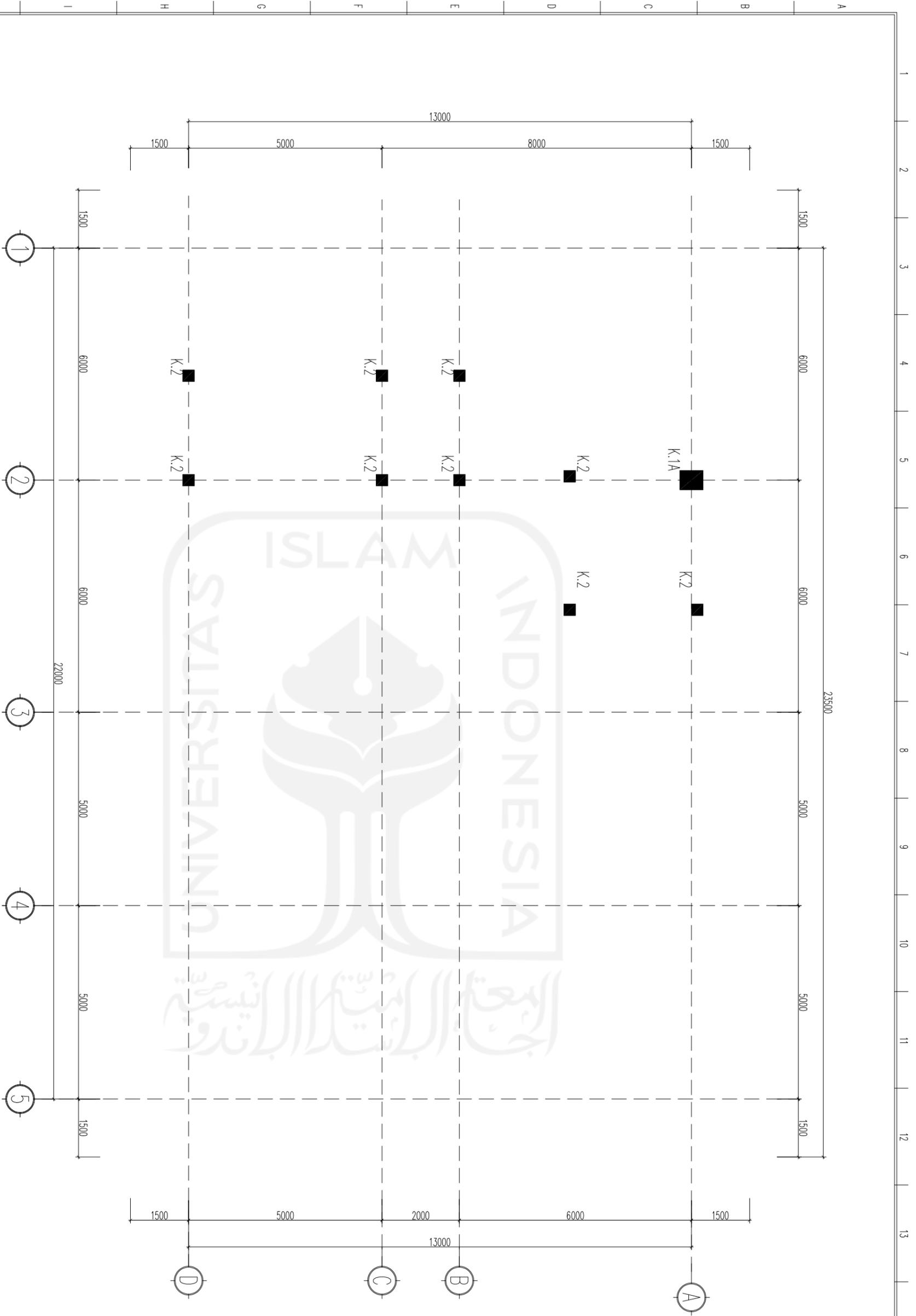
Joan Asri Dharma, ST

Anil Estimator

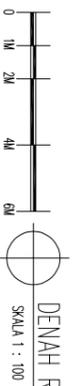
JUDUL GAMBAR
SKALA

DENAH RENC. KOLOM LANTAI ATAP
1 : 100

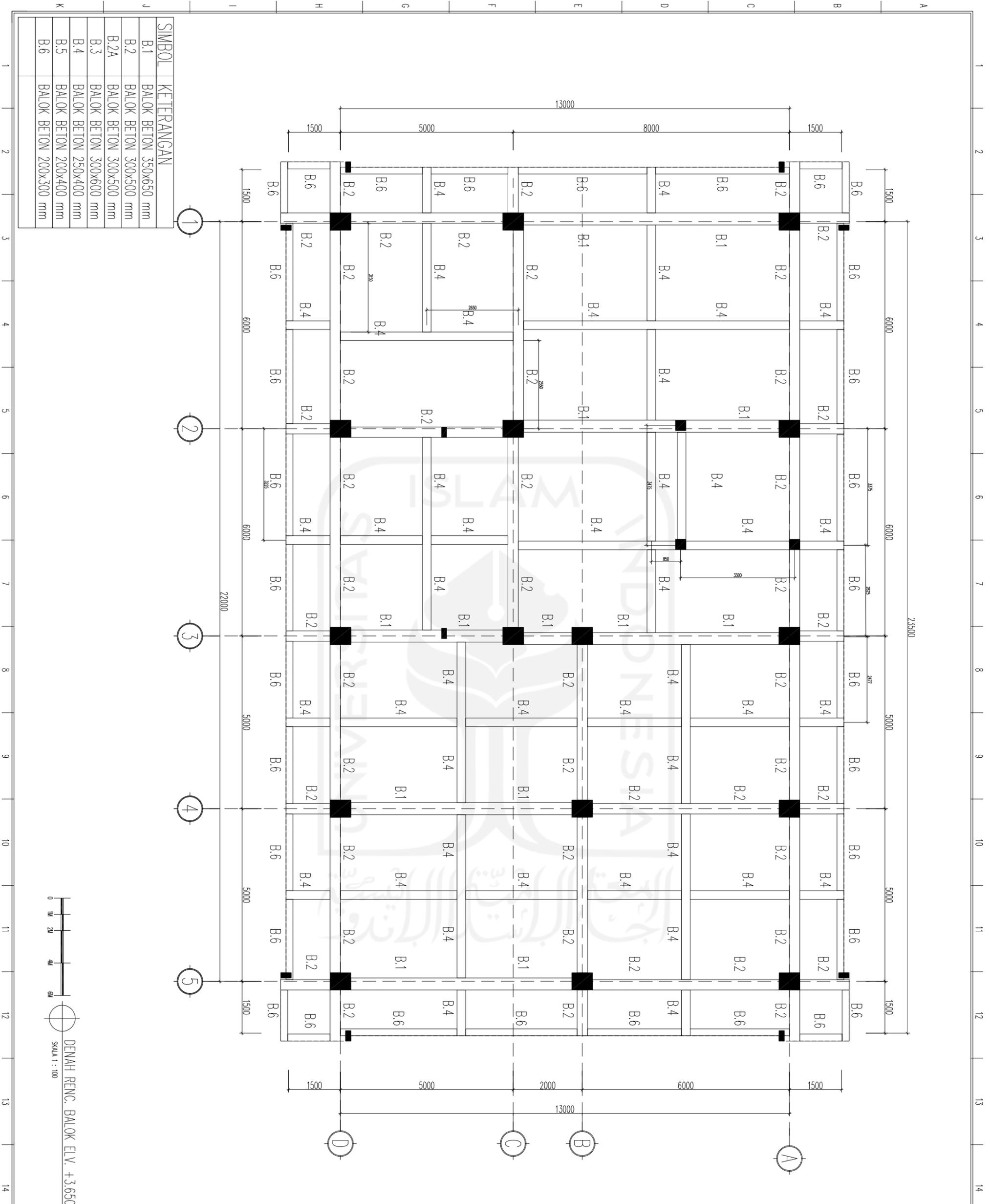
KODE STR 08 36



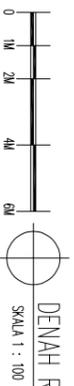
| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| K.1 | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.1A | KOLOM BETON 500x600 mm |
| K.2 | KOLOM BETON 300x300 mm |
| K.3 | KOLOM BETON 300x150 mm |



DENAH RENC. KOLOM LANTAI ATAP
SKALA 1 : 100

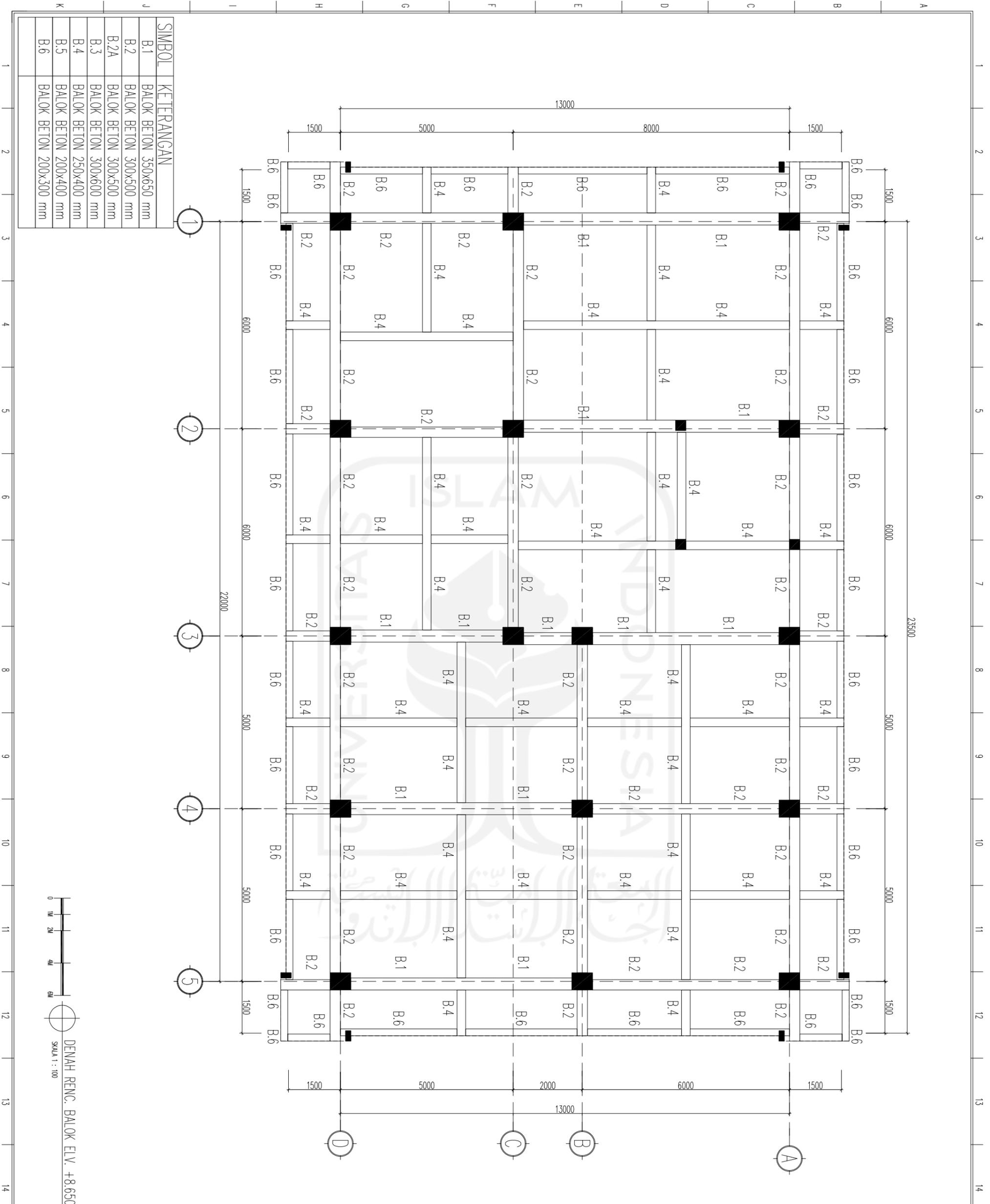


| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| B.1 | BALOK BETON 350x650 mm |
| B.2 | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.2A | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.3 | BALOK BETON 300x600 mm |
| B.4 | BALOK BETON 250x400 mm |
| B.5 | BALOK BETON 200x400 mm |
| B.6 | BALOK BETON 200x300 mm |

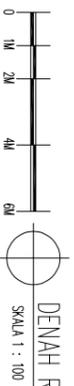


DENAH RENC. BALOK E.L.V. +3.650
SKALA 1 : 100

| | | | | | | | | |
|---|--|--|--------------------|--|--|----------------------|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | |
| | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | |
| U. NASIONAL III KLEWONAN, TIRHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN PERENCANA | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | | | | | | | |
| Ir. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | |
| NAMA Ir. Achmad Musthofid, M.Eng Team Leader | | | | | | PARAF | | |
| Purno Alimda, ST., MT., IRI Anil Asriestur Nandita Agung Yudhanita, ST Anil Sodikur Sigitu Putra Muljana, ST Anil ME | | | | | | | | |
| Ijon Asri Dharma, ST Anil Estimator | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR SKALA | | | | | | | | |
| DENAH RENC. BALOK E.L.V. +3.650 1 : 100 | | | | | | | | |
| KODE STR | | | NOMOR GAMBAR 10 | | | JUMLAH HALAMAN 36 | | |

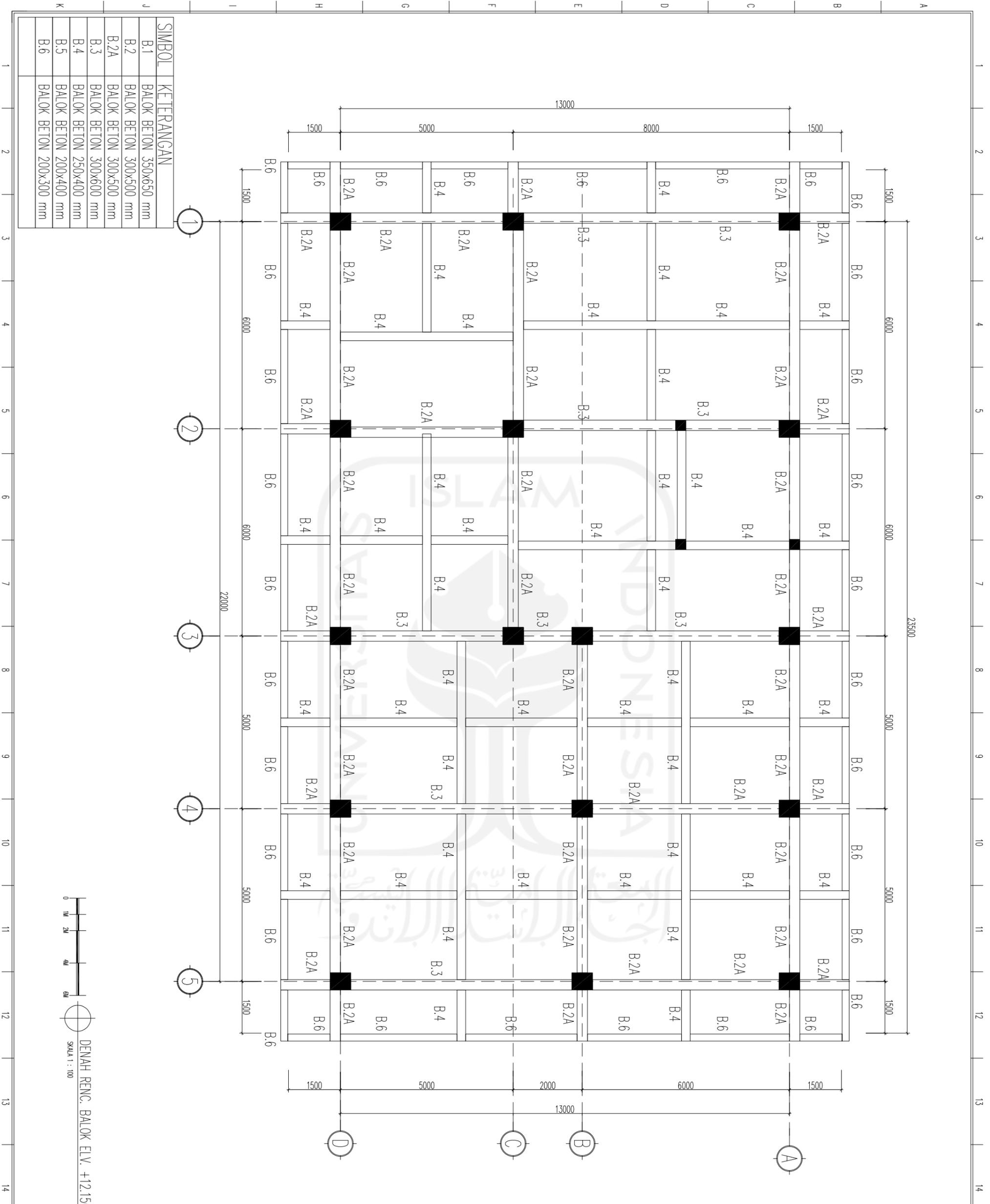


| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| B.1 | BALOK BETON 350x650 mm |
| B.2 | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.2A | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.3 | BALOK BETON 300x600 mm |
| B.4 | BALOK BETON 250x400 mm |
| B.5 | BALOK BETON 200x400 mm |
| B.6 | BALOK BETON 200x300 mm |



DENAH RENC. BALOK E.L.V. +8,650
SKALA 1 : 100

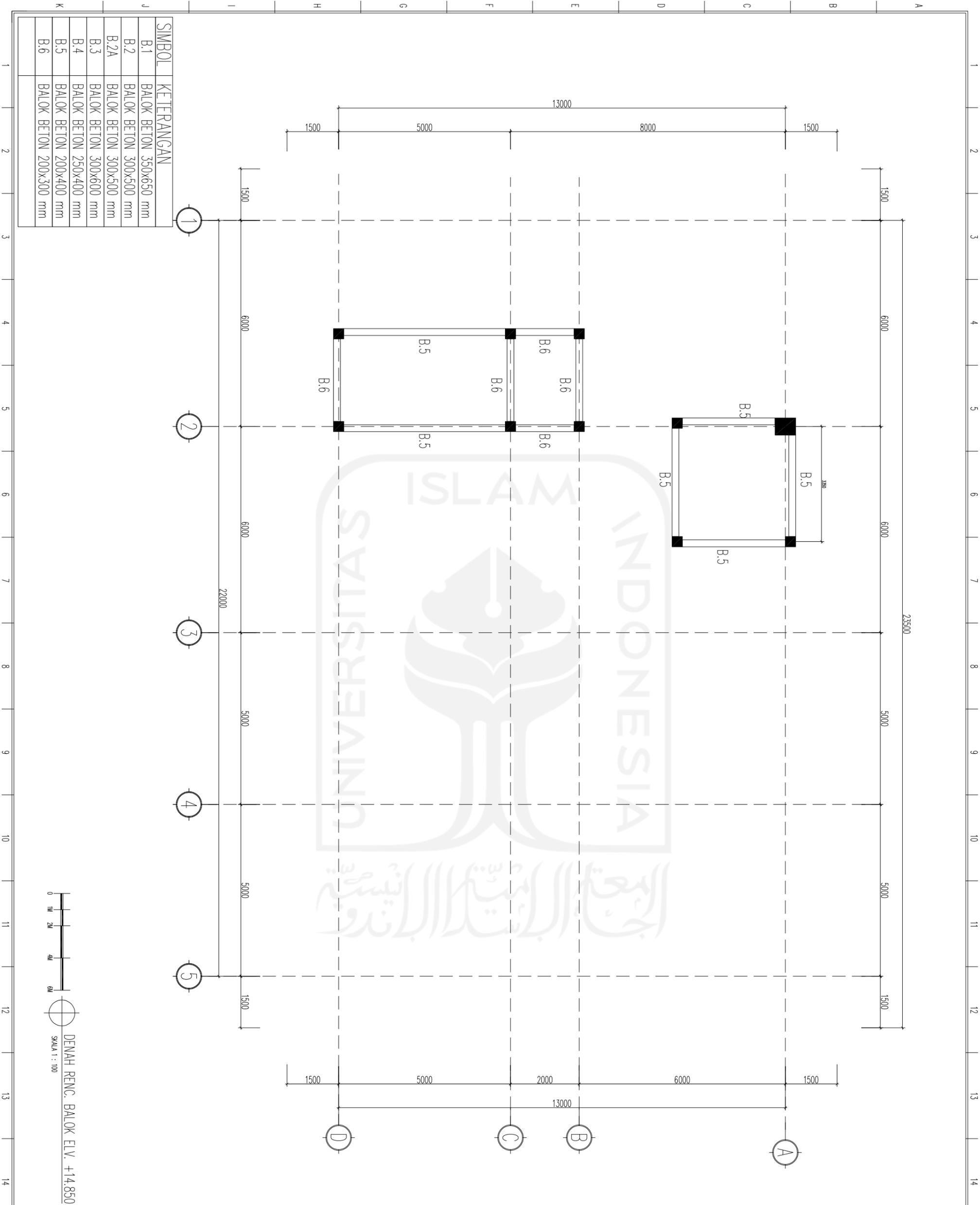
| | | | | | | | | |
|--|--------------|----------------|---------|--|--|----|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | |
| | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | |
| U. NASIONAL III KLEWONAN, TIRHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN PERENCANA | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | | | | | | | |
| Ir. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | |
| NAMA Ir. Achmad Musthofid, M.Eng Team Leader | | | PARAF | | | | | |
| Purno Alimda, ST., M.T., IRI Anil Asriestur Nandita Anggra Yudianto, ST Anil Sodikur Sigitu Putra Muljana, ST Anil M. | | | | | | | | |
| Joni Asti Dharma, ST Anil Estimator | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | | | | |
| DENAH RENC. BALOK E.L.V. +8,650 | | | 1 : 100 | | | | | |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN | | | | | | |
| STR | 11 | 36 | | | | | | |



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| B.1 | BALOK BETON 350x650 mm |
| B.2 | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.2A | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.3 | BALOK BETON 300x600 mm |
| B.4 | BALOK BETON 250x400 mm |
| B.5 | BALOK BETON 200x400 mm |
| B.6 | BALOK BETON 200x300 mm |

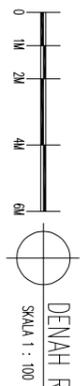
DENAH RENC. BALOK E.L.V. +12.150
SKALA 1 : 100

| | | | | | | | | |
|---|--------------|----------------|---------|--|--|-------|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | |
| | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | |
| JL. NASIONAL III KLEWONAN, TIRHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN PERENCANA | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | | | | | | | |
| Ir. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | |
| NAMA Ir. Achmad Musthofid, M.Eng Team Leader | | | | | | PARAF | | |
| Purno Alimda, ST., MT., IRI Anil Arstektur | | | | | | | | |
| Nandita Agung Yudanto, ST Anil Struktur | | | | | | | | |
| Septia Putra Muljana, ST Anil ME | | | | | | | | |
| Joni Asti Dinda, ST Anil Estimator | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | | | | |
| DENAH RENC. BALOK E.L.V. +12.150 | | | 1 : 100 | | | | | |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN | | | | | | |
| STR | 12 | 36 | | | | | | |



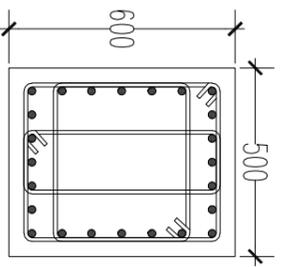
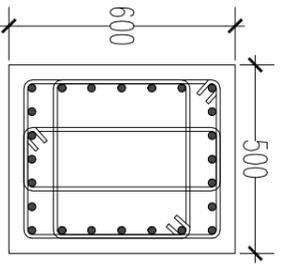
SIMBOL KETERANGAN

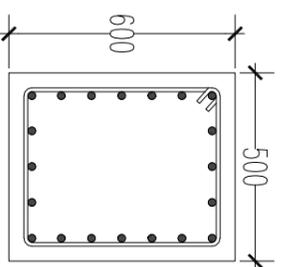
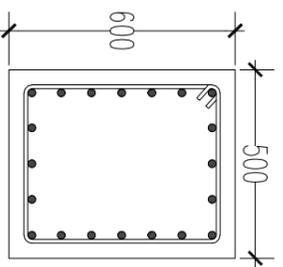
| | |
|------|------------------------|
| B.1 | BALOK BETON 350x650 mm |
| B.2 | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.2A | BALOK BETON 300x500 mm |
| B.3 | BALOK BETON 300x600 mm |
| B.4 | BALOK BETON 250x400 mm |
| B.5 | BALOK BETON 200x400 mm |
| B.6 | BALOK BETON 200x300 mm |

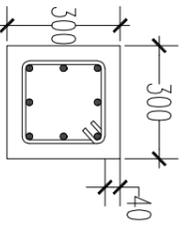
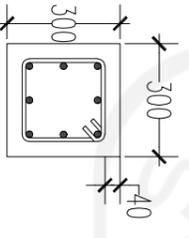


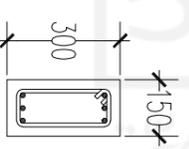
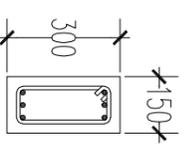
DENAH RENC. BALOK E.V. +14.850
SKALA 1 : 100

| | | | | | |
|--|--------------|----------------|---|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | | | |
| PEKERJAAN | | | JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | |
| LOKASI | | | JL. NASIONAL III KLEWONAN, TIRAHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | PT BANK BPD DIY | | |
| PERENCANA | | | MOHAMMAD MUNIF RIDWAN PERENCANA | | |
| KONSULTAN PERENCANA | | | | | |
| DIREKTUR | | | Ir. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | |
| NAMA | | | PARAF | | |
| Ir. Achmad Musthofid, M.Eng Team Leader | | | | | |
| Purno Alimda, ST., MT., IRI Anil Asriektur | | | | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Anil Srikulir | | | | | |
| Septia Putra Muljana, ST Anil ME | | | | | |
| Joni Asri Dharma, ST Anil Estimator | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | |
| DENAH RENC. BALOK E.V. +14.850 | | | 1 : 100 | | |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN | | | |
| STR | 13 | 36 | | | |

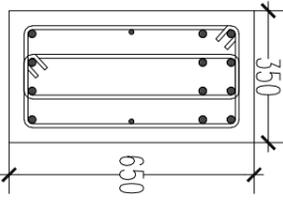
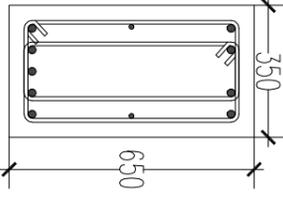
| | | |
|-----------------|---|--|
| K.1 | Kolom Beton – 500x600 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 24 D 22 | 24 D 22 |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 100 |
| Selimit beton | 4 CM | |
| Mutu beton | f'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

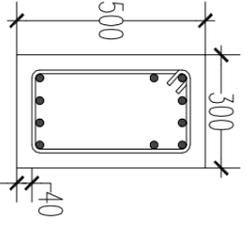
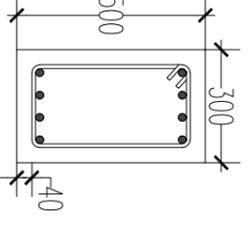
| | | |
|----------------------|---|---|
| K.1A LANTAI 02-03 | Kolom Beton – 500x600 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 20 D 22 | 20 D 22 |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 100 |
| Selimit beton | 4 CM | |
| Mutu beton | f'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

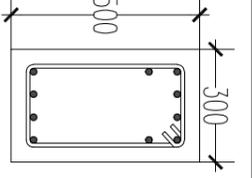
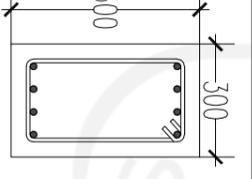
| | | |
|-----------------|---|--|
| K.2 | Kolom Beton – 300x300 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 8 D 19 | 8 D 19 |
| Sengkang/Begel | P10 – 100 | P10 – 100 |
| Selimit beton | 4 CM | |
| Mutu beton | f'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

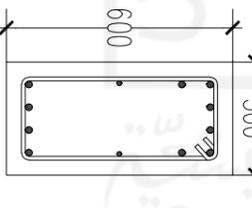
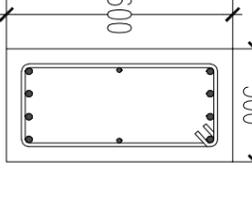
| | | |
|-----------------|---|---|
| K.3 | Kolom Beton – 150x300 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 6 D 13 | 6 D 13 |
| Sengkang/Begel | P10 – 100 | P10 – 100 |
| Selimit beton | 2,5 CM | |
| Mutu beton | f'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|--|--------------|----------------|
| PEMILIK PROYEK | | |
| BANK BPD DIY | | |
| PEKERJAAN | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | |
| LOKASI | | |
| Jl. MASONAL III KLEWONAN, REHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | |
| PT BANK BPD DIY | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN | | |
| PERENCANA | | |
|  P.T. PROPORSI <small>ARCHITECTURE ■ ENGINEERING ■ DESIGN ■ MANAGEMENT</small> <small>Jl. Pahlawan Mangrove, No. 100, Ploso, Sleman, Yogyakarta 55584</small> | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | |
| Ic. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | |
| NAMA | PARAF | |
| Ic. Achmad Musthofida, M.Eng Team Leader | | |
| Purno Alimda, ST., M.Eng, IAI | | |
| Anil Arstektur | | |
| Nandjaga Agung Yudhanita, ST | | |
| Anil Sodikur | | |
| Sapta Putra Muljana, ST | | |
| Anil ME | | |
| Doni Asti Dinda, ST | | |
| Anil Estimator | | |
| JUDUL GAMBAR | SKALA | |
| | | |
| DETAIL PEMBERSIAN | | NTS |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
| STR | 32 | 36 |

| | | |
|-------------------|---|--|
| B.1 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 8 D 22 | 4 D 22 |
| Tulangan bawah | 4 D 22 | 5 D 22 |
| Tulangan pinggang | 2 D 13 | 2 D 13 |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selimut beton | 4 CM | 4 CM |
| Mutu beton | F'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| B.2 | Balok Beton – 300x500 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 6 D 22 | 4 D 22 |
| Tulangan bawah | 4 D 22 | 4 D 22 |
| Tulangan pinggang | | |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selimut beton | 4 CM | 4 CM |
| Mutu beton | F'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|--|
| B.2A ELEV +12 | Balok Beton – 300x500 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 6 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan bawah | 4 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan pinggang | | |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selimut beton | 4 CM | 4 CM |
| Mutu beton | F'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| B.3 ELEV +12 | Balok Beton – 300x600 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 6 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan bawah | 4 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan pinggang | 2 D 13 | 2 D 13 |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selimut beton | 4 CM | 4 CM |
| Mutu beton | F'c : 26,4 MPa | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|---|--------------|----------------|
| PEMILIK PROYEK | | |
| BANK BPD DIY | | |
| PEKERJAAN | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | |
| LOKASI | | |
| Jl. MASONAL III KLEWONAN, TIRHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | |
| PT BANK BPD DIY | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN | | |
| PERENCANA | | |
|  PT. PROPORSI <small>ARCHITECTURE ■ ENGINEERING ■ RESEARCH ■ MANAGEMENT</small> <small>Jl. Pahlawan Veteran No. 100, Yogyakarta 55222</small> | | |
| KONSULTAN PERENCANA | | |
| PT. PROPORSI | | |
| Ic. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | |
| NAMA | PARAF | |
| Ic. Achmad Musthofid, M.Eng Team Leader | | |
| Purno Alimda, ST., MT., IRI Aini Asriektur | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Aini Sodikur | | |
| Sapta Putra Muljana, ST Aini ME | | |
| Jean Asti Purba, ST Aini Estimar | | |
| JUDUL GAMBAR | SKALA | |
| DETAIL PEMBERSIAN | NTS | |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
| STR | 33 | 36 |

| | | |
|----------------|--------------------------------|-----------|
| B.4 | Balok Beton – 250x400 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK | | |
| | Tulangan atas | 5 D 19 |
| | Tulangan bawah | 4 D 19 |
| | Tulangan pinggang | |
| | Sengkang/Begel | D10 – 100 |
| | Selimut beton | 4 CM |
| Mutu beton | $F'_c : 26,4 \text{ MPa}$ | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLLOS (P) U 24 | |

| | | |
|----------------|--------------------------------|-----------|
| B.5 | Balok Beton – 200x400 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK | | |
| | Tulangan atas | 3 D 16 |
| | Tulangan bawah | 2 D 16 |
| | Tulangan pinggang | |
| | Sengkang/Begel | D10 – 100 |
| | Selimut beton | 4 CM |
| Mutu beton | $F'_c : 26,4 \text{ MPa}$ | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLLOS (P) U 24 | |

| | | |
|----------------|--------------------------------|-----------|
| B.6 | Balok Beton – 200x300 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK | | |
| | Tulangan atas | 3 D 16 |
| | Tulangan bawah | 2 D 16 |
| | Tulangan pinggang | |
| | Sengkang/Begel | D10 – 100 |
| | Selimut beton | 4 CM |
| Mutu beton | $F'_c : 26,4 \text{ MPa}$ | |
| Mutu baja | ULIR (D) U 40, POLLOS (P) U 24 | |

| | | |
|--|--------------|----------------|
| PEMILIK PROYEK | | |
| BANK BPD DIY | | |
| PEKERJAAN | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | |
| LOKASI | | |
| Jl. MASONAL III KLEWANAN, REHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | |
| PT BANK BPD DIY | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN | | |
| PERENCANA | | |
|  PT. PROPORSI <small>ARCHITECTURE ■ ENGINEERING ■ DESIGN ■ MANAGEMENT</small> <small>Jl. Pahlawan Mangrove, Km. 10, Perumahan Mangrove, Yogyakarta 55223</small> | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | |
| Ic. PAMUDJI JUDOMOLO DIREKTUR | | |
| NAMA | PARAF | |
| Ic. Achmad Musthofida, M.Eng Team Leader | | |
| Purno Alimada, ST., MT., IRI Ahlil Arsitektur | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Ahlil Struktur | | |
| Sapta Putra Muljana, ST Ahlil ME | | |
| Joan Asri Dinda, ST Ahlil Estimator | | |
| JUDUL GAMBAR | SKALA | |
| DETAIL PEMBERSIHAN | NTS | |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
| STR | 34 | 36 |

PEMILIK PROYEK



PEKERJAAN

JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
PT. BANK BPD DIY

LOKASI

Jl. NASIONAL III
KLEWONAN, REHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
YOGYAKARTA

PT BANK BPD DIY

PEMIMPIN PROYEK

MOHAMMAD MUNIF RIDWAN

PERENCANA



KONSULTAN PERENCANA
PT. PROPORSI

Ic. PAMUDI JUDOMOLO
DIREKTUR

NAMA

PARAF

Ic. Achmad Musthofida, M.Eng
Team Leader

Purno Alimada, ST., MT., IRI

Anil Arstektur

Nandita Agung Yudianto, ST

Anil Srikulir

Sapta Putra Muljana, ST

Anil ME

Joan Asti Dinda, ST

Anil Estimator

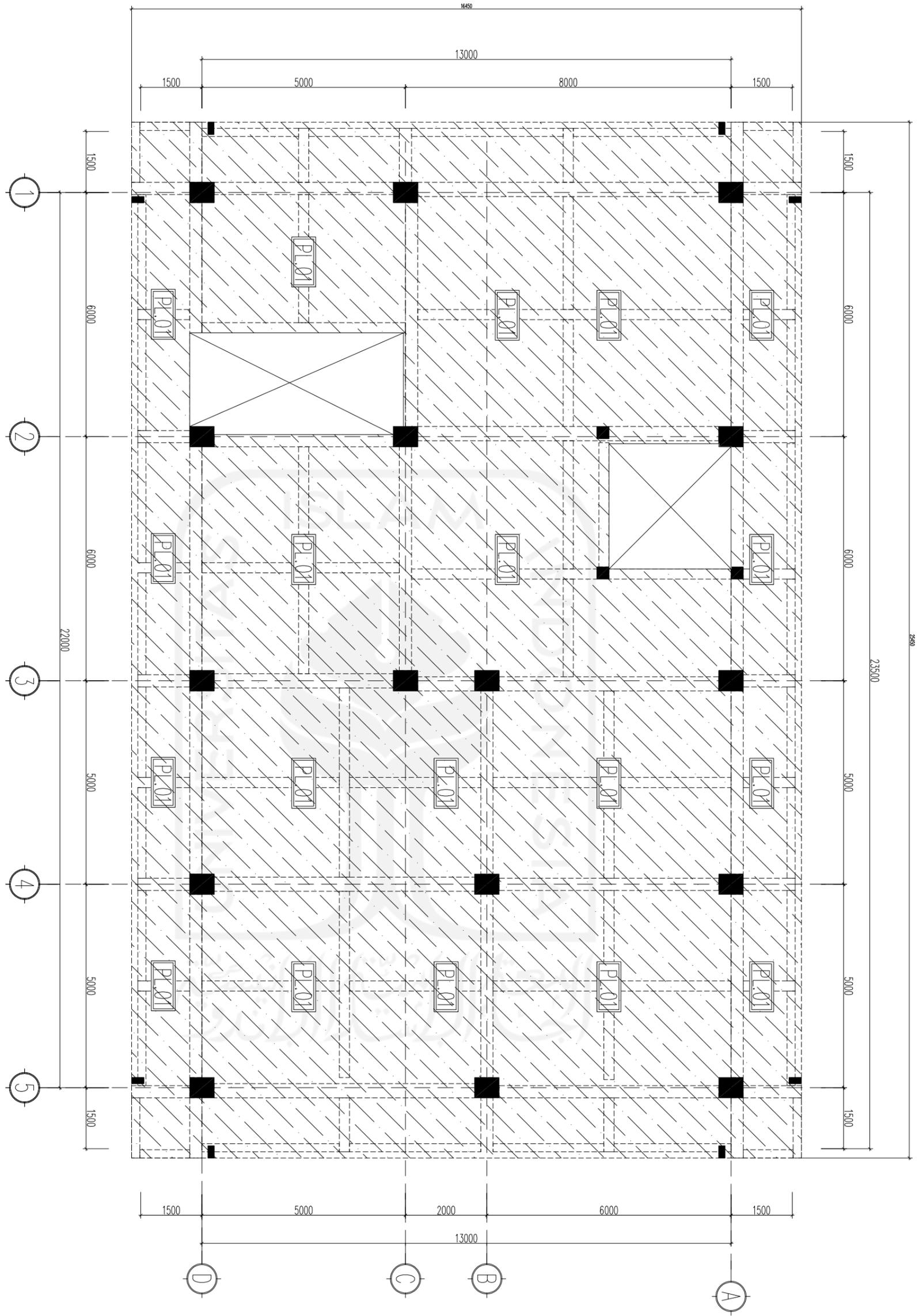
JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENC. PLAT ELV. +3,650

1 : 100

| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
|------|--------------|----------------|
| STR | 14 | 36 |



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|-------------------|
| PL.01 | PLAT BETON 120 mm |
| PL.02 | PLAT BETON 100 mm |

DENAH RENC. PLAT ELV. +3,650
SKALA 1 : 100

PEMILIK PROYEK
BANK BPD DIY

PEKERJAAN

JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN
 GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
 PT. BANK BPD DIY

LOKASI

Jl. NASIONAL III
 KLEWONAN, TIRHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
 YOGYAKARTA

PT BANK BPD DIY

PEMIMPIN PROYEK

MOHAMMAD MUNIF RIDWAN

PERENCANA



KONSULTAN PERENCANA
 PT. PROPORSI

Ic. PAMUDI JUDOMOLO
 DIREKTUR

NAMA
 Ic. Achmad Musthofida, M.Eng
 Team Leader

Purno Alimada, ST., MT., IRI
 Anil Asriestekar

Nandita Agung Yudianto, ST
 Anil Srikatur

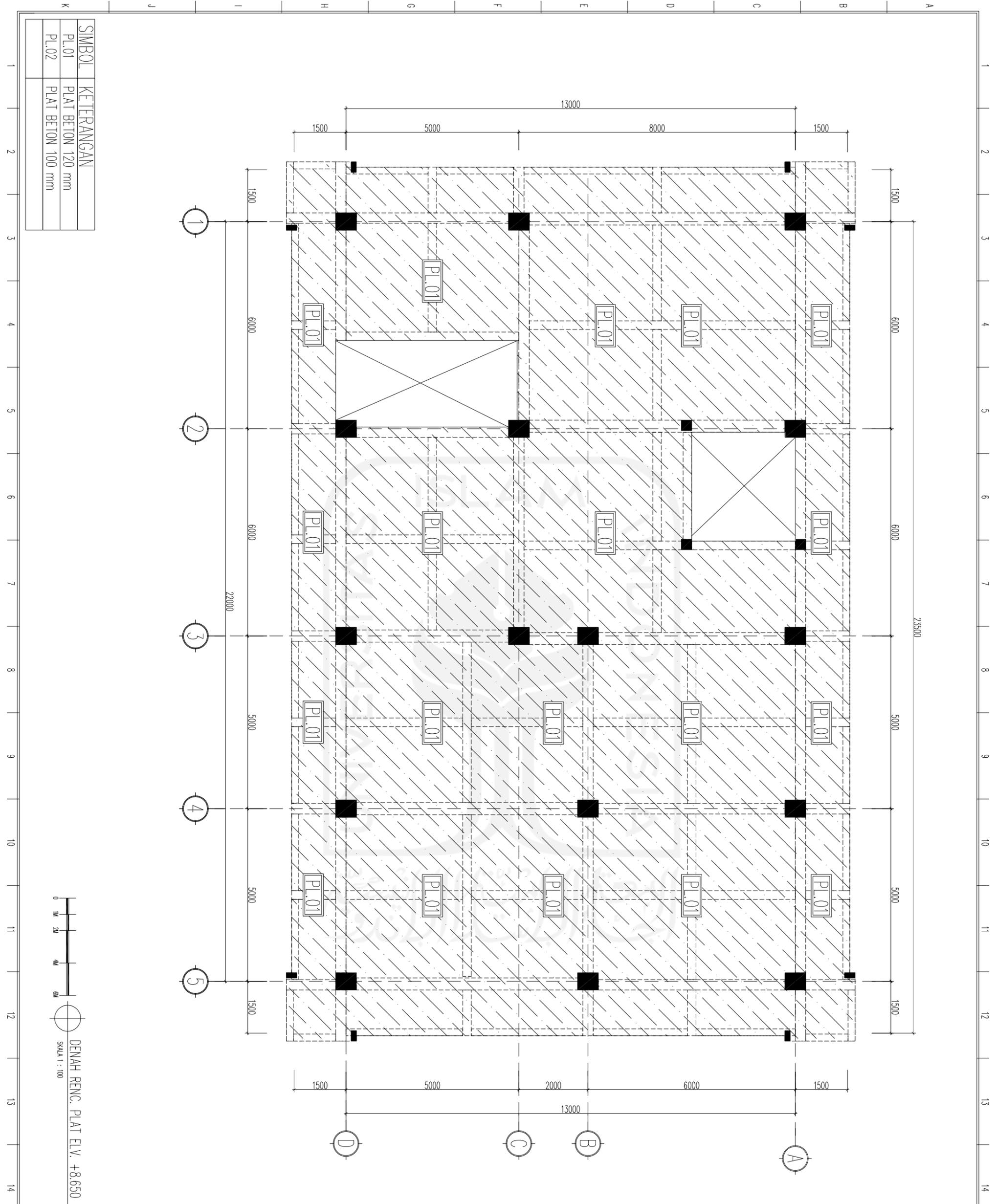
Sapta Putra Muljana, ST
 Anil ME

Jon Asri Dupa, ST
 Anil Estimator

JUDUL GAMBAR
 SKALA

DENAH RENC. PLAT ELV. +8.650
 1 : 100

| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
|------|--------------|----------------|
| STR | 15 | 36 |



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|-------------------|
| P.L.01 | PLAT BETON 120 mm |
| P.L.02 | PLAT BETON 100 mm |

PEMILIK PROYEK
BANK BPD DIY

PEKERJAAN
 JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN
 GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
 PT. BANK BPD DIY

LOKASI
 Jl. NASIONAL III
 KLEWONAN, TIRHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
 YOGYAKARTA

PT BANK BPD DIY
 PEMIMPIN PROYEK

PERENCANA
 MOHAMMAD MUNIF RIDWAN
P.T. PROPORSI
ARQUITECTURE ■ ENGINEERING ■ RESEARCH ■ MANAGEMENT ■
Jl. Pahlawan Veteran No. 100, Yogyakarta 55222

KONSULTAN PERENCANA
 PT. PROPORSI

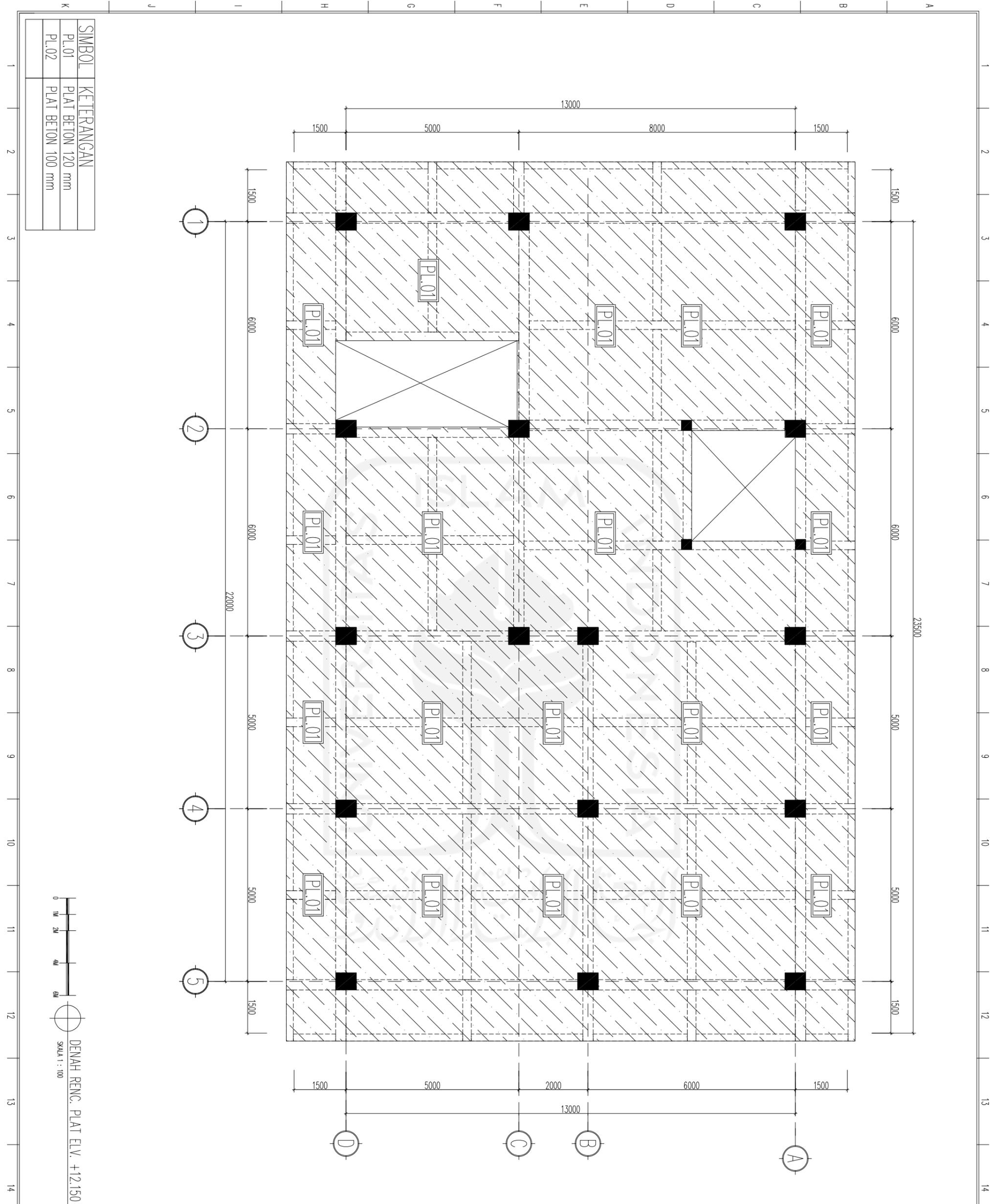
Ic. PAMUDI JUDOMOLO
 DIREKTUR

NAMA
 Ic. Achmad Musthofida, M.Eng
 Team Leader
 Purno Alimoda, ST., MT., IRI
 Anil Astetikus
 Nandindra Agung Yudianto, ST
 Anil Srikatur
 Sapta Putra Muljana, ST
 Anil ME

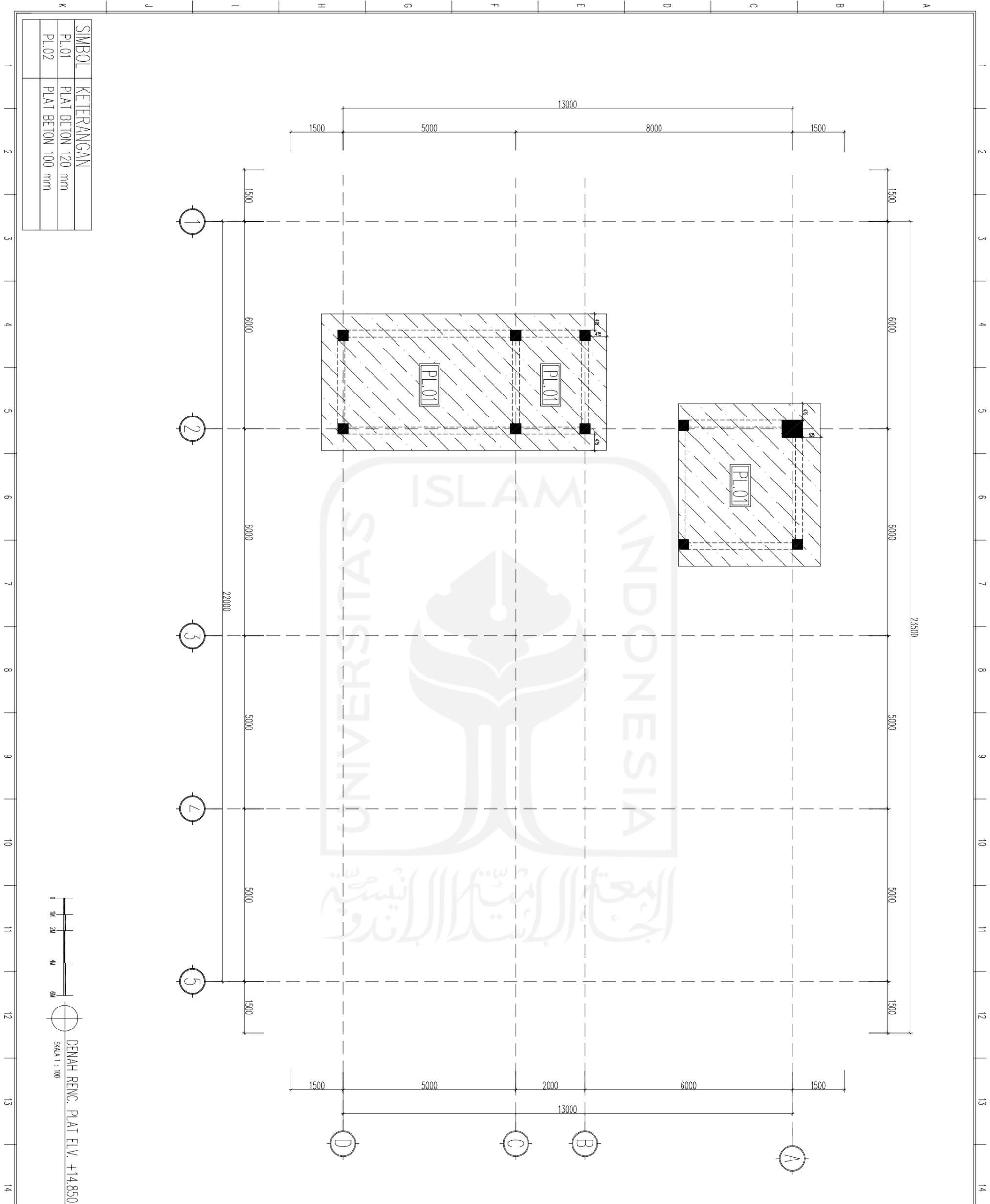
JUDUL GAMBAR
 SKALA

DENAH RENC. PLAT ELV. +12.150
 1 : 100

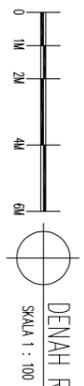
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
|------|--------------|----------------|
| STR | 16 | 36 |



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|-------------------|
| PL.01 | PLAT BETON 120 mm |
| PL.02 | PLAT BETON 100 mm |



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|-------------------|
| PL.01 | PLAT BETON 120 mm |
| PL.02 | PLAT BETON 100 mm |



DENAH RENC. PLAT ELV. +14.850
SKALA 1 : 100

| | | | | | | | | | |
|--|--------------|----------------|---------|--|--|----|--|--|--|
| PEMILIK PROYEK | | | 15 | | | 16 | | | |
| BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| PEKERJAAN | | | | | | | | | |
| JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| LOKASI | | | | | | | | | |
| Jl. NASIONAL III KLEWONAN, TIRAHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA | | | | | | | | | |
| PT BANK BPD DIY | | | | | | | | | |
| PEMIMPIN PROYEK | | | | | | | | | |
| MOHAMMAD MUNIF RIDWAN | | | | | | | | | |
| PERENCANA | | | | | | | | | |
| P.T. PROPORSI ARQUITECTURE ■ ENGINEERING ■ RESEARCH ■ MANAGEMENT Jl. Veteran Mangrove.com, wates, proporsidesign.com 55129 | | | | | | | | | |
| KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI | | | | | | | | | |
| Ic. PAMUDI JUDOMOLO DIREKTUR | | | | | | | | | |
| NAMA | | PARAF | | | | | | | |
| Ic. Achmad Muzthofid, M.Eng Team Leader | | | | | | | | | |
| Purno Alimoda, ST., MT., IRI Anil Asriektur | | | | | | | | | |
| Nurhidayah Agung Yudianto, ST Anil Srikulir | | | | | | | | | |
| Sugila Putra Muljana, ST Anil ME | | | | | | | | | |
| Ijon Asri Dharma, ST Anil Estimator | | | | | | | | | |
| JUDUL GAMBAR | | | SKALA | | | | | | |
| DENAH RENC. PLAT ELV. +14.850 | | | 1 : 100 | | | | | | |
| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN | | | | | | | |
| STR | 17 | 36 | | | | | | | |

PEMILIK PROYEK
BANK BPD DIY

PEKERJAAN

JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
PT. BANK BPD DIY

LOKASI

Jl. NASIONAL III
KLEWONAN, REHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
YOGYAKARTA

PT BANK BPD DIY

PEMIMPIN PROYEK

MOHAMMAD MUNIF RIDWAN

PERENCANA

P.T. PROPORSI
ARCHITECTURE ■ ENGINEERING ■ RESEARCH ■ MANAGEMENT
Jl. Pahlawan Veteran, No. 10, Yogyakarta
Telp. (0271) 7811111 Fax. (0271) 7811111
www.proporsi.com email: proporsi@proporsi.com

KONSULTAN PERENCANA
PT. PROPORSI

Ic. PAMUDI JUDOMOLO
DIREKTUR

NAMA PARAF
Ic. Achmad Musthofida, M.Eng
Team Leader

Purno Alimada, ST., MT., IRI
Anil Prasetya

Nurhidayah Agung Yudhanita, ST
Anil Srikatur

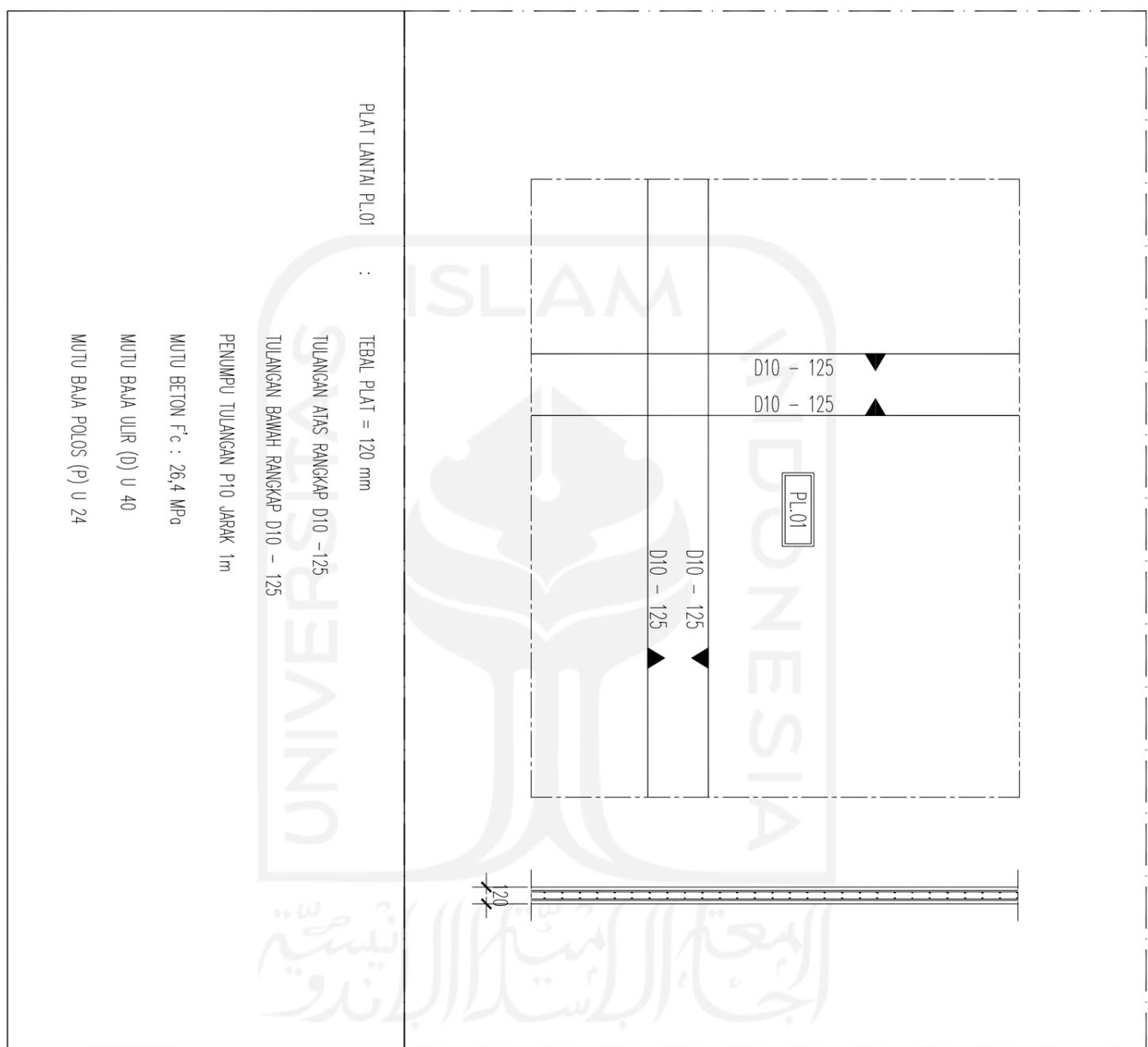
Sapta Putra Muljana, ST
Anil ME

Joan Asri Dinda, ST
Anil Estimator

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL PLAT LANTAI 1 : 100

| KODE | NOMOR GAMBAR | JUMLAH HALAMAN |
|------|--------------|----------------|
| STR | 30 | 36 |



PLAT LANTAI PL.01 : TEBAL PLAT = 120 mm
TULANGAN ATAS RANGKAP D10 - 125
TULANGAN BAWAH RANGKAP D10 - 125
PENUMPU TULANGAN P10 JARAK 1m
MUTU BETON F'c : 26,4 MPa
MUTU BAJA ULIR (D) U 40
MUTU BAJA POLOS (P) U 24

DETAIL PLAT LANTAI
SKALA 1 : 100





PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PROGO, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

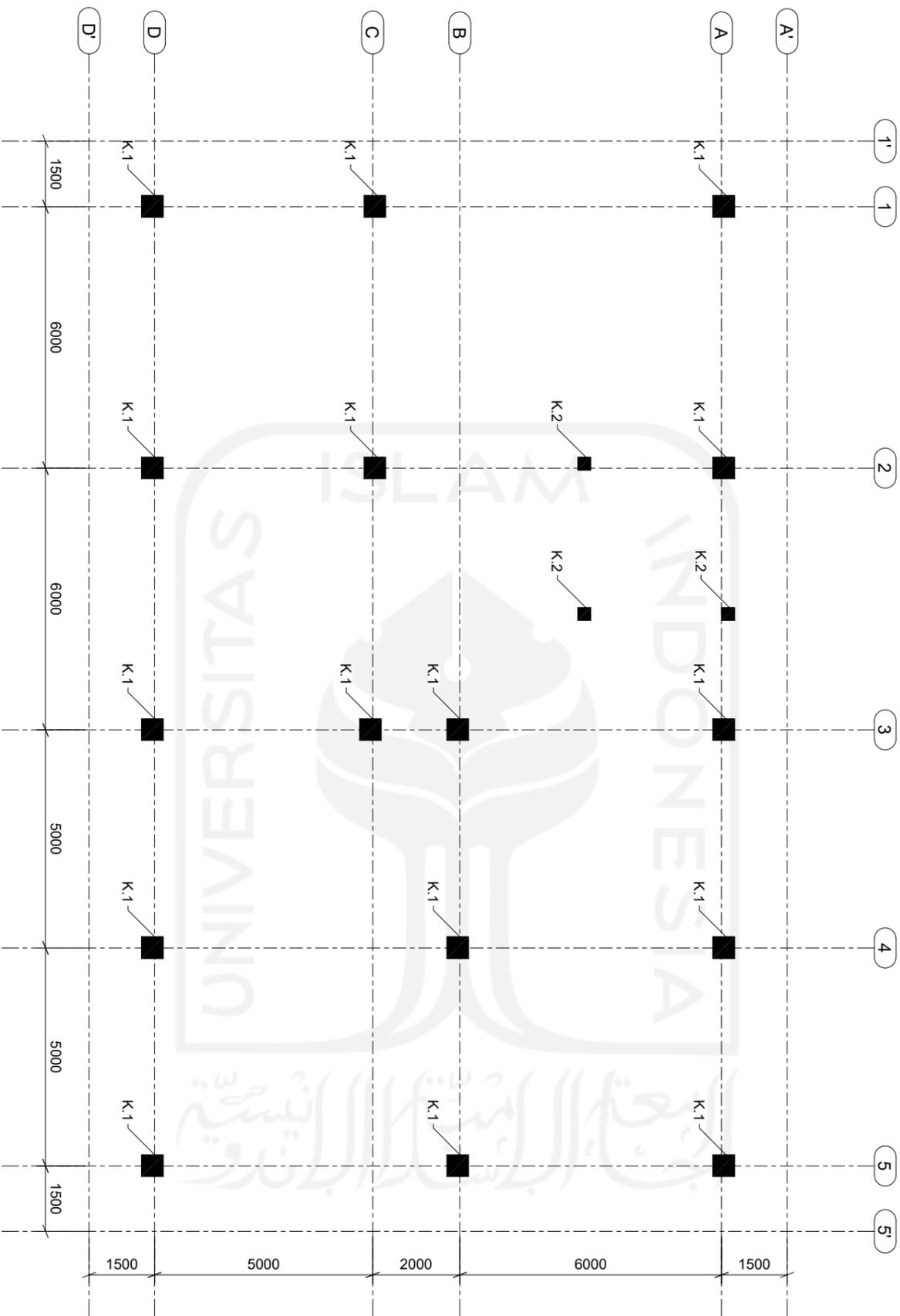
DENAH RENCANA KOLDM LT 1

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

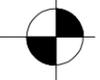
FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Kolom Lt 1

Skala 1:100





PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PROGO, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

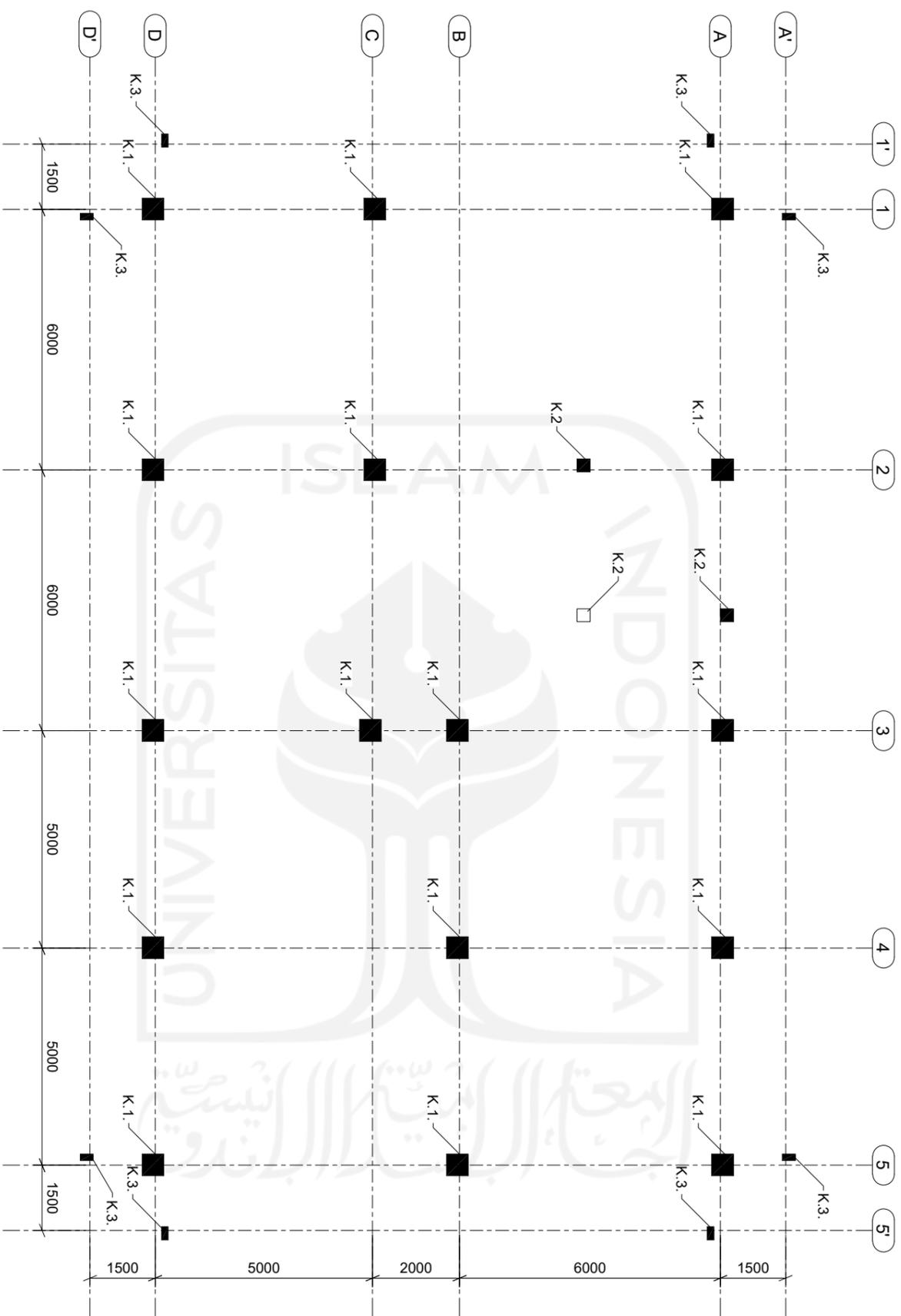
DENAH RENCANA KOLDM LT 2

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Kolom Lt 2

Skala 1:100





PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PROGO, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

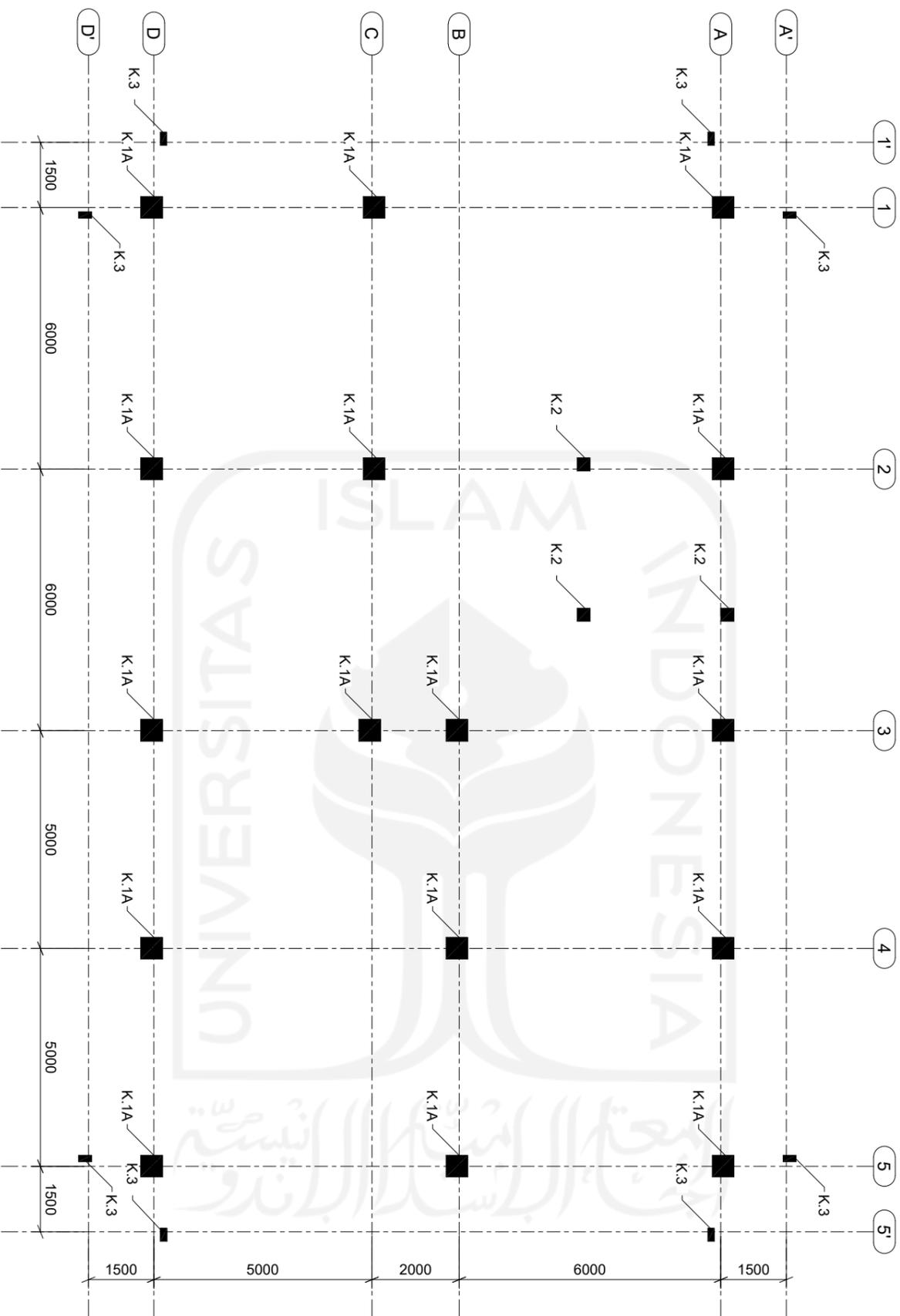
DENAH RENCANA KOLDM LT 3

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

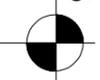
FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

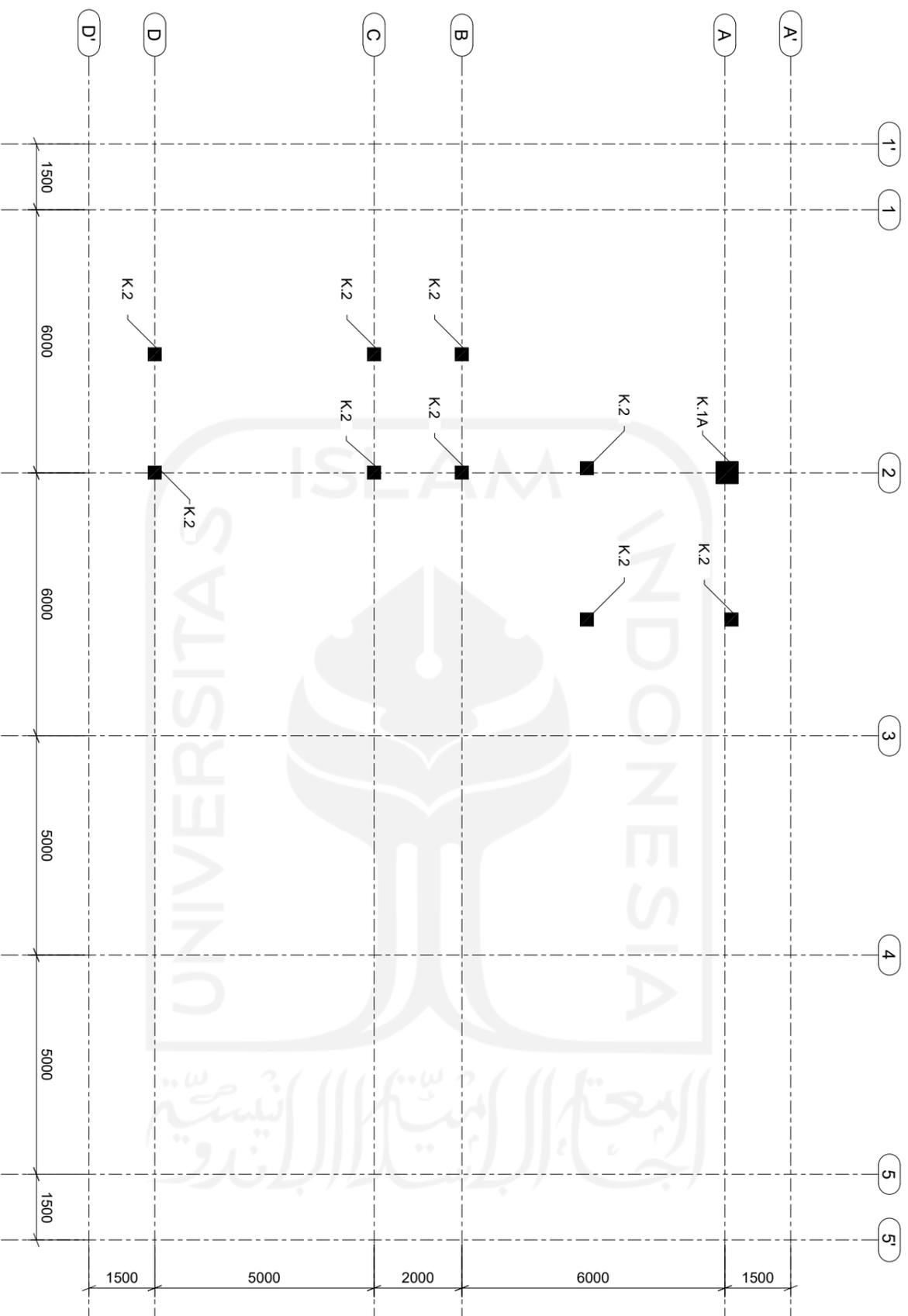
1 : 100



Denah Rencana Kolom Lt 3

Skala 1:100





Denah Rencana Kolom Lt Atap

Skala 1:100



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

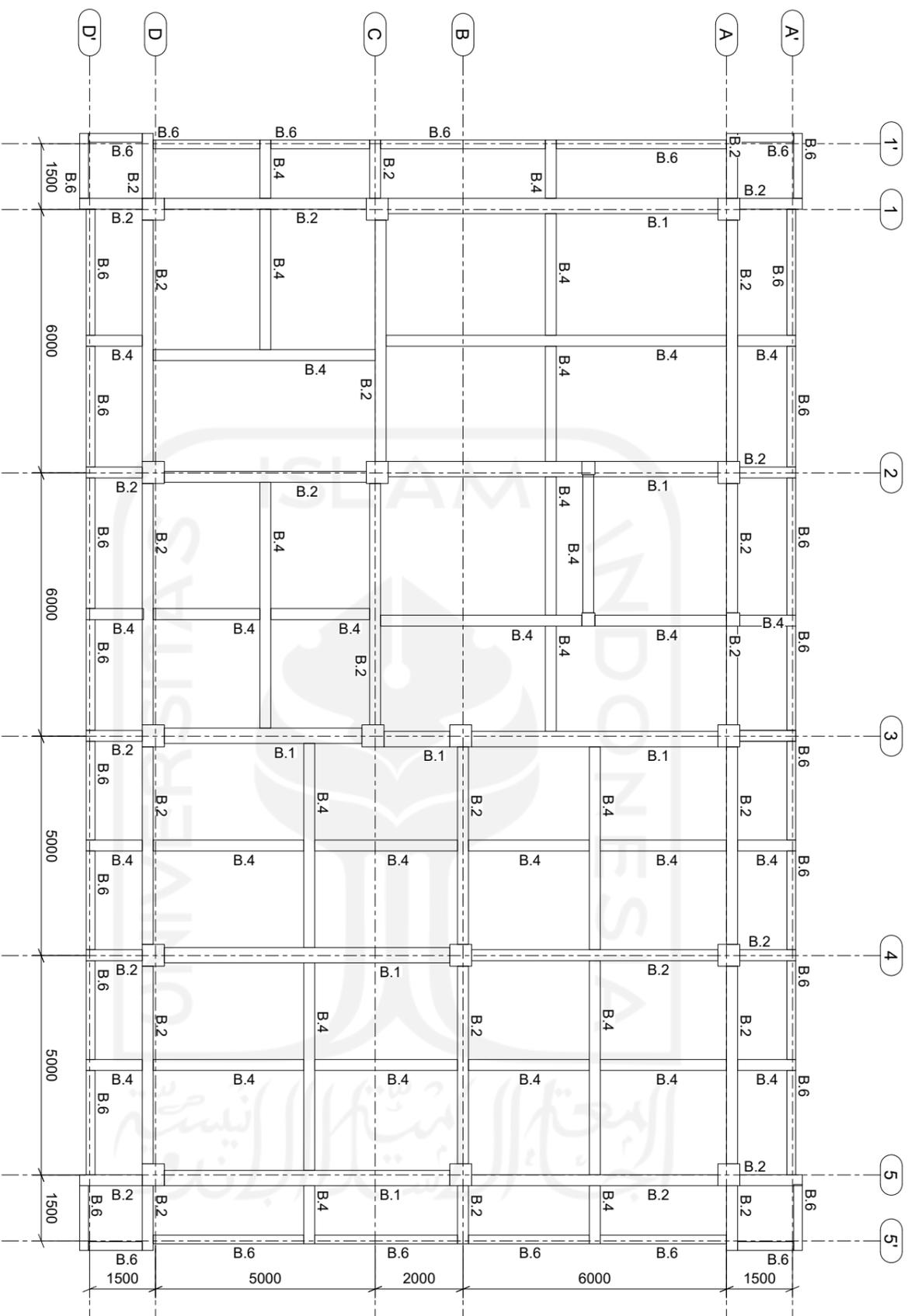
DENAH RENCANA KOLDM
LT ATAP

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Balok EIV +3650

Skala 1:100



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA BALOK EIV
+3650

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PROGO, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

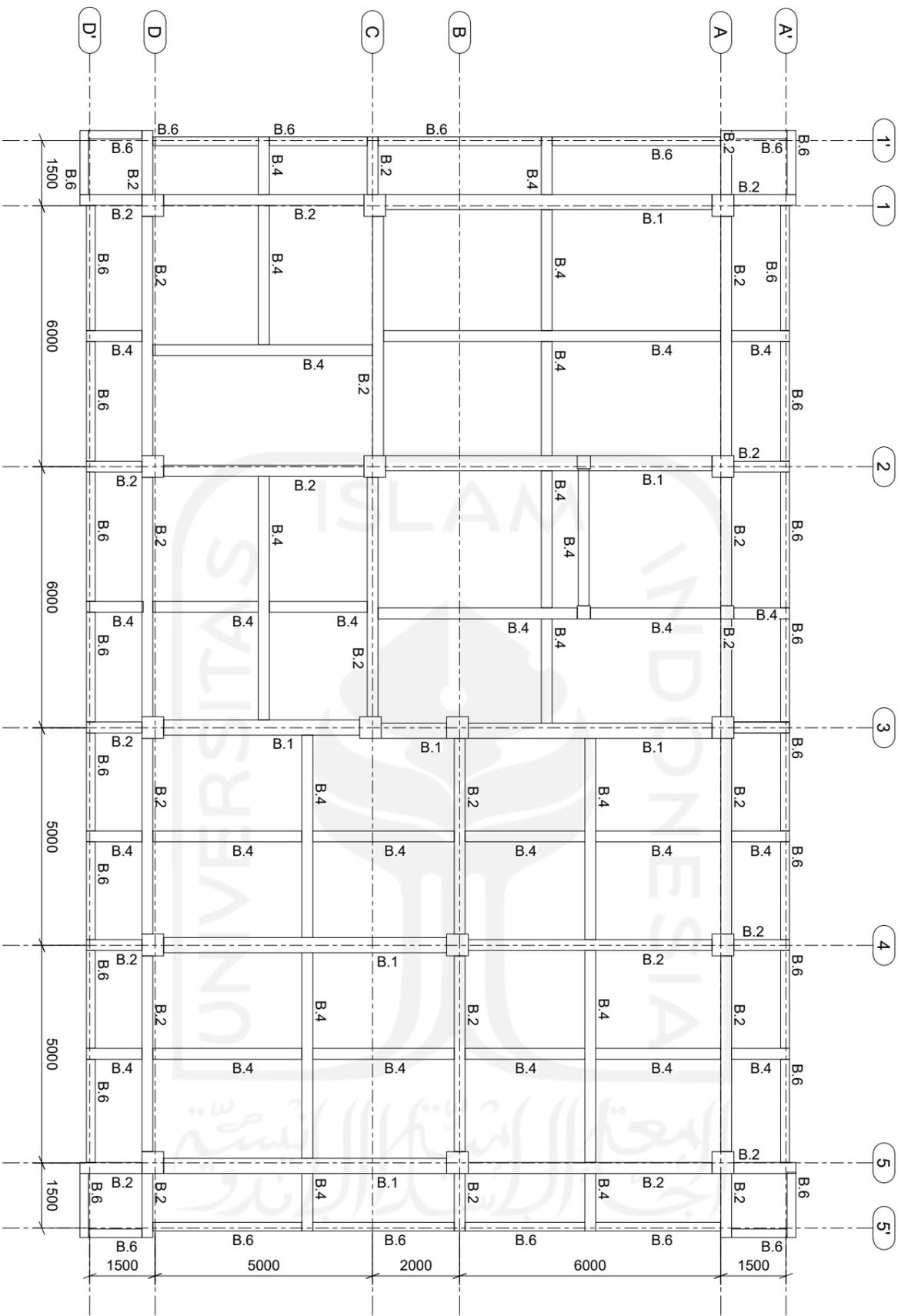
DENAH RENCANA BALOK ELV
+8650

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

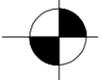
FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

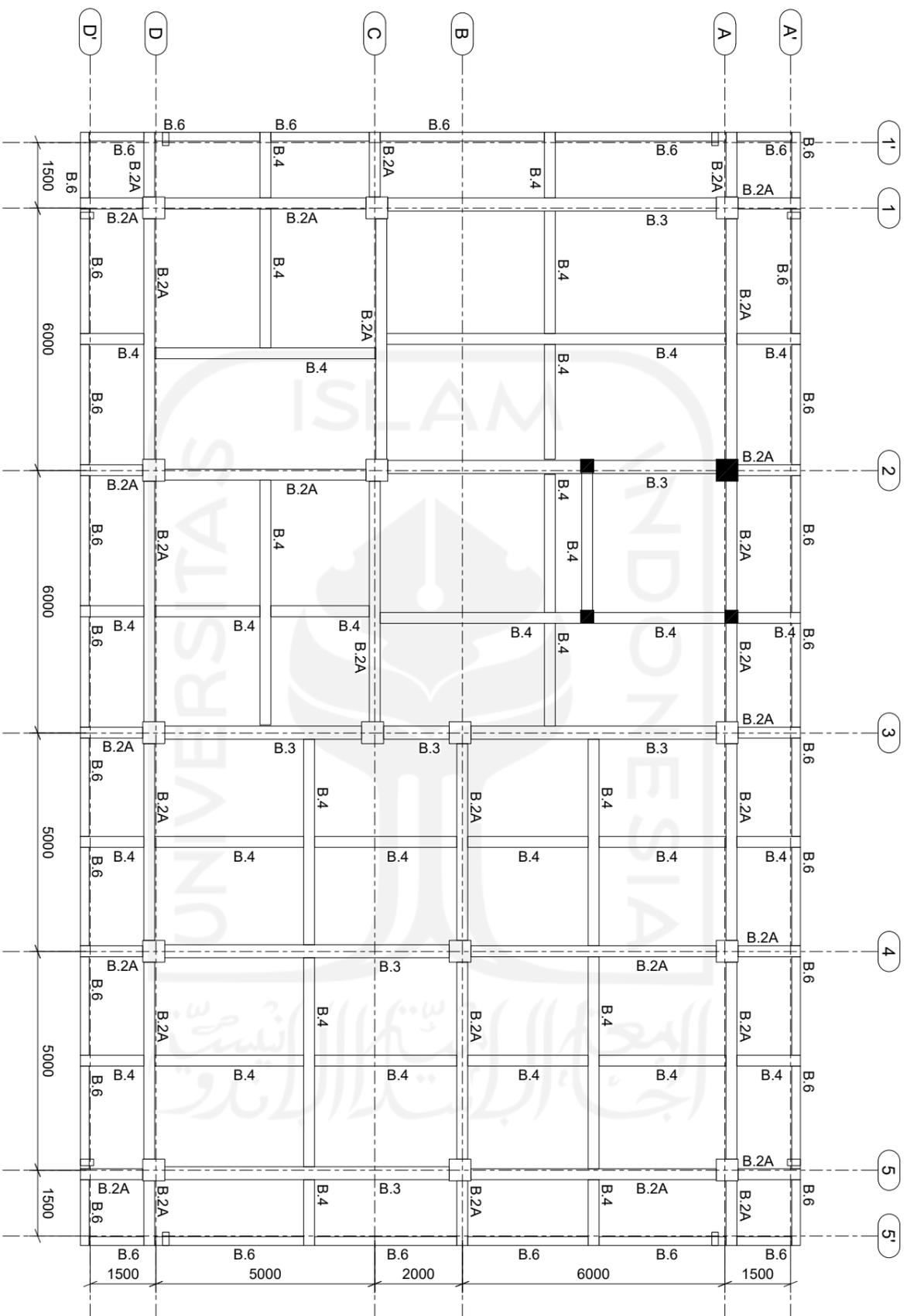
1 : 100



Denah Rencana Balok Elv +8650

Skala 1:100





Denah Rencana Balok EIV +12150

Skala 1:100



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA BALOK EIV
+12150

PERENCANA

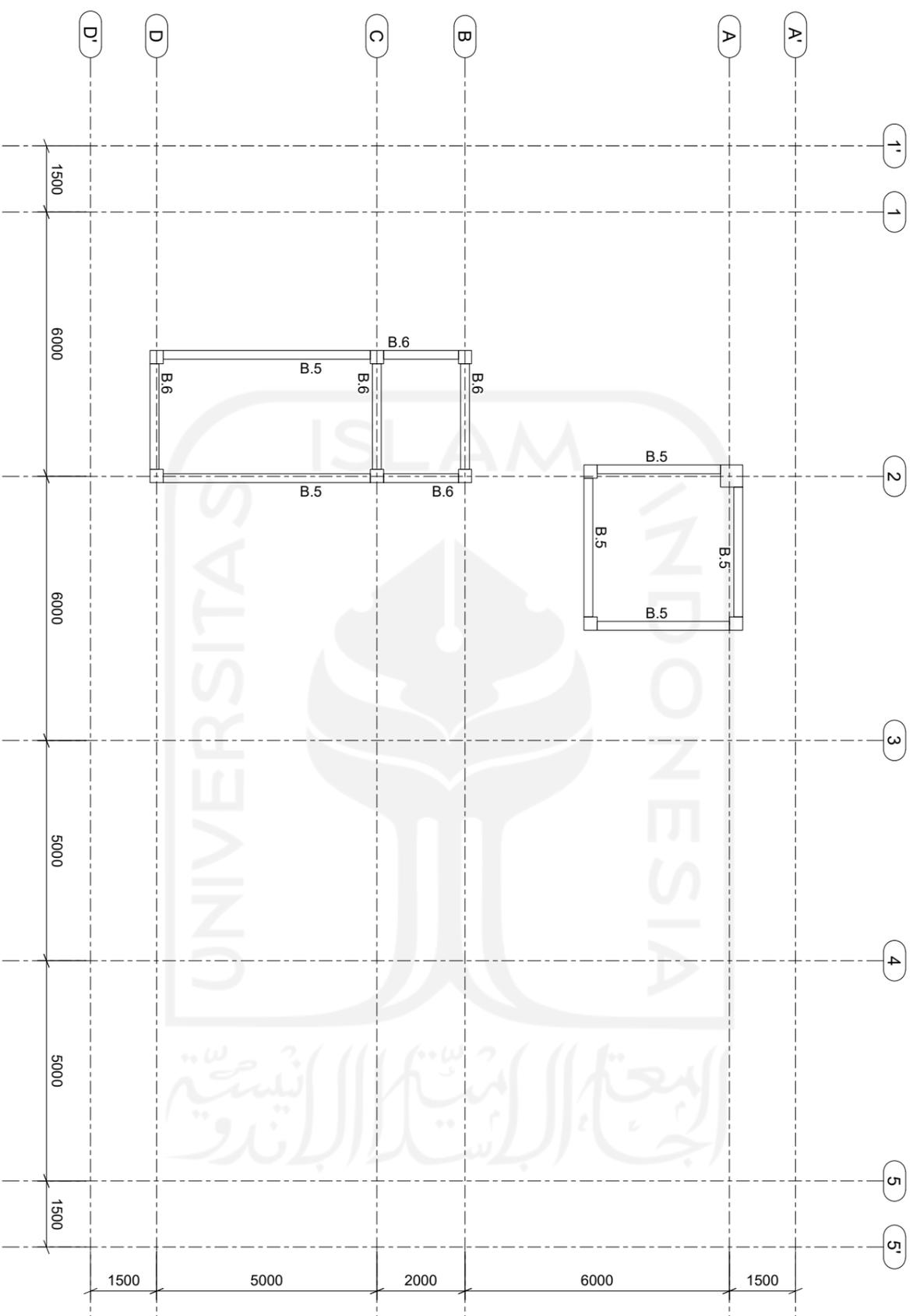
DWI FAJAR NUGROHO

TELAH DIPERIKSA OLEH

DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Balok Elv +14850

Skala 1:100



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA BALOK ELV
+14850

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO

TELAH DIPERIKSA OLEH

DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.

SKALA

1 : 100



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

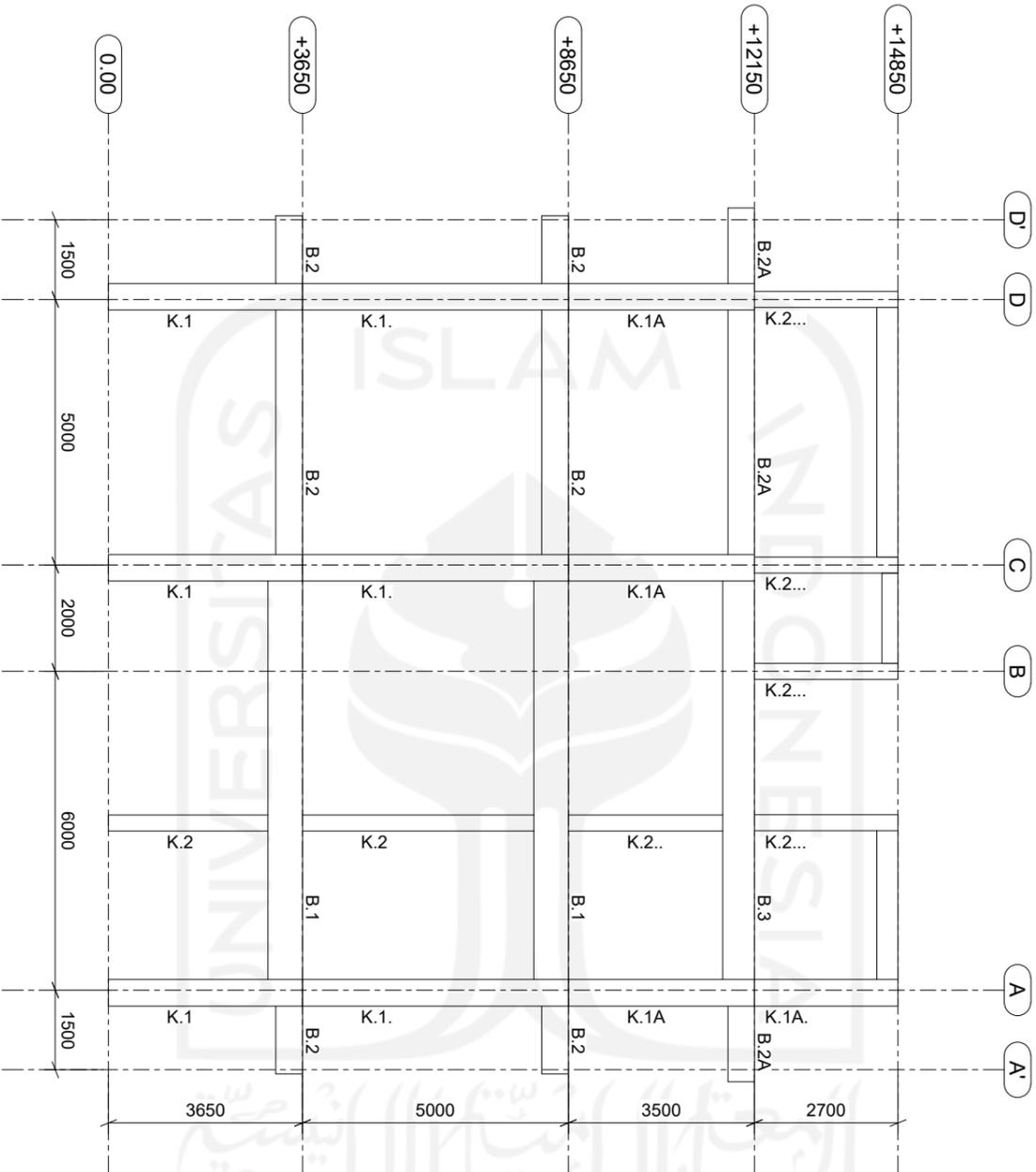
POTONGAN GRID-2

PERENCANA

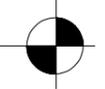
DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

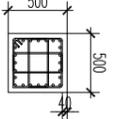
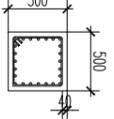
FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

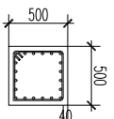
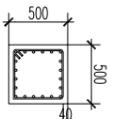
1 : 100

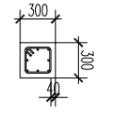
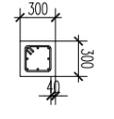


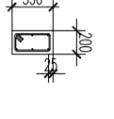
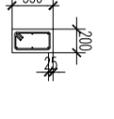
Potongan Grid 2
Skala 1:100

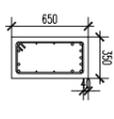
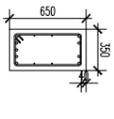


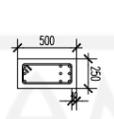
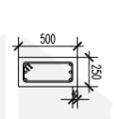
| | | |
|-----------------|---|---|
| K.1 | Kolom Beton – 500x500 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 24 D 22 | 24 D 22 |
| Sengkang/Begel | 3p10 – 100 | P10 – 100 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

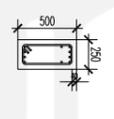
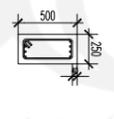
| | | |
|-----------------|--|---|
| K.1A | Kolom Beton – 500x500 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 20 D 22 | 20 D 22 |
| Sengkang/Begel | P10 – 100 | P10 – 100 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

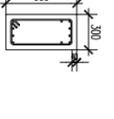
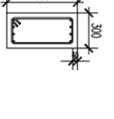
| | | |
|-----------------|---|---|
| K.2 | Kolom Beton – 500x500 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 8 D 19 | 8 D 19 |
| Sengkang/Begel | P10 – 100 | P10 – 100 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

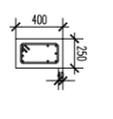
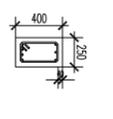
| | | |
|-----------------|---|---|
| K.3 | Kolom Beton – 500x500 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN KOLOM |  |  |
| Jumlah Tulangan | 6 D 13 | 6 D 13 |
| Sengkang/Begel | P10 – 100 | P10 – 100 |
| Selaint beton | 2,5 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40 POLOS (P) U 24 | |

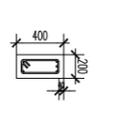
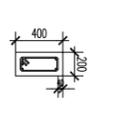
| | | |
|-------------------|---|---|
| B.1 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 7 D 22 | 4 D 22 |
| Tulangan bawah | 4 D 22 | 5 D 22 |
| Tulangan pinggang | 4 D 13 | 4 D 13 |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

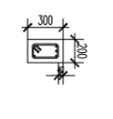
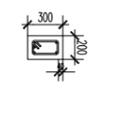
| | | |
|-------------------|--|---|
| B.2 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 6 D 22 | 3 D 22 |
| Tulangan bawah | 3 D 22 | 3 D 22 |
| Tulangan pinggang | - | - |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| B.2A | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 6 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan bawah | 4 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan pinggang | - | - |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| B.3 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 6 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan bawah | 4 D 19 | 4 D 19 |
| Tulangan pinggang | - | - |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| B.4 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 5 D 19 | 3 D 19 |
| Tulangan bawah | 4 D 19 | 5 D 19 |
| Tulangan pinggang | - | - |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|--|---|
| B.5 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 3 D 16 | 2 D 16 |
| Tulangan bawah | 2 D 16 | 3 D 16 |
| Tulangan pinggang | - | - |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| B.6 | Balok Beton – 350x650 mm | |
| | Tumpuan | Lapangan |
| POTONGAN BALOK |  |  |
| Tulangan atas | 3 D 16 | 2 D 16 |
| Tulangan bawah | 2 D 16 | 3 D 16 |
| Tulangan pinggang | 2 D 13 | 2 D 13 |
| Sengkang/Begel | D10 – 100 | D10 – 200 |
| Selaint beton | 4 CM | |
| Mutu beton | F _c : 26,4 MPa | |
| Mutu bojo | ULR (D) U 40, POLOS (P) U 24 | |



PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PROGO, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA PELAT ELV
+3650

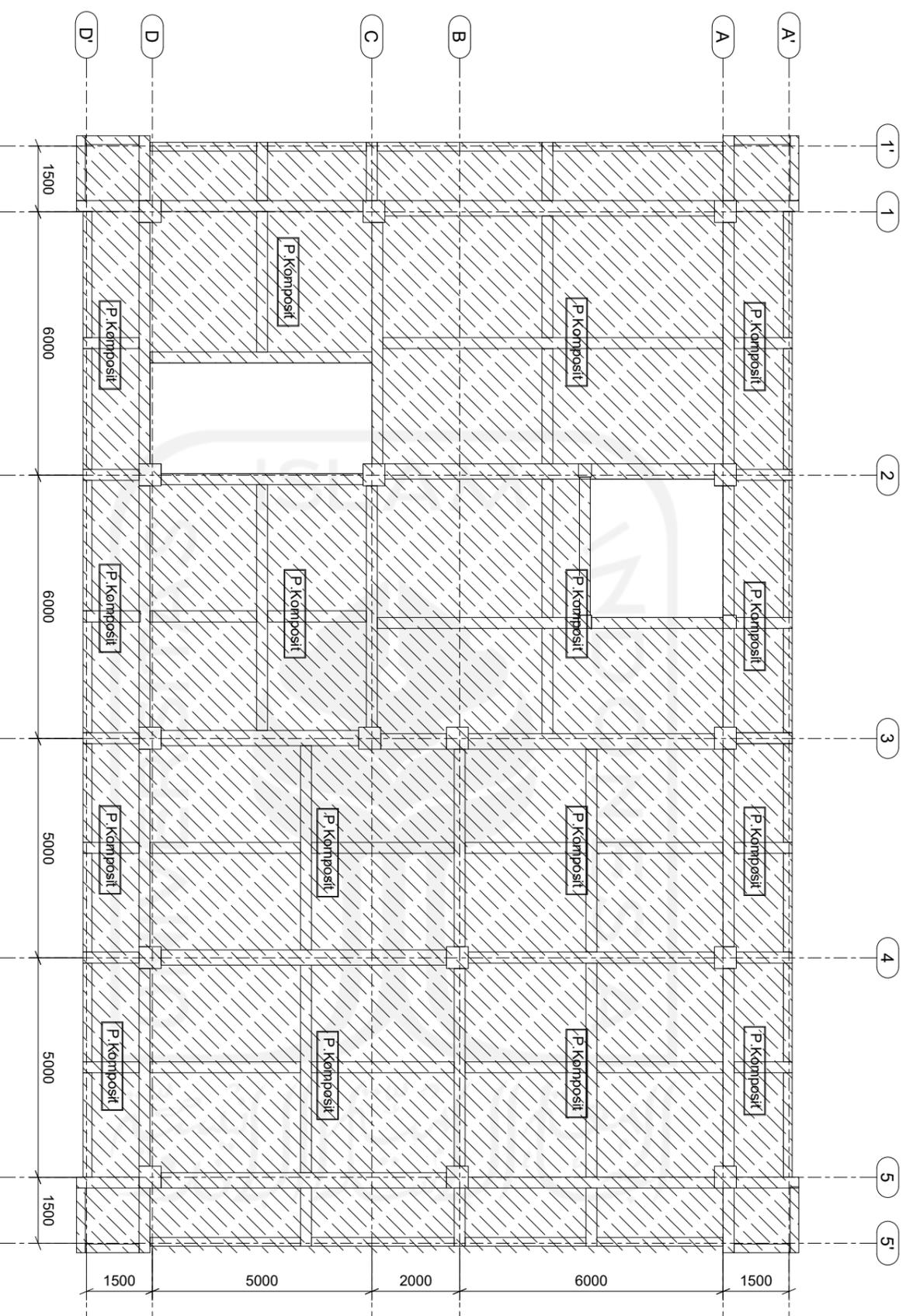
PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.

SKALA

1 : 100



Denah Rencana Pelat Elv +3650

Skala 1:100





PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PROGO, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

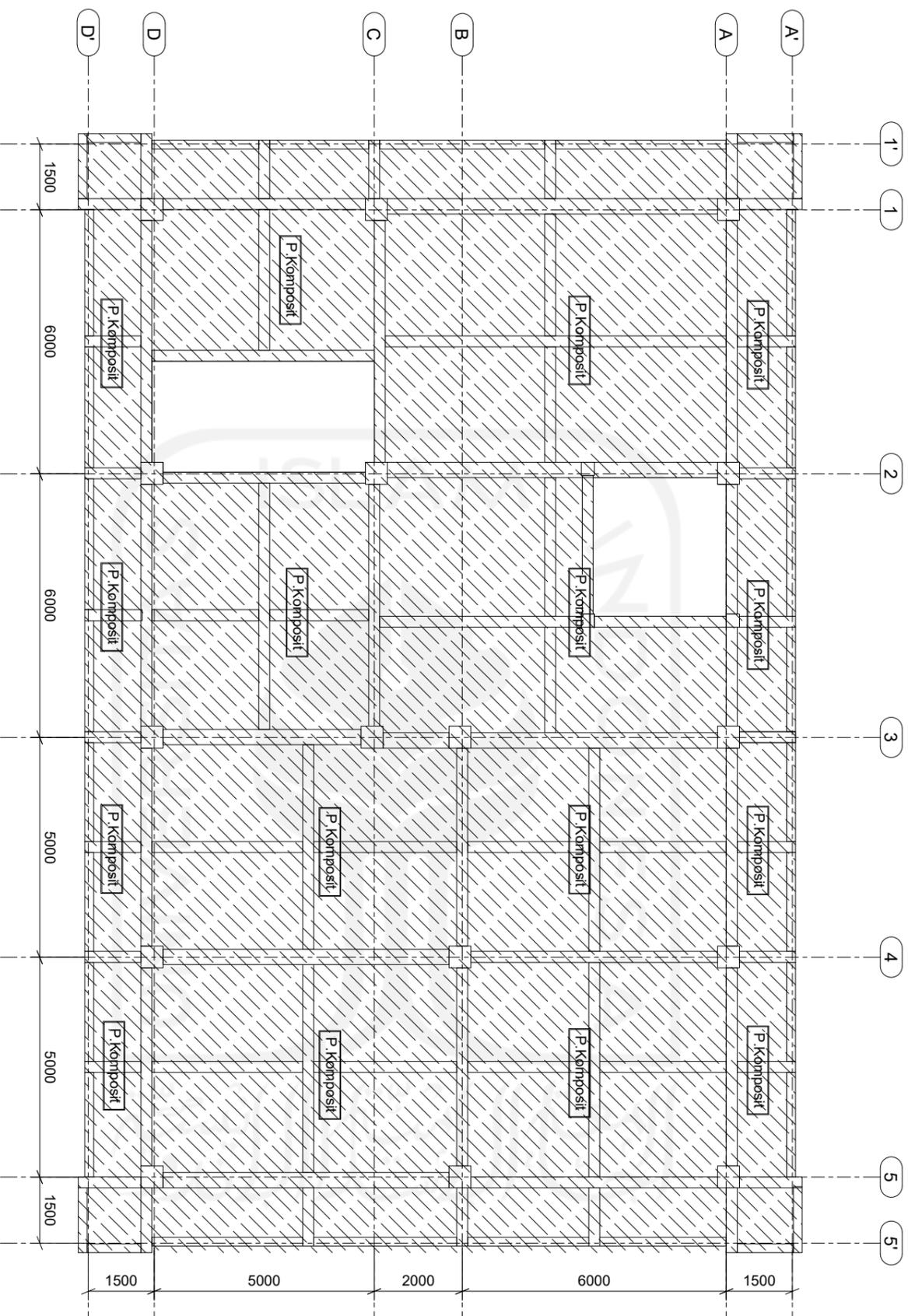
DENAH RENCANA PELAT ELV
+8650

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Pelat Elv +8650

Skala 1:100





PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

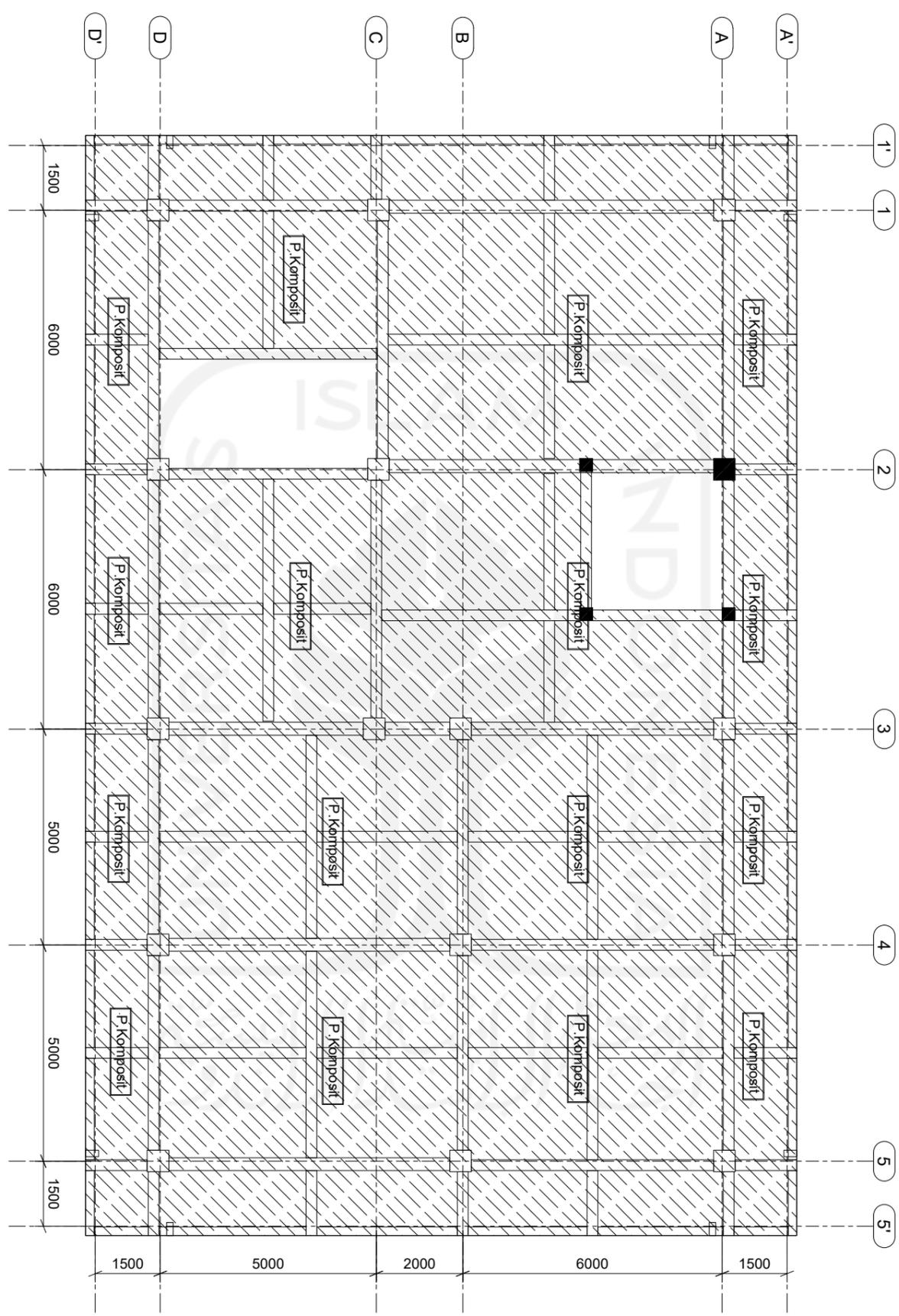
DENAH RENCANA PELAT ELV
+12150

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

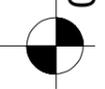
FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Pelat Elv +12150

Skala 1:100





PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERANCANGAN PEMBANGUNAN
GEDUNG DISASTER RECOVERY
CENTER (DRC)
PT BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III KLEWONAN
TRIHARJO, WATES, KABUPATEN
KULON PRGD, YOGYAKARTA

JUDUL GAMBAR

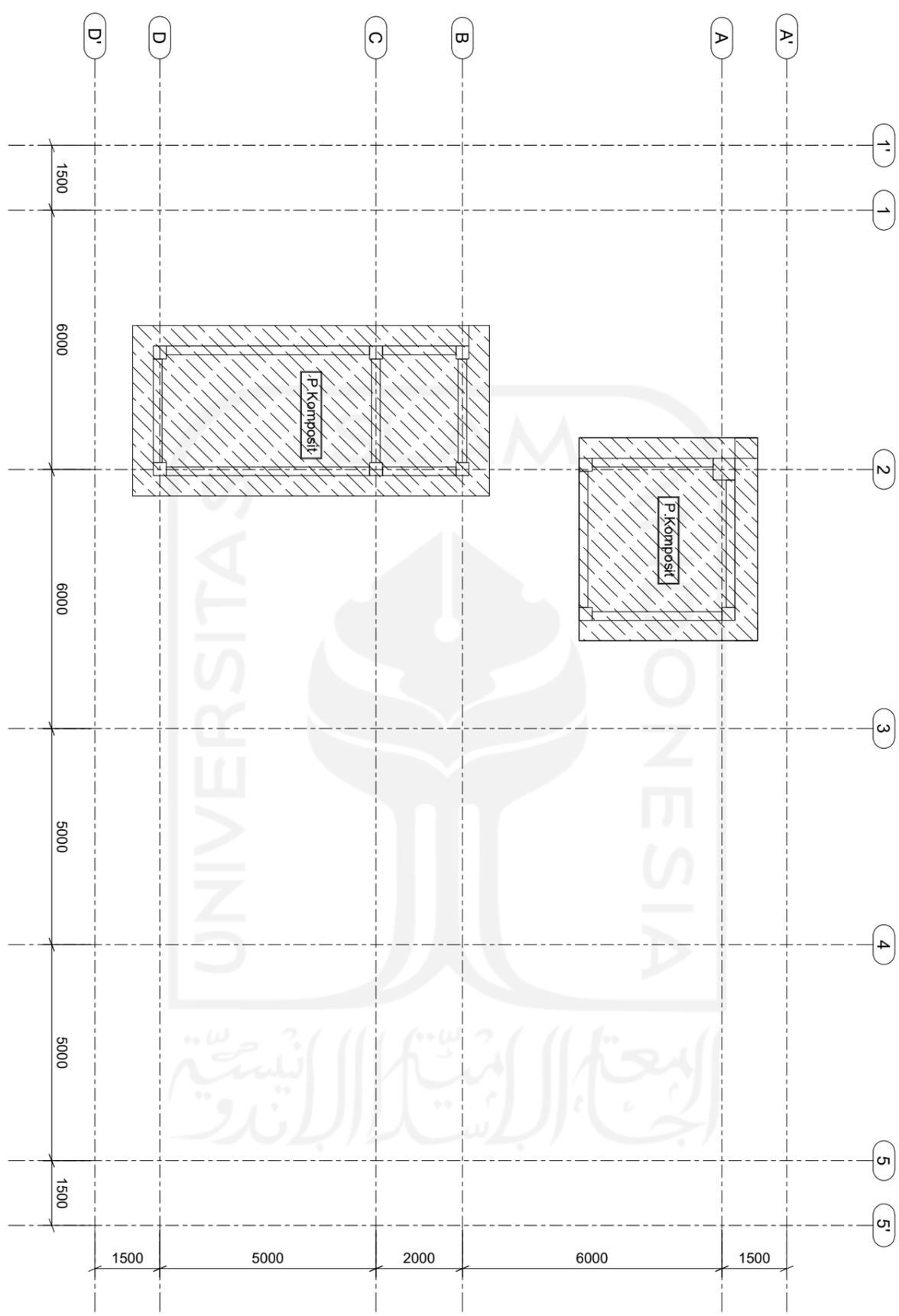
DENAH RENCANA PELAT ELV
+14850

PERENCANA

DWI FAJAR NUGROHO
TELAH DIPERIKSA OLEH
DOSEN

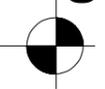
FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.
SKALA

1 : 100



Denah Rencana Pelat Elv +14850

Skala 1:100



KUESIONER PENELITIAN TUGAS AKHIR

**PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA PEKERJAAN
STRUKTUR ATAS GEDUNG**

**(VALUE ENGINEERING IMPLEMENTATION OF BUILDING
UPPER STRUCTURE)**

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC Pt. Bank BPD DIY)



Dwi Fajar Nugroho

18511096

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

2022

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dalam Rangka penyusunan tugas akhir saya yang berjudul "PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA PEKERJAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG (Studi kasus proyek pembangunan Gedung DRC PT. Bank BPD DIY)", diperlukan informasi yang lengkap dalam membantu penyusunan tugas akhir ini.

Sehubungan dengan hal tersebut, saya memohon dengan hormat sekiranya Bapak/Ibu/Saudara/Saudari memberikan penilaian pada kuisisioner yang sesuai dengan pengalaman dan pengetahuan keilmuan Bapak/Ibu/Saudara/Saudari. Demikian permohonan ini saya ajukan, atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Demikian permohonan ini saya ajukan, atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.

DATA RESPONDEN

Nama : Ning Rismawati
Nama Perusahaan : PT. SEMBILAN SEMBILAN CAHAYA
Jabatan : Quality Control
Alamat : Bintoro Asri D3, Kec. Wonosalam, Kab. Demak .
Pengalaman Kerja : 5 tahun
Pendidikan Terakhir : S1 Teknik Sipil


Ning Rismawati

PENILAIAN ANALISIS TINGKAT KELAYAKAN

Studi Kasus yang ditinjau:

Proyek bangunan gedung 4 lantai yang memiliki fungsi sebagai bangunan perkantoran.

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk masing-masing ide spekulatif struktur atas (balok, kolom dan pelat) terhadap kriteria menurut pendapat Anda.
2. Penilaian dilakukan dengan memberikan nilai 1 sampai 10 untuk setiap kriteria pada masing-masing ide spekulatif struktur atas. 1 merupakan nilai terkecil dan 10 adalah nilai terbesar. Nilai terkecil merupakan keadaan disaat sebuah ide spekulatif dinilai paling jelek atau paling lambat pada sebuah kriteria evaluasi. Sebaliknya, nilai terbesar merupakan keadaan disaat ide spekulatif dinilai paling baik atau paling cepat pada sebuah kriteria evaluasi

Contoh Pengisian :

Tabel 1.1 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Struktur Atas

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |

Silahkan diisi sesuai dengan petunjuk pengisian

Tabel 1.2 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Balok

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 4 |
| 2 | Daya dukung | 8 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 9 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| No | Baja | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |
| No | Komposit | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 3 |
| 2 | Daya dukung | 9 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| No | Precast | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 2 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |

Tabel 1.3 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Kolom

| Beton Bertulang | | |
|-----------------|--------------------------|-----------|
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 4 |
| 2 | Daya dukung | 8 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 9 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Baja | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |
| Komposit | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 3 |
| 2 | Daya dukung | 9 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| Precast | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 2 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |

Tabel 1.4 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Pelat

| Beton Bertulang | | |
|-------------------|--------------------------|-----------|
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 4 |
| 2 | Daya dukung | 7 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 6 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 6 |
| Baja | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 5 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| Bondek (komposit) | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 7 |
| 2 | Daya dukung | 8 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Precast | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 2 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |

PENILAIAN ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk masing-masing ide spekulatif struktur atas (balok, kolom dan pelat) terhadap kriteria menurut pendapat Anda.
2. Penilaian dilakukan dengan memberikan nilai 1 sampai 3 untuk setiap kriteria pada masing-masing ide spekulatif struktur atas. Dimana 1 menunjukkan kecil, 2 menunjukkan sedang dan 3 menunjukkan besar.
3. Apabila kriteria diberi nilai positif maka ditempatkan pada kolom keuntungan dan sebaliknya apabila kriteria diberi nilai negatif ditempatkan pada kolom kerugian.

Contoh Pengisian :

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Struktur Atas

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|----------------|--------------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan (+) | Kerugian (-) |
| 1 | Biaya awal | - | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | - | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 2 | - |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | - |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 | - |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Balok

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 2 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 | |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 2 | |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | |
| No | Komposit | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Kolom

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 2 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 | |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 2 | |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | |
| No | Komposit | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |

Tabel 1.8 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Pelat

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 2 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 | |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 2 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |
| No | Bondek (komposit) | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 2 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 2 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 | |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 2 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |

PENILAIAN ANALISIS METODE ZERO-ONE

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Material alternatif struktur atas yang ditetapkan:

1. Struktur atas kolom
 - A = beton bertulang
 - B = baja
 - C = komposit
 - D = precast
2. Struktur atas balok
 - A = beton bertulang
 - B = baja
 - C = komposit
 - D = precast
3. Struktur atas pelat
 - A = beton bertulang
 - B = baja
 - C = bondek (komposit)
 - D = precast

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk untuk menentukan urutan prioritas terhadap kriteria-kriteria yang telah ditetapkan menurut pendapat saudara.
2. Penentuan prioritas kriteria dapat disesuaikan dengan skala 1 sampai 6.
3. Nomor urut 1 diberikan kepada prioritas yang dianggap paling penting dan nomor 6 diberikan kepada prioritas yang dianggap kurang penting.

Contoh Pengisian :

| No. | Kriteria | Nilai Prioritas |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1. | Biaya awal | 1 |
| 2. | Daya dukung | 2 |
| 3. | Waktu pelaksanaan | 3 |
| 4. | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5. | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6. | Sarana kerja (peralatan) | 6 |

4. Kemudian, saudara diminta mengisi matriks kriteria berdasarkan alternatif struktur atas yang telah ditetapkan. Pengisian matriks kriteria dicontohkan pada tabel berikut.

Tabel Pengisian Matriks Indeks Struktur Atas

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | 3 | 3/6 |
| 2 | B | 0 | X | 1 | 1 | 2 | 2/6 |
| 3 | C | 0 | 0 | X | 1 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan :

1. Pada baris 1 kolom 4 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif B
2. Pada baris 1 kolom 5 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif C
3. Pada baris 1 kolom 6 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif D
4. Kesimpulan $A > B : A > C : A > D$

Silahkan diisi berdasarkan petunjuk pengisian.

| No. | Kriteria | Nilai Prioritas |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1. | Biaya awal | 3 |
| 2. | Daya dukung | 1 |
| 3. | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4. | Kemungkinan Implementasi | 2 |
| 5. | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6. | Sarana kerja (peralatan) | 6 |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 0 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 0 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 0 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 0 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 0 | 1 | 0 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | \ | | |
| 2 | B | | X | \ | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | 0 | \ | | |
| 2 | B | | X | 0 | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | 0 | \ | | |
| 2 | B | | X | 0 | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | 0 | \ | | |
| 2 | B | | X | 0 | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 0 | 0 | 0 | | |
| 2 | B | | X | \ | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | o | \ | | |
| 2 | B | | X | o | \ | | |
| 3 | C | | | X | o | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | o | \ | | |
| 2 | B | | X | o | o | | |
| 3 | C | | | X | o | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | \ | | |
| 2 | B | | X | o | \ | | |
| 3 | C | | | X | o | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

DATA RESPONDEN

Nama : Enggiy Irfan Bachtiar
Nama Perusahaan : PT. Karya Finar Alam
Jabatan : Pelaksana
Alamat : Jl. Kebon Palem Asri, Semarang
Pengalaman Kerja : 7 tahun
Pendidikan Terakhir : SI - Teknik Sipil


Enggiy Irfan B.

PENILAIAN ANALISIS TINGKAT KELAYAKAN

Studi Kasus yang ditinjau:

Proyek bangunan gedung 4 lantai yang memiliki fungsi sebagai bangunan perkantoran.

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk masing-masing ide spekulatif struktur atas (balok, kolom dan pelat) terhadap kriteria menurut pendapat Anda.
2. Penilaian dilakukan dengan memberikan nilai 1 sampai 10 untuk setiap kriteria pada masing-masing ide spekulatif struktur atas. 1 merupakan nilai terkecil dan 10 adalah nilai terbesar. Nilai terkecil merupakan keadaan disaat sebuah ide spekulatif dinilai paling jelek atau paling lambat pada sebuah kriteria evaluasi. Sebaliknya, nilai terbesar merupakan keadaan disaat ide spekulatif dinilai paling baik atau paling cepat pada sebuah kriteria evaluasi

Contoh Pengisian :

Tabel 1.1 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Struktur Atas

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |

Silahkan diisi sesuai dengan petunjuk pengisian

Tabel 1.2 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Balok

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 5 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |
| No | Baja | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| No | Komposit | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 4 |
| 2 | Daya dukung | 4 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| No | Precast | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 3 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 3 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |

Tabel 1.3 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Kolom

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 5 |
| 2 | Daya dukung | 8 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 7 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 9 |
| No | Baja | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| No | Komposit | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 4 |
| 2 | Daya dukung | 8 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 |
| No | Precast | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 3 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |

Tabel 1.4 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Pelat

| Beton Bertulang | | |
|-------------------|--------------------------|-----------|
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 4 |
| 2 | Daya dukung | 6 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Baja | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 2 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 |
| Bondek (komposit) | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 5 |
| 2 | Daya dukung | 7 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Precast | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 3 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 4 |

PENILAIAN ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk masing-masing ide spekulatif struktur atas (balok, kolom dan pelat) terhadap kriteria menurut pendapat Anda.
2. Penilaian dilakukan dengan memberikan nilai 1 sampai 3 untuk setiap kriteria pada masing-masing ide spekulatif struktur atas. Dimana 1 menunjukkan kecil, 2 menunjukkan sedang dan 3 menunjukkan besar.
3. Apabila kriteria diberi nilai positif maka ditempatkan pada kolom keuntungan dan sebaliknya apabila kriteria diberi nilai negatif ditempatkan pada kolom kerugian.

Contoh Pengisian :

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Struktur Atas

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|----------------|--------------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan (+) | Kerugian (-) |
| 1 | Biaya awal | - | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | - | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 2 | - |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | - |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 | - |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Balok

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 | |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 2 | |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 2 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |
| No | Komposit | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | 2 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 2 |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Kolom

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 3 | |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 2 | |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 2 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |
| No | Komposit | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 3 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | | 2 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 2 |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |

Tabel 1.8 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Pelat

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 | |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |
| No | Bondek (komposit) | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 2 | |
| 2 | Daya dukung | 2 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 | |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | | 2 |
| 2 | Daya dukung | 1 | |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | | 1 |

PENILAIAN ANALISIS METODE ZERO-ONE

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Material alternatif struktur atas yang ditetapkan:

1. Struktur atas kolom
A = beton bertulang
B = baja
C = komposit
D = precast
2. Struktur atas balok
A = beton bertulang
B = baja
C = komposit
D = precast
3. Struktur atas pelat
A = beton bertulang
B = baja
C = bondek (komposit)
D = precast

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk menentukan urutan prioritas terhadap kriteria-kriteria yang telah ditetapkan menurut pendapat saudara.
2. Penentuan prioritas kriteria dapat disesuaikan dengan skala 1 sampai 6.
3. Nomor urut 1 diberikan kepada prioritas yang dianggap paling penting dan nomor 6 diberikan kepada prioritas yang dianggap kurang penting.

Contoh Pengisian :

| No. | Kriteria | Nilai Prioritas |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1. | Biaya awal | 1 |
| 2. | Daya dukung | 2 |
| 3. | Waktu pelaksanaan | 3 |
| 4. | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5. | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6. | Sarana kerja (peralatan) | 6 |

4. Kemudian, saudara diminta mengisi matriks kriteria berdasarkan alternatif struktur atas yang telah ditetapkan. Pengisian matriks kriteria dicontohkan pada tabel berikut.

Tabel Pengisian Matriks Indeks Struktur Atas

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | 3 | 3/6 |
| 2 | B | 0 | X | 1 | 1 | 2 | 2/6 |
| 3 | C | 0 | 0 | X | 1 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan :

1. Pada baris 1 kolom 4 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif B
2. Pada baris 1 kolom 5 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif C
3. Pada baris 1 kolom 6 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif D
4. Kesimpulan $A > B : A > C : A > D$

Silahkan diisi berdasarkan petunjuk pengisian.

| No. | Kriteria | Nilai Prioritas |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1. | Biaya awal | 2 |
| 2. | Daya dukung | 1 |
| 3. | Waktu pelaksanaan | 3 |
| 4. | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5. | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6. | Sarana kerja (peralatan) | 6 |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 0 | 1 | 0 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 0 | 1 | 0 | | |
| 2 | B | | X | 1 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 1 | | |
| 3 | C | | | X | 1 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | √ | √ | √ | | |
| 2 | B | | X | √ | 0 | | |
| 3 | C | | | X | √ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | √ | √ | √ | | |
| 2 | B | | X | 0 | √ | | |
| 3 | C | | | X | √ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | √ | 0 | √ | | |
| 2 | B | | X | 0 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | √ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | √ | 0 | √ | | |
| 2 | B | | X | 0 | √ | | |
| 3 | C | | | X | √ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | √ | 0 | √ | | |
| 2 | B | | X | 0 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | √ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | \ | | |
| 2 | B | | X | \ | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 5

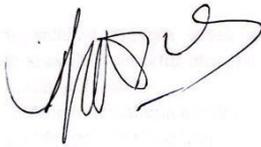
| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | 0 | \ | | |
| 2 | B | | X | 0 | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | \ | | |
| 2 | B | | X | 0 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

DATA RESPONDEN

Nama : SUHAR~~A~~ATMO
Nama Perusahaan : FTSP
Jabatan : -
Alamat : PRAMBANAN
Pengalaman Kerja : -
Pendidikan Terakhir : S2

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Suhar' followed by a stylized flourish.

PENILAIAN ANALISIS TINGKAT KELAYAKAN

Studi Kasus yang ditinjau:

Proyek bangunan gedung 4 lantai yang memiliki fungsi sebagai bangunan perkantoran.

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk masing-masing ide spekulatif struktur atas (balok,kolom dan pelat) terhadap kriteria menurut pendapat Anda.
2. Penilaian dilakukan dengan memberikan nilai 1 sampai 10 untuk setiap kriteria pada masing-masing ide spekulatif struktur atas. 1 merupakan nilai terkecil dan 10 adalah nilai terbesar. Nilai terkecil merupakan keadaan disaat sebuah ide spekulatif dinilai paling jelek atau paling lambat pada sebuah kriteria evaluasi. Sebaliknya, nilai terbesar merupakan keadaan disaat ide spekulatif dinilai paling baik atau paling cepat pada sebuah kriteria evaluasi

Contoh Pengisian :

Tabel 1.1 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Struktur Atas

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 5 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 4 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |

Silahkan diisi sesuai dengan petunjuk pengisian

Tabel 1.2 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Balok

| No | Beton Bertulang | |
|----|--------------------------|-----------|
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 5 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 6 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 6 |
| No | Baja | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 5 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 9 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 8 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| No | Komposit | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 7 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 5 |
| No | Precast | |
| | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 7 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 9 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |

Tabel 1.3 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Kolom

| Beton Bertulang | | |
|-----------------|--------------------------|-----------|
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 6 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 6 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 6 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 6 |
| Baja | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 8 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 9 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 8 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |
| Komposit | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 5 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 5 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Precast | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 8 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 8 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 8 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |

Tabel 1.4 Penilaian Tingkat Kelayakan Pekerjaan Pelat

| Beton Bertulang | | |
|-------------------|--------------------------|-----------|
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 6 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 7 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 7 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Baja | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 9 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 9 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 8 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |
| Bondek (komposit) | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 8 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 9 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 9 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 9 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 8 |
| Precast | | |
| No | Kriteria | Penilaian |
| 1 | Biaya awal | 9 |
| 2 | Daya dukung | 10 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 9 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 9 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 7 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 7 |

PENILAIAN ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk masing-masing ide spekulatif struktur atas (balok, kolom dan pelat) terhadap kriteria menurut pendapat Anda.
2. Penilaian dilakukan dengan memberikan nilai 1 sampai 3 untuk setiap kriteria pada masing-masing ide spekulatif struktur atas. Dimana 1 menunjukkan kecil, 2 menunjukkan sedang dan 3 menunjukkan besar.
3. Apabila kriteria diberi nilai positif maka ditempatkan pada kolom keuntungan dan sebaliknya apabila kriteria diberi nilai negatif ditempatkan pada kolom kerugian.

Contoh Pengisian :

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Struktur Atas

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|----------------|--------------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan (+) | Kerugian (-) |
| 1 | Biaya awal | - | 1 |
| 2 | Daya dukung | 2 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | - | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 2 | - |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | - |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 | - |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Balok

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 2 | - |
| 2 | Daya dukung | 3 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | - | 3 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | - | 2 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | - | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | - | 1 |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | - | 3 |
| 2 | Daya dukung | 3 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 3 | - |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 3 | - |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 3 | - |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 2 | - |
| No | Komposit | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | - | 1 |
| 2 | Daya dukung | 3 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 2 | - |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 2 | - |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | - |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | - |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | - | 3 |
| 2 | Daya dukung | 1 | - |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 3 | - |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | - |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | - | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | - | 1 |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Kolom

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | — | 2 |
| 2 | Daya dukung | 3 | — |
| 3 | Waktu pelaksanaan | — | 2 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | — | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | — | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | — | 1 |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 3 | — |
| 2 | Daya dukung | — | 1 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | — | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | — |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | — | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | — | 1 |
| No | Komposit | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | — |
| 2 | Daya dukung | 1 | — |
| 3 | Waktu pelaksanaan | — | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | — | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | — | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | — | 1 |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | — |
| 2 | Daya dukung | 2 | — |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | — |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | — |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | — | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | — |

Tabel 1.1 Penilaian Keuntungan dan Kerugian Pekerjaan Pelat

| No | Beton Bertulang | | |
|----|--------------------------|------------|----------|
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | — |
| 2 | Daya dukung | 2 | — |
| 3 | Waktu pelaksanaan | — | 2 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | — | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | — |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | — |
| No | Baja | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | — |
| 2 | Daya dukung | — | 2 |
| 3 | Waktu pelaksanaan | — | 1 |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | — | 1 |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | — | 1 |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | — | 1 |
| No | Bondek (komposit) | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | — |
| 2 | Daya dukung | 1 | — |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | — |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | — |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | — |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | — |
| No | Precast | | |
| | Kriteria | Penilaian | |
| | | Keuntungan | Kerugian |
| 1 | Biaya awal | 1 | — |
| 2 | Daya dukung | 2 | — |
| 3 | Waktu pelaksanaan | 1 | — |
| 4 | Kemungkinan Implementasi | 1 | — |
| 5 | Kesulitan Pelaksanaan | 1 | — |
| 6 | Sarana kerja (peralatan) | 1 | — |

PENILAIAN ANALISIS METODE ZERO-ONE

Kriteria kriteria yang ditetapkan:

1. Biaya Awal
2. Daya Dukung
3. Waktu pelaksanaan
4. Kemungkinan implementasi
5. Tingkat kesulitan pelaksanaan
6. Sarana kerja (peralatan)

Material alternatif struktur atas yang ditetapkan:

1. Struktur atas kolom
 - A = beton bertulang
 - B = baja
 - C = komposit
 - D = precast
2. Struktur atas balok
 - A = beton bertulang
 - B = baja
 - C = komposit
 - D = precast
3. Struktur atas pelat
 - A = beton bertulang
 - B = baja
 - C = bondek (komposit)
 - D = precast

Petunjuk Pengisian :

1. Pada kuisioner ini, saudara diminta untuk memberikan nilai/bobot untuk untuk menentukan urutan prioritas terhadap kriteria-kriteria yang telah ditetapkan menurut pendapat saudara.
2. Penentuan prioritas kriteria dapat disesuaikan dengan skala 1 sampai 6.
3. Nomor urut 1 diberikan kepada prioritas yang dianggap paling penting dan nomor 6 diberikan kepada prioritas yang dianggap kurang penting.

Contoh Pengisian :

| No. | Kriteria | Nilai Prioritas |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1. | Biaya awal | 1 |
| 2. | Daya dukung | 2 |
| 3. | Waktu pelaksanaan | 3 |
| 4. | Kemungkinan Implementasi | 4 |
| 5. | Kesulitan Pelaksanaan | 5 |
| 6. | Sarana kerja (peralatan) | 6 |

4. Kemudian, saudara diminta mengisi matriks kriteria berdasarkan alternatif struktur atas yang telah ditetapkan. Pengisian matriks kriteria dicontohkan pada tabel berikut.

Tabel Pengisian Matriks Indeks Struktur Atas

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | 1 | 1 | 1 | 3 | 3/6 |
| 2 | B | 0 | X | 1 | 1 | 2 | 2/6 |
| 3 | C | 0 | 0 | X | 1 | 1 | 1/6 |
| 4 | D | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | | 6 | 1 |

Keterangan :

1. Pada baris 1 kolom 4 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif B
2. Pada baris 1 kolom 5 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif C
3. Pada baris 1 kolom 6 bernilai 1 artinya alternatif A lebih baik dari Alternatif D
4. Kesimpulan $A > B : A > C : A > D$

Silahkan diisi berdasarkan petunjuk pengisian.

| No. | Kriteria | Nilai Prioritas |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1. | Biaya awal | 3 |
| 2. | Daya dukung | 1 |
| 3. | Waktu pelaksanaan | 2 |
| 4. | Kemungkinan Implementasi | 5 |
| 5. | Kesulitan Pelaksanaan | 4 |
| 6. | Sarana kerja (peralatan) | 3 |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | 0 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | 0 | 0 | | |
| 2 | B | | X | 0 | | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | 0 | | |
| 2 | B | | X | | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | | | |
| 2 | B | | X | | | | |
| 3 | C | | | X | | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | 0 | | |
| 2 | B | | X | | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur balok terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | \ | | |
| 2 | B | | X | \ | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | 0 | | |
| 2 | B | | X | 0 | 0 | | |
| 3 | C | | | X | \ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | 0 | 0 | | |
| 2 | B | | X | 0 | \ | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | 0 | | |
| 2 | B | | X | \ | 0 | | |
| 3 | C | | | X | 0 | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | \ | \ | \ | | |
| 2 | B | | X | \ | \ | | |
| 3 | C | | | X | \ | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | D | | |
| 2 | B | | X | | D | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur kolom terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | | | |
| 2 | B | | X | | | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 1

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | D | D | | |
| 2 | B | | X | D | | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 2

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | D | | |
| 2 | B | | X | | D | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 3

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | D | | |
| 2 | B | | X | | D | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 4

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | | | |
| 2 | B | | X | | | | |
| 3 | C | | | X | | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 5

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | D | | |
| 2 | B | | X | | D | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

Tabel pengisian matriks stuktur pelat terhadap kriteria 6

| No | Alternatif | A | B | C | D | Jumlah | Indeks |
|--------|------------|---|---|---|---|--------|--------|
| 1 | A | X | | | | | |
| 2 | B | | X | | | | |
| 3 | C | | | X | D | | |
| 4 | D | | | | X | | |
| Jumlah | | | | | | | |

UNION FLOOR DECK W-1000®



Informasi Produk

UNION FLOOR DECK W-1000® adalah pelopor decking dengan profil "2W" dengan sistem bentuk tonjolan agar terjadi kaitan dengan beton dimana merupakan penyempurnaan dari floor deck terdahulu yang ada dipasaran. Produk ini memiliki tingkat presisi yang tinggi karena dibuat dengan menggunakan mesin berkomputer dengan teknologi tinggi.

Spesifikasi Bahan

Bahan Dasar : Baja High - Tensile
Tegangan Leleh Minimum 560 MPa (N/mm²)

Lapis Lindung : Hot Dip Galvanized

Tebal Lapis Lindung: 220 - 275 gr/m²

Tebal Standar : 0,65 mm BMT atau 0,70 mm TCT
0,70 mm BMT atau 0,75 mm TCT
1,00 mm BMT atau 1,05 mm TCT
1,40 mm BMT atau 1,45 mm TCT

Berat Bahan : 6,55 kg/m² untuk ketebalan 0,65 mm BMT
7,03 kg/m² untuk ketebalan 0,70 mm BMT
9,91 kg/m² untuk ketebalan 1,00 mm BMT
13,76 kg/m² untuk ketebalan 1,40 mm BMT

Standar Bahan : SNI 07-2053-2006

Tinggi Gelombang: 50 mm

Lebar Efektif : 995 mm

Panjang : Max. 12.000 mm
(Panjang dapat dipotong sesuai kebutuhan tergantung pada daya angkut / fasilitas kendaraan)

Product Information

UNION FLOOR DECK W-1000® is the pioneer of decking "2W" profile with protrude shape for concrete interlocking which is the improvement of the existing floor deck in the market. This product has high level precision because it is made by using high-tech computerized machine.

Material Specification

Basic Material : High - Tensile Steel
Minimum Yield Strength 560 MPa (N/mm²)

Cover Layer : Hot Dip Galvanized

Thick Cover Layer : 220 - 275 gr/m²

Standard Thickness: 0.65 mm BMT or 0.70 mm TCT
0.70 mm BMT or 0.75 mm TCT
1.00 mm BMT or 1.05 mm TCT
1.40 mm BMT or 1.45 mm TCT

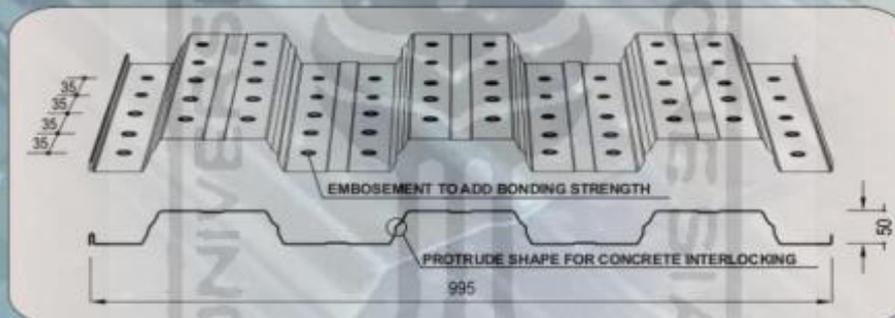
Material Weight : 6.55 kg/m² for the thickness of 0.65 mm BMT
7.03 kg/m² for the thickness of 0.70 mm BMT
9.91 kg/m² for the thickness of 1.00 mm BMT
13.76 kg/m² for the thickness of 1.40 mm BMT

Material Standard : SNI 07-2053-2006

Corrugated Height : 50 mm

Effective Width : 995 mm

Length : Max. 12,000 mm
(Lengths are custom cut to requirement, limited only by transportation)



| Base Metal Thickness - BMT (mm) | Area (As) mm ² /m | Moment of Inertia (Ix) mm ⁴ /m | Mass kg/m ² |
|---------------------------------|------------------------------|---|------------------------|
| 0.65 | 796.33 | 391911.92 | 6.55 |
| 0.70 | 857.59 | 422063.58 | 7.03 |
| 1.00 | 1225.13 | 602999.87 | 9.91 |
| 1.40 | 1715.18 | 844939.88 | 13.76 |

Keuntungan menggunakan Union Floor Deck W-1000®

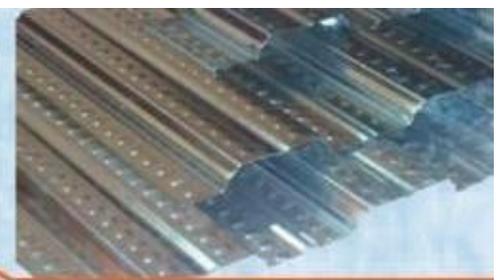
- Berfungsi ganda, yaitu sebagai bekisting tetap dan tulangan positif satu arah. Efisiensi waktu dan kemajuan pekerjaan dapat dipercepat karena waktu untuk pembuatan dan pembongkaran bekisting sudah tidak diperlukan lagi. Pekerjaan pembesian di bagian yang mengalami tarik, dapat direduksi atau bahkan dihilangkan karena telah digantikan fungsinya oleh Floor Deck.
- Cepat dan mudah pemasangannya, baik pada konstruksi beton maupun baja. Tidak seperti bekisting konvensional pada umumnya yang harus dikerjakan per bentangan. **Union Floor Deck W-1000®** dapat mencapai beberapa bentangan sekaligus, sehingga lebih cepat pemasangannya.
- Union Floor Deck W-1000®** dapat secara langsung digunakan sebagai plafond.
- Sudah lolos uji dari : - Kelenturan dan Pembebanan
- Kebakaran
- Efisiensi dan penghematan volume dalam pemakaian beton dengan menggunakan **Union Floor Deck W-1000®** sampai dengan 25 %.

The Advantages of using Union Floor Deck W-1000®

- Double function as a permanent formwork and positive reinforcement, time efficient and faster work progress due to no form-work making and removal. Steel rebar in tension can be reduced or even could be replaced totally by the Floor Deck.
- Fast and easy installation for concrete or steel construction. Generally, it differs from conventional formwork which is to be installed span by span. **Union Floor Deck W-1000®** can be used as multiple span for faster installation.
- Union Floor Deck W-1000®** can be directly used as ceiling.
- Has passed tests for : - Flexibility and Loading
- Fire
- Efficiency and saving volume concrete is up to 25 % by using **Union Floor Deck W-1000®**.

METODE PEMASANGAN UNION FLOOR DECK W-1000®

UNION FLOOR DECK W-1000® INSTALLATION METHOD



* Untuk Struktur Beton For Concrete Structure



1
Buka bundel Union Floor Deck W-1000®

Unfasten the bundle of Union Floor Deck W-1000®



2
Pasang penyangga sementara jika diperlukan

Install temporary support if required



3
Letakkan Union Floor Deck W-1000® di atas penyangga sementara

Place Union Floor Deck W-1000® above temporary support



4
Endstop dipasang pada Union Floor Deck W-1000®

Install the endstop to Union Floor Deck W-1000®



5
Kakukan Union Floor Deck W-1000® dengan paku pada bekisting

Fix Union Floor Deck W-1000® with nail on formwork



6
Sambungan pada Union Floor Deck W-1000® diperkaku dengan jepitan

Union Floor Deck W-1000® joint can be strenghten by pinching



7
Pasang jaring kawat baja las

Place wire mesh



8
Penuangan beton

Pour concrete

* Untuk Struktur Baja For Steel Structure



1
Buka bundel Union Floor Deck W-1000®

Unfasten the bundle of Union Floor Deck W-1000®



2
Pasang penyangga sementara jika diperlukan

Install temporary support if required



3
Letakkan Union Floor Deck W-1000® di atas penyangga sementara

Place Union Floor Deck W-1000® above temporary support



4
Endstop metal dipasang pada Union Floor Deck W-1000®

Install the metal endstop to Union Floor Deck W-1000®



5
Pasang penghubung geser

Install the shear connector



6
Kakukan Union Floor Deck W-1000® pada bagian tepi dengan las titik di balok baja

Fix Union Floor Deck W-1000® on the edge form with spot welding to the beam



7
Pemasangan bila menggunakan endstop karet

Installation if using rubber endstop



8
Sambungan Union Floor Deck W-1000® dapat diperkaku dengan jepitan

Union Floor Deck W-1000® joint can be strenghten by pinching



9
Pasang jaring kawat baja las

Place wire mesh

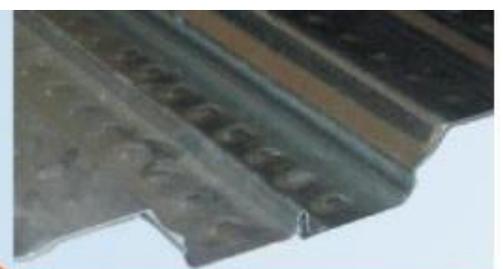


10
Penuangan beton

Pour concrete

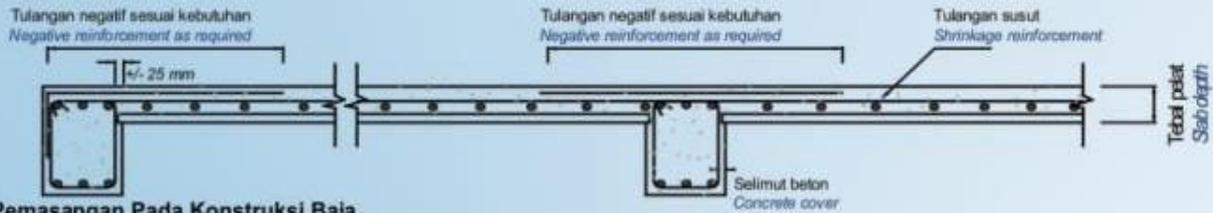
DATA TEKNIK UNION FLOOR DECK W-1000®

TECHNICAL DATA OF UNION FLOOR DECK W-1000®



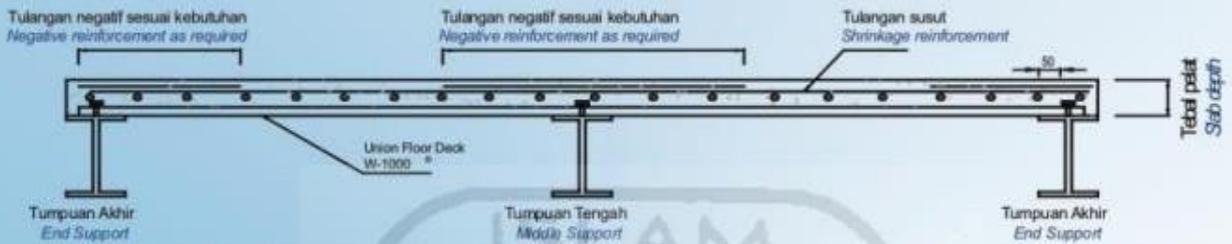
● Pemasangan Pada Konstruksi Beton

Installation on Concrete Construction



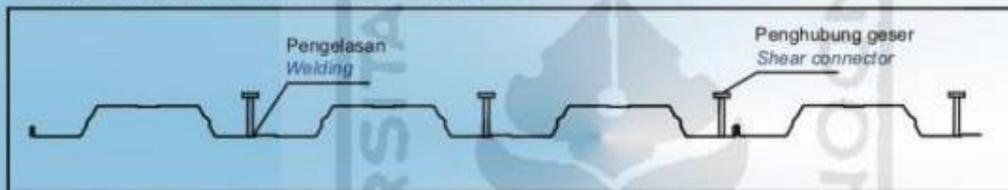
● Pemasangan Pada Konstruksi Baja

Installation On Steel Construction



Pengelasan Penghubung Geser pada Union Floor Deck W-1000®

Welding of Shear Connector on Union Floor Deck W-1000®



Uji Ketahanan Api **Fire Resistant Test**

Uji Lentur (Komposit) **Flexural Test (Composit)**



Sertifikat Pengujian Tahan Api Fire Resistant Test Certificate

Union Floor Deck W-1000® memiliki ketahanan api selama 3 jam tanpa deformasi struktural dan tidak berbahaya.

Union Floor Deck W-1000® has fire resistance up to 3 hours without structural deformation and harmless.



Sertifikat Pengujian Lentur (Komposit) Flexural Test Certificate (Composit)

Kekuatan Lentur
- Beban Slip = 78,07 kN, didapat Defleksi = 4,61 mm
- Beban Maksimum = 149,00 kN, didapat Defleksi = 27,16 mm

Ekuivalensi Beban Merata (q)
- Kondisi Slip = 6.196 kg/m²
- Kondisi Maksimum = 11.825 kg/m²

Flexural Strength
- Slip Force = 78.07 kN, Deflection's result = 4.61 mm
- Maximum Force = 149.00 kN, Deflection's result = 27.16 mm

Equivalent Uniform Load (q)
- Slip Condition = 6,196 kg/m²
- Maximum Condition = 11,825kg/m²



Mesin Pembuatan Union Floor Deck W-1000®

Roll Forming Machine Union Floor Deck W-1000®



Profil Union Floor Deck W-1000® dibuat menggunakan mesin pembentuk buatan Australia.

The Union Floor Deck W-1000® profile is formed by means of roll forming machine made in Australia.



FORMWORK DESIGN

| Union Floor Deck W-1000® BMT (mm) | Impulse (kg/m ²) | MAXIMUM SPAN (m) | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | 100 mm slab | | | 120 mm slab | | | 150 mm slab | | |
| | | Single (mm) | Double (mm) | Continuous (mm) | Single (mm) | Double (mm) | Continuous (mm) | Single (mm) | Double (mm) | Continuous (mm) |
| 0.65 | 0 | 2.395 | 3.212 | 2.960 | 2.223 | 2.981 | 2.747 | 2.037 | 2.731 | 2.517 |
| | 200 | 1.887 | 2.531 | 2.332 | 1.816 | 2.435 | 2.244 | 1.726 | 2.315 | 2.133 |
| | 400 | 1.645 | 2.206 | 2.032 | 1.602 | 2.149 | 1.980 | 1.546 | 2.074 | 1.911 |
| 0.70 | 0 | 2.454 | 3.290 | 3.032 | 2.277 | 3.054 | 2.814 | 2.087 | 2.799 | 2.579 |
| | 200 | 1.934 | 2.594 | 2.390 | 1.861 | 2.496 | 2.300 | 1.769 | 2.373 | 2.187 |
| | 400 | 1.686 | 2.261 | 2.083 | 1.643 | 2.203 | 2.030 | 1.585 | 2.126 | 1.959 |
| 1.00 | 0 | 2.749 | 3.687 | 3.397 | 2.555 | 3.426 | 3.157 | 2.343 | 3.142 | 2.895 |
| | 200 | 2.173 | 2.914 | 2.685 | 2.091 | 2.804 | 2.584 | 1.989 | 2.667 | 2.458 |
| | 400 | 1.896 | 2.542 | 2.342 | 1.847 | 2.477 | 2.283 | 1.783 | 2.391 | 2.203 |
| 1.40 | 0 | 3.056 | 4.099 | 3.776 | 2.844 | 3.814 | 3.514 | 2.611 | 3.502 | 3.227 |
| | 200 | 2.423 | 3.250 | 2.995 | 2.333 | 3.129 | 2.883 | 2.220 | 2.977 | 2.743 |
| | 400 | 2.116 | 2.838 | 2.615 | 2.063 | 2.766 | 2.549 | 1.991 | 2.670 | 2.461 |

Catatan :

- Pelat satu arah
- Syarat lendutan maksimum L/240

Note :

- One way slab
- Maximum deflection requirement L/240

* Untuk informasi lebih lanjut, silakan kontak kami

* For detailed information, please contact us

REFERENSI PROYEK

PROJECT REFERENCE

PLTU TANJUNG JATI, JEPARA



BANDARA INTERNASIONAL HASANUDDIN, MAKASSAR



PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA



CIPUTRA WORLD, SURABAYA



CITY TOWER, JAKARTA



GRAND INDONESIA, JAKARTA



TRANS STUDIO, MAKASSAR



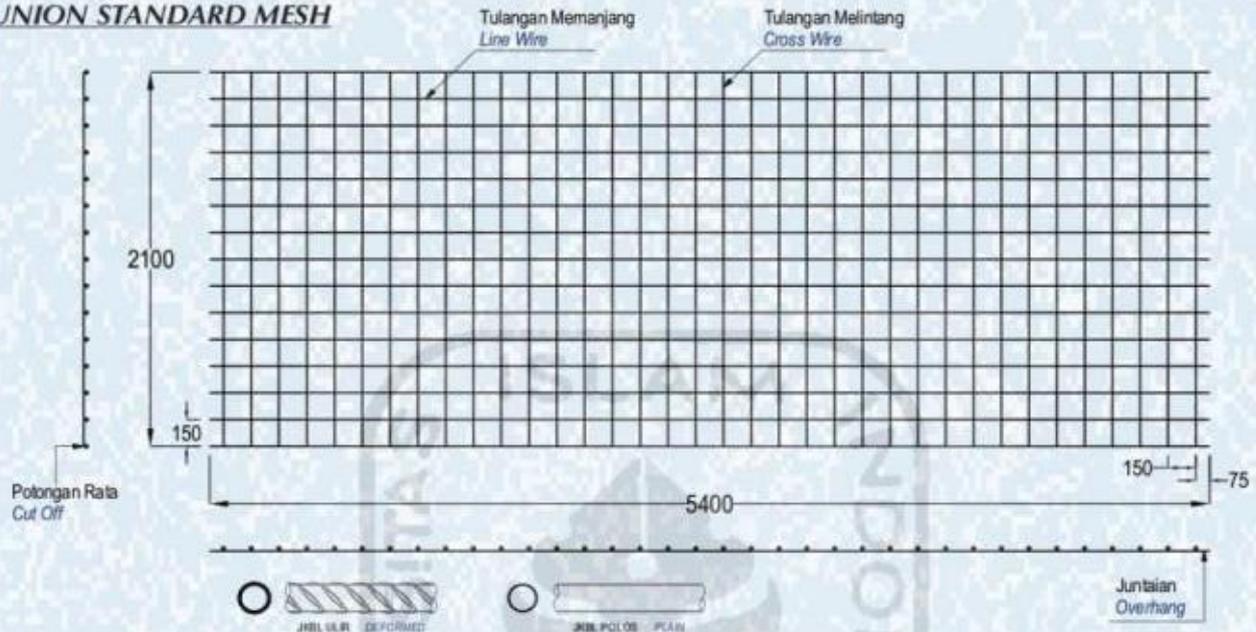
INFORMASI PRODUK

PRODUCT INFORMATION

Union Wire Mesh adalah jaring baja tulangan bermutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh karakteristik 5.000 kg/cm² yang dirangkai sedemikian rupa menggunakan las listrik untuk mendapatkan tegangan geser berkualitas tinggi sebesar 2.500 kg/cm² di setiap titik pertemuan kawatnya.

Union Wire Mesh is made from high tensile reinforcing wire rod having characteristic yield strength of 5,000 kg/cm² and it is electrically welded to obtain high quality shearing strength of 2,500 kg/cm² in each welded point.

UNION STANDARD MESH



BERAT PER LEMBAR

| RWNC | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M12 | M16 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| DIAMETER (mm) | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 16 |
| BERAT PER LEMBAR (kg) | 15,45 | 24,14 | 34,76 | 47,31 | 61,79 | 78,21 | 96,55 | 139,03 | 247,17 |

MASS PER SHEET

Spesifikasi

| | |
|------------------------------|---|
| Diameter JKBL Union | : 4 mm sampai 16 mm |
| Standar Bahan | : SNI 07-0663-1995 |
| Tegangan Leleh Karakteristik | : 5.000 kg/cm ² , mutu U-50 |
| Tegangan Geser Kampuh Las | : 2.500 kg/cm ² |
| Bentuk Permukaan Kawat | : Polos dan Ulir |
| Spasi Standard | : 150 mm x 150 mm (Type M) 100 mm x 200 mm (Type B) |
| Ukuran Standard | : Lembar : 5,4 m x 2,1 m (M4 - M10, M12, M16) Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6) |

Specification

| | |
|-------------------------------|--|
| Diameter of Union Mesh | : 4 mm up to 16 mm |
| Material Standard | : SNI 07-0663-1995 |
| Characteristic Yield Strength | : 5,000 kg/cm ² , grade U-50 |
| Welding Shear Strength | : 2,500 kg/cm ² |
| Types of Bar Surfaces | : Plain and Deformed |
| Standard Spacings | : 150 mm x 150 mm (M Type) 100 mm x 200 mm (B Type) |
| Standard Sizes | : Sheet : 5.4 m x 2.1 m (M4 - M10, M12, M16) Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6) |

Produksi Union Wire Mesh

Dengan dukungan dari mesin pembentuk JKBL kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran JKBL yang bervariasi dengan hasil pengelasan sempurna sampai dengan diameter 16 mm.

- Jarak spasi : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm; dan 300 mm
- Juntai kawat memanjang maksimum 1.200 mm kedua sisi nya
- Jarak spasi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesial diperlukan, staff berpengalaman kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, harap konsultasi dengan kami

Union Wire Mesh Production

By means of our modern and computerized wire mesh welding machines, we have proven capability to produce various sizes of mesh with perfect welding result up to diameter 16 mm.

- Spacings : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm and 300 mm
- Line wire overhang maximum 1,200 mm both sides
- Cross wire spacing minimum 50 mm subject to diameters
- If special sizes of reinforcement are required, our experienced technical staffs are ready to assist for designing the best and most efficient ones
- For M12 to M16, please consult with us

Penggunaan

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

Applications

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
5. Non structural column and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Mengganti tulangan biasa (U-24)
dengan JKBL Union (U-50)

Rumus :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

| Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm) | Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²) | Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m') Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm ² /m') According to Spacing Each Direction | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | | Spasi / Spacing (mm) | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 |
| 4.0 | 0.126 | 2.51 | 1.68 | 1.26 | 1.01 | 0.84 | 0.72 | 0.63 | 0.56 | 0.50 | 0.46 | 0.42 | 0.39 |
| 4.5 | 0.159 | 3.18 | 2.12 | 1.59 | 1.27 | 1.06 | 0.91 | 0.80 | 0.71 | 0.64 | 0.58 | 0.53 | 0.49 |
| 5.0 | 0.196 | 3.93 | 2.62 | 1.96 | 1.57 | 1.31 | 1.12 | 0.98 | 0.87 | 0.79 | 0.71 | 0.65 | 0.60 |
| 5.5 | 0.238 | 4.75 | 3.17 | 2.38 | 1.90 | 1.58 | 1.36 | 1.19 | 1.06 | 0.95 | 0.86 | 0.79 | 0.73 |
| 6.0 | 0.283 | 5.65 | 3.77 | 2.83 | 2.26 | 1.88 | 1.62 | 1.41 | 1.26 | 1.13 | 1.03 | 0.94 | 0.87 |
| 6.5 | 0.332 | 6.64 | 4.42 | 3.32 | 2.65 | 2.21 | 1.90 | 1.66 | 1.47 | 1.33 | 1.21 | 1.11 | 1.02 |
| 7.0 | 0.385 | 7.70 | 5.13 | 3.85 | 3.08 | 2.57 | 2.20 | 1.92 | 1.71 | 1.54 | 1.40 | 1.28 | 1.18 |
| 7.5 | 0.442 | 8.84 | 5.89 | 4.42 | 3.53 | 2.95 | 2.52 | 2.21 | 1.96 | 1.77 | 1.61 | 1.47 | 1.36 |
| 8.0 | 0.503 | 10.05 | 6.70 | 5.03 | 4.02 | 3.35 | 2.87 | 2.51 | 2.23 | 2.01 | 1.83 | 1.68 | 1.55 |
| 8.5 | 0.567 | 11.35 | 7.57 | 5.67 | 4.54 | 3.78 | 3.24 | 2.84 | 2.52 | 2.27 | 2.06 | 1.89 | 1.75 |
| 9.0 | 0.636 | 12.72 | 8.48 | 6.36 | 5.09 | 4.24 | 3.64 | 3.18 | 2.83 | 2.54 | 2.31 | 2.12 | 1.96 |
| 9.5 | 0.709 | 14.18 | 9.45 | 7.09 | 5.67 | 4.73 | 4.05 | 3.54 | 3.15 | 2.84 | 2.58 | 2.36 | 2.18 |
| 10.0 | 0.785 | 15.71 | 10.47 | 7.85 | 6.28 | 5.24 | 4.49 | 3.93 | 3.49 | 3.14 | 2.86 | 2.62 | 2.42 |
| 12.0 | 1.131 | 22.62 | 15.08 | 11.31 | 9.05 | 7.54 | 6.46 | 5.65 | 5.03 | 4.52 | 4.11 | 3.77 | 3.48 |
| 16.0 | 2.011 | 40.21 | 26.81 | 20.11 | 16.08 | 13.40 | 11.49 | 10.05 | 8.94 | 8.04 | 7.31 | 6.70 | 6.19 |

PEMASANGAN & KONSTRUKSI

INSTALLATION & CONSTRUCTION

Pemasangan dan penyambungan JKBL Union tidaklah susah, tetapi perlu diperhatikan sambungan minimal, sehingga didapat hasil yang optimal dan benar.

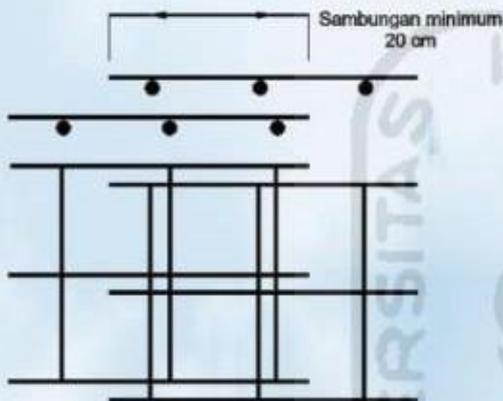
Installation and joint of Union Wire Mesh is easy, just need to pay attention to the minimum overlap in order to get an optimum and good result.

A. Sambungan JKBL Union

1. Sambungan Wire Mesh

Sambungan Wire Mesh minimal 20 cm

Sambungan Wire Mesh

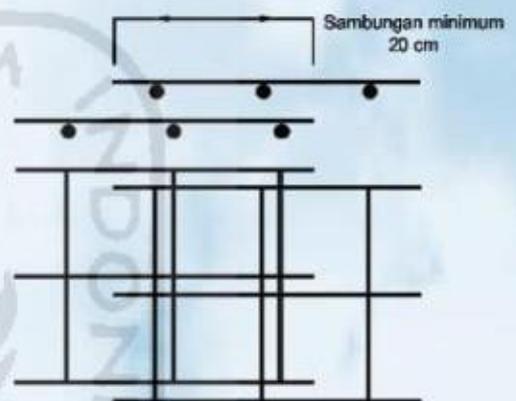


A. Union Wire Mesh Overlap

1. Union Wire Mesh Overlap

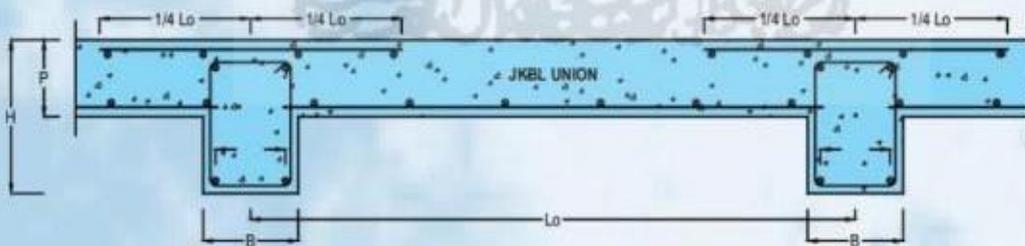
Union Wire Mesh overlap minimum of 20 cm

Wire Mesh Overlap



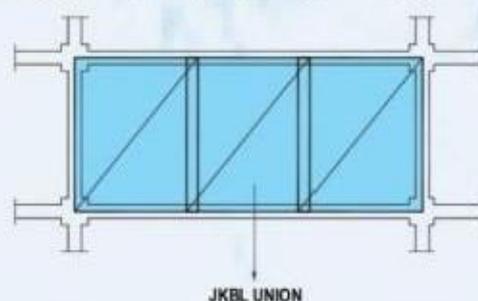
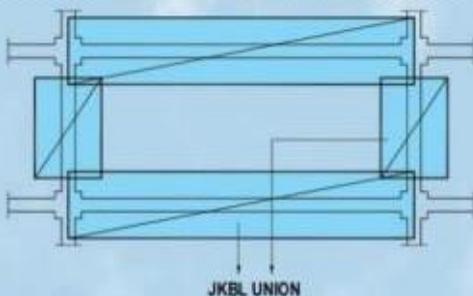
B. Perletakan JKBL Union *Union Wire Mesh Position*

Plat Lantai Bangunan Bertingkat *Suspended Slab*

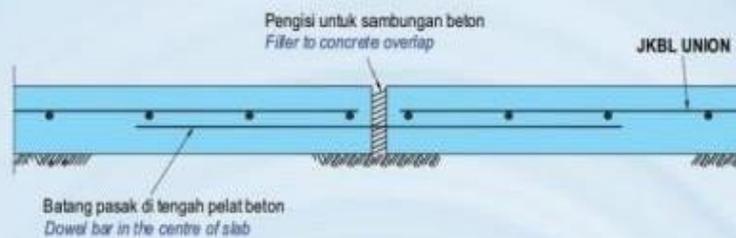


Lapis Atas *Top Layer*

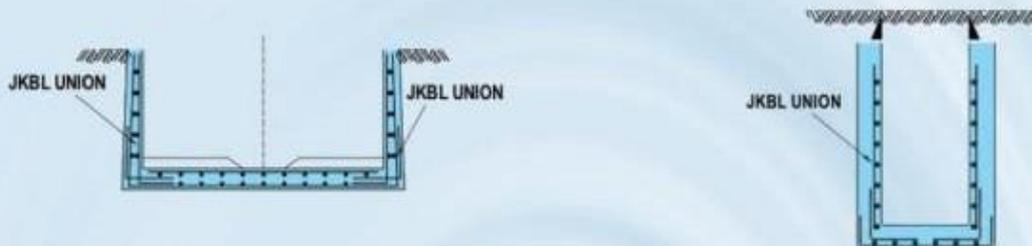
Lapis Bawah *Bottom Layer*



Lantai Beton di Atas Tanah *Concrete Floor on Top Soil*



Saluran Drainase *Drainage Open Channels*



Dinding Penahan & Pondasi *Retaining Wall & Foundation*



KEUNTUNGAN MENGGUNAKAN UNION WIRE MESH

THE ADVANTAGES OF USING UNION WIRE MESH

1. Menghemat waktu konstruksi bangunan
2. Dapat diproduksi atas dasar desain konsultan (Engineering Mesh)
3. Mereduksi berat besi tulangan dalam beton

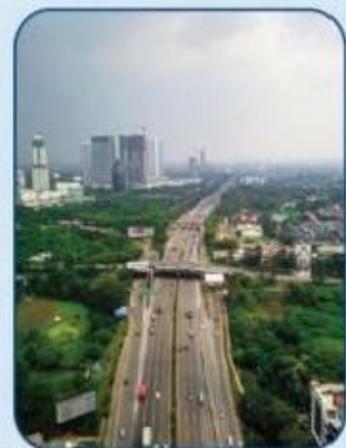
1. Save time for building constructions
2. Can be produced based on consultant's designs (Engineering Mesh)
3. Reducing weight of steel wire in concrete



CIPUTRA WORLD, Surabaya



GRAND INDONESIA, Jakarta



TOL TANGERANG - MERAK

Daftar Satuan Harga Material

| No | Jenis Material | Harga | Satuan | Acuan |
|----|----------------------------------|-----------------|----------------|-------|
| 1 | Ready Mix fc' 26,4 Mpa | Rp.875.000 | m ³ | |
| 2 | Pasir Beton | Rp.262.200,00 | kg | |
| 3 | Semen Portland | Rp.1.500,00 | kg | |
| 4 | Kerikil (maks 30 mm) | Rp.273.600,00 | kg | |
| 5 | Besi beton (polos/ulir) | Rp.12.900,00 | kg | |
| 6 | Kawat beton | Rp.22.800,00 | kg | |
| 7 | Kayu Kelas III | Rp.3.400.000,00 | m ³ | |
| 8 | Paku 5 cm – 12 cm | Rp.18.200,00 | kg | |
| 9 | Minyak bekisting | Rp.16.800,00 | liter | |
| 10 | Balok kayu kelas II | Rp.5.900.000,00 | m ³ | |
| 11 | Plywood tebal 9 mm | Rp.126.000,00 | lembar | |
| 12 | Kayu dolken diameter 8-10/400 cm | Rp.40.000,00 | batang | |
| 13 | Wiremesh m8 (terpasang) | Rp.850.000,00 | lembar | |
| 14 | Floordeck 0,75 mm (terpasang) | Rp.750.000,00 | lembar | |

