



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
ISABELLA TOWER BEKASI MENGGUNAKAN
ELEMEN PRACETAK DAN *HOLLOW CORE SLAB*
DENGAN SISTEM GANDA**

DIANA DWI YUNITA
NRP. 03111540000104

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

Dosen Pembimbing II
Ir. Faimun, M.Sc., PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – RC-18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
ISABELLA TOWER BEKASI MENGGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE SLAB* DENGAN
SISTEM GANDA**

DIANA DWI YUNITA
NRP 0311 15 400 00104

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

Dosen Pembimbing II
Ir. Faimun, M.Sc., PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



FINAL PROJECT – RC-18-4803

**DESIGN MODIFICATION OF ISABELLA TOWER
BUILDING STRUCTURE USING PRECAST ELEMENT
AND HOLLOW CORE SLAB WITH DUAL SYSTEM**

DIANA DWI YUNITA
NRP 0311 15 400 00104

Academic Supervisor I
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

Academic Supervisor II
Ir. Faimun, M.Sc., PhD

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
ISABELLA TOWER BEKASI MENGGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE SLAB* DENGAN
SISTEM GANDA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

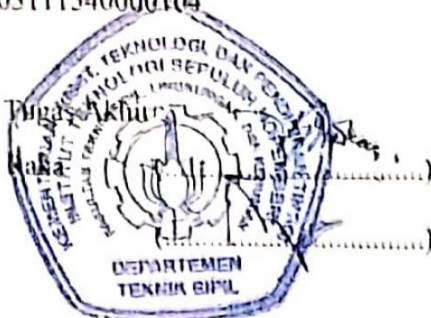
Diana Dwi Yunita

NRP: 03111540000104

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu

2. Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D



SURABAYA,

JUNI 2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
ISABELLA TOWER BEKASI MENGGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE SLAB* DENGAN
SISTEM GANDA**

Nama Mahasiswa : Diana Dwi Yunita
NRP : 03111540000104
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Isabella Tower Bekasi pada kondisi sebenarnya dibangun dengan menggunakan metode konvensional dengan ketinggian 20 lantai. Gedung tersebut difungsikan sebagai hunian atau tempat tinggal. Gedung hunian tersebut akan dilakukan perancangan menggunakan elemen pracetak. Selain perancangan elemen struktur primer menggunakan pracetak, perlu dilakukan pengurangan berat sendiri struktur dengan penggunaan hollow core slab agar beban mati yang akan ditransferkan ke dalam tanah akan lebih kecil dan pondasi yang digunakan akan dapat diminimalkan

Dalam perencanaan struktur gedung ini didesain menggunakan sistem ganda dengan kategori seismik E. Rangka utama didesain sebagai sistem rangka pemikul momen kusus dan dinding struktur beton khusus.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa rangka atau frame utama gedung mampu menahan beban lateral X dan Y yang masing masing bernilai sebesar 29.95% dan 34.73%, sehingga persyaratan untuk sistem ganda terpenuhi. Perencanaan elemen pracetak didasarkan pada tiga kondisi, yakni saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit. Digunakan tebal plat hollow core menggunakan tebal sebesar 15 cm. Dimensi balok terbesar ialah 50 x 70 cm dan

dimensi kolom terbesar ialah 70 x 70 cm. Dalam perencanaan struktur gedung ini harus mengacu pada bangunan tahan gempa terbaru yakni, SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, SNI 1726:2017, RSNI 2847:2018, RSNI 1726:201X, dan referensi lainnya.

Pada tugas akhir ini akan membahas perancangan struktur gedung Isabella Tower Bekasi, sehingga akan menghasilkan perencanaan yang berisikan spesifikasi dan gambar yang sesuai dengan perencanaan struktur yang mengacu pada peraturan atau standarisasi yang berlaku.

Kata Kunci: pracetak, hollow core slab, sistem ganda

DESIGN MODIFICATION OF ISABELLA TOWER BUILDING STRUCTURE USING PRECAST ELEMENT AND HOLLOW CORE SLAB WITH DUAL SYSTEM

Student Name : Diana Dwi Yunita
NRP : 03111540000104
Departement : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Academic Supervisor : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

ABSTRACT

Bekasi Isabella Tower in its actual condition was built using conventional methods with a height of 20 floors. The building functions as a residence or residence. The residential building will be designed using precast elements. In addition to designing primary structural elements using precast, it is necessary to reduce the weight of the structure by using a hollow core slab so that the dead load to be transferred into the soil will be smaller and the foundation used will be minimized

In planning the structure of the building it is designed to use a dual system with seismic categories E. The main frame is designed as a special moment frame bearing system and special concrete structure walls.

From the results of the analysis that has been carried out, it can be concluded that the main frame of the building is able to withstand lateral X and Y loads which are each valued at 29.95% and 34.73%, so that the requirements for multiple systems are met. The planning of precast elements is based on three conditions, namely when lifting, before composite, and after composite. Used hollow core plate thickness using a thickness of 15 cm. The biggest beam dimensions are 50 x 70 cm and the largest column dimensions are 70 x 70 cm. In planning the structure of this building must refer to the latest earthquake resistant buildings,

namely, SNI 2847: 2013, SNI 1727: 2013, SNI 1726: 2017, RSNI 2847: 2018, RSNI 1726: 201X, and other references. In this final project will discuss the design of the structure of the Isabella Tower Bekasi building, so that it will produce a plan that contains specifications and drawings that are in accordance with the structure planning that refers to the applicable

Keywords: precast, hollow core slab, Dual Systems

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan Gedung Isabella Tower Bekasi dengan menggunakan elemen pracetak dan *Hollow Core Slab* dengan Menggunakan Sistem Ganda” dengan baik dan tepat waktu.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan, arahan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua yang selalu memebrikan dorongan moral dan selalu mendoakan penulis dalam menyelesaikan berbagai tanggung jawab
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka dan Ir. Faimun, M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing ini
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA, selaku dosen mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah
4. Teman-teman perkuliahan yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Penulis juga sadar bahwa tugas akhir ini, jauh dari kata sempurna. Sehingga penulis memerlukan kritik dan saran yang mendukung untuk memperbaiki berbagai kekurangan pada tugas akhir ini.

Di akhir kata penulis berharap, tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi lingkungan sekitar untuk umumnya, dan mahasiswa Teknik Sipil ITS untuk khususnya.

Surabaya, November 2018

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penulisan | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 4 |
| 1.5 Manfaat Penulisan | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Pengertian Umum Beton Pracetak..... | 7 |
| 2.2 Keuntungan dan Kerugian Beton Pracetak..... | 7 |
| 2.3 Elemen Struktur Beton Pracetak..... | 8 |
| 2.4 Jenis Sambungan Pada Elemen Pracetak..... | 13 |
| 2.5 Sistem Struktur | 15 |
| BAB III METODOLOGI | 19 |
| 3.1 Umum..... | 19 |
| 3.2 Data Perencanaan | 20 |
| 3.3 Studi Literatur..... | 21 |
| 3.4 Preliminary Design..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5 Permodelan dan Pembebanan Menggunakan Program Bantu ETABS..... | 25 |
| 3.6 Pembebanan Struktur..... | 28 |
| 3.7 Perencanaan Struktur Utama | 32 |
| 3.8 Perencanaan Sambungan | 41 |
| 3.9 Perencanaan Basement | 44 |
| 3.10 Perencanaan Pondasi Tiang..... | 45 |
| 3.11 Metode Pelaksanaan Konstruksi Gedung Pracetak | 48 |
| 3.12 Gambar Teknis dari Hasil Analisis Perhitungan..... | 50 |
| BAB IV PRELIMINARY DESIGN..... | 51 |
| 4.1 Umum | 51 |
| 4.2 Data Perencanaan..... | 51 |
| 4.3 Pembebanan..... | 52 |
| 4.4 Perencanaan Dimensi Balok | 52 |
| 4.5 Perencanaan Dimensi Plat | 55 |
| 4.6 Perencanaan Dimensi Kolom | 59 |
| 4.7 Perencanaan Dimensi <i>Shear Wall</i> | 65 |
| BAB V PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR | 67 |
| 5.1 Umum | 67 |
| 5.2 Permodelan Struktur | 67 |
| 5.3 Pembebanan Gravitasi | 68 |
| 5.4 Pembebanan Gempa Dinamis..... | 69 |
| 5.5 Kontrol Waktu Getar Alami | 74 |
| 5.6 Kontrol Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)..... | 75 |

| | | |
|--|--|-----|
| 5.7 | Kontrol Partisipasi Massa..... | 77 |
| 5.8 | Kontrol Simpangan (<i>Drift</i>) | 79 |
| 5.9 | Kontrol <i>Dual System</i> | 82 |
| 5.10 | Kontrol Eksentrisitas dan Torsi | 82 |
| BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER | | 87 |
| 6.1 | Umum..... | 87 |
| 6.2 | Kontrol Perencanaan <i>Hollow Core Slab</i> | 87 |
| 6.3 | Perencanaan Balok Anak Pracetak | 101 |
| 6.4 | Perencanaan Tangga..... | 121 |
| 6.5 | Perencanaan Balok Penggantung Lift..... | 131 |
| BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER..... | | 137 |
| 7.1 | Umum..... | 137 |
| 7.2 | Perencanaan Balok Induk Pracetak | 137 |
| 7.3 | Perencanaan Struktur Kolom..... | 178 |
| 7.4 | Perencanaan Struktur Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>) | 192 |
| BAB VIII PERENCANAAN SAMBUNGAN | | 201 |
| 8.1 | Umum..... | 201 |
| 8.2 | Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak | 201 |
| 8.3 | Perencanaan Sambungan Balok-Kolom | 207 |
| 8.4 | Perencanaan Sambungan Balok Induk-Balok Anak..... | 211 |
| 8.5 | Perencanaan Sambungan Tangga-Shearwall..... | 215 |
| 8.6 | Perencanaan Sambungan Balok Induk-Shearwall | 216 |
| 8.7 | Perencanaan Sambungan Balok – Plat | 217 |
| BAB IX METODE PELAKSANAAN | | 219 |

| | |
|--|------------|
| 9.1 Umum | 219 |
| 9.2 Fabrikasi Beton Pracetak | 219 |
| 9.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane | 219 |
| 9.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak | 220 |
| 9.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak | 221 |
| BAB X PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH | 223 |
| 10.1 Umum | 223 |
| 10.2 Beban Struktur | 223 |
| 10.3 Spesifikasi Tiang Pancang | 225 |
| 10.4 Daya Dukung Pondasi | 226 |
| 10.5 Perencanaan Basement | 259 |
| BAB XI PENUTUP | 269 |
| 11.1 Resume | 269 |
| 11.2 Saran | 271 |
| DAFTAR PUSTAKA | 273 |
| LAMPIRAN | 277 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 2.1 Pelat Pracetak Hollow Core Slab..... | 10 |
| Gambar 2.2 Tampak samping pengetesan pada HCS | 10 |
| Gambar 2.3 Uji geser dengan beban transversal | 10 |
| Gambar 2.4 Pelat Double dan Single Tees..... | 11 |
| Gambar 2.5 Ukuran geometri <i>waffle slab</i> | 11 |
| Gambar 2.6 Balok Berpenampang Persegi Panjang..... | 12 |
| Gambar 2.7 Balok Berpenampang L..... | 13 |
| Gambar 2.8 Balok Berpenampang T Terbalik | 13 |
| Gambar 2.9 Respon Diagram Histeristik..... | 15 |
| Gambar 2.10 Sambungan Balok dan Kolom Eksterior | 15 |
| Gambar 2.11 Penempatan Posisi Dinding Geser..... | 16 |
| Gambar 2.12 Sistem struktur beton penahan gempa..... | 17 |
| Gambar 3.1 <i>Cross Section Hollow Core Slab</i> | 22 |
| Gambar 3.2 Gambar Simpangan bangunan..... | 27 |
| Gambar 3.3 Diagram Respons Spektrum | 30 |
| Gambar 3.4 <i>Cross Section hollow core slab</i> | 39 |
| Gambar 3.5 Konsol Pendek Sambungan Balok dan Kolom..... | 42 |
| Gambar 3.6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak..... | 42 |
| Gambar 3.7 Sambungan <i>HCS</i> dengan Balok Tengah..... | 43 |
| Gambar 3.8 Sambungan <i>HCS</i> dengan Balok Ujung..... | 43 |
| Gambar 3.9 <i>Cross Section</i> Sambungan Plat | 43 |
| Gambar 3.10 Tampak Atas Sambungan Plat..... | 43 |
| Gambar 3.11 Detailing Beton Pracetak | 44 |
| Gambar 3.12 Konfigurasi Spun Pile pada <i>Pile Cap</i> | 45 |
| Gambar 3.13 Momen Lentur dan Gaya Geser..... | 47 |
| Gambar 3.14 Titik Angkat <i>Hollow Core Slab</i> | 50 |
| Gambar 4.1 Denah Balok di Sekeliling Tipe Plat 1 | 55 |
| Gambar 4.2 Denah Balok di Sekeliling Tipe Plat 2 | 56 |
| Gambar 4.3 Tipe <i>Hollow Core Slab</i> yang Digunakan..... | 59 |
| Gambar 4.4 Potongan Melintang <i>Hollow Core Slab</i> | 59 |
| Gambar 4.5 Kolom yang Memikul Beban Terbesar | 60 |
| Gambar 4.6 Spesifikasi Penulangan Sloof | 256 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5.1 Permodelan Struktur Menggunakan ETABS 2013.. | 68 |
| Gambar 5.2 Sebaran Parameter Gerak Tanah, S_s | 71 |
| Gambar 5.3 Sebaran Parameter Gerak Tanah, S_1 | 71 |
| Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum Desain | 73 |
| Gambar 5.5 Grafik <i>Story Drift</i> Arah X dan Y | 81 |
| Gambar 5.6 Grafik Simpangan Arah X dan Y | 82 |
| Gambar 6.1 Gambar Diagram Geser dan Momen pada Plat | 95 |
| Gambar 6.2 Faktor Pembesaran untuk Jangka Panjang..... | 99 |
| Gambar 6.3 Pengangkatan <i>Hollow Core Slab</i> | 100 |
| Gambar 6.4 Denah Balok Anak Pracetak | 102 |
| Gambar 6.5 Distribusi Beban pada Balok Anak..... | 102 |
| Gambar 6.6 Pengangkatan Balok Anak Pracetak | 113 |
| Gambar 6.7 Pengangkatan Balok Anak Pracetak | 120 |
| Gambar 6.8 Jenka PSA Short Inserts..... | 121 |
| Gambar 6.9 Kait JL | 121 |
| Gambar 6.10 Denah Tangga..... | 123 |
| Gambar 6.11 Potongan Tangga | 123 |
| Gambar 6.12 Komponen Plat Tangga | 123 |
| Gambar 6.13 Permodelan Tampak Atas Tangga..... | 124 |
| Gambar 6.14 Tampak 3D Tangga dan Perletakkan..... | 124 |
| Gambar 6.15 Hasil Momen | 125 |
| Gambar 6.16 Hasil Momen | 125 |
| Gambar 6.17 Hasil Geser | 125 |
| Gambar 6.18 Hasil Geser | 125 |
| Gambar 6.19 Denah Lift..... | 132 |
| Gambar 6.20 Potongan Melintang Denah Lift | 132 |
| Gambar 6.21 Tabel Spesifikasi Lift..... | 133 |
| Gambar 6.22 Pembebanan Balok Lift | 134 |
| Gambar 6.23 Pengangkatan Balok Anak Pracetak | 177 |
| Gambar 6.24 Jenka PSA Short Inserts..... | 178 |
| Gambar 6.25 Kait JL | 178 |
| Gambar 7.1 Denah Balok Induk Pracetak | 138 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 7.2 Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit | 139 |
| Gambar 7.3 Diagram Momen Kombinasi 1.4D+1.4SD | 141 |
| Gambar 7.4 Diagram Momen Tumpuan Kombinasi Beban Hidup dan Gempa..... | 141 |
| Gambar 7.5 Diagram Momen Lapangan Kombinasi Beban Hidup dan Gempa..... | 141 |
| Gambar 7.6 Titik Angkat Balok Induk Pracetak | 157 |
| Gambar 7.7 Diagram Geser Kombinasi 1.4D+1.4SD | 161 |
| Gambar 7.8 Diagram Geser Kombinasi Beban Hidup dan Gempa | 162 |
| Gambar 7.9 Diagram Geser Kombinasi 1.4D+1.4SD | 165 |
| Gambar 7.10 Diagram Geser Kombinasi Beban Hidup dan Gempa | 165 |
| Gambar 7.11 Diagram Geser BI 50/70 Sebelum Komposit | 168 |
| Gambar 7.12 Diagram P dan Mn Arah X..... | 180 |
| Gambar 7.13 Diagram P dan Mn Arah Y..... | 181 |
| Gambar 7.14 Diagram P-M Kolom dengan $f_s=1.25 f_y$ | 184 |
| Gambar 7.15 Diagram P-Mn Shearwall tipe 2 Arah X | 199 |
| Gambar 7.16 Diagram P-Mn Shearwall tipe 2 Arah Y | 200 |
| Gambar 8.1 Potongan Melintang dan Geometrk Konsol Pendek | 202 |
| Gambar 8.2 Detail Penulangan Konsol Pendek | 206 |
| Gambar 9.1 Penggunaan Kait JL..... | 221 |
| Gambar 9.2 Penggunaan Sudut Kait | 221 |
| Gambar 9.3 Pengangkatan Hollow Core Slabs | 222 |
| Gambar 10.1 Rencana Denah Pondasi | 223 |
| Gambar 10.2 Grafik Daya Dukung Tanah terhadap Kedalaman | 229 |
| Gambar 10.3 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 1 | 230 |
| Gambar 10.4 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 2 | 230 |
| Gambar 10.5 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 3 | 230 |
| Gambar 10.6 Defleksi Akibat Gaya Lateral Tiang..... | 236 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 10.7 Grafik <i>Immediate Settlement of Isolate Footing</i> .. | 237 |
| Gambar 10.8 Grafik <i>Influence Value For Laterally Loaded Pile</i> | 238 |
| Gambar 10.9 Grafik <i>Influence Value For Laterally Loaded Pile</i> | 238 |
| Gambar 10.10 Area Kritis Geser Dua Arah Pondasi Kolom..... | 245 |
| Gambar 10.11 Area Kritis Tipe 2 | 246 |
| Gambar 10.12 Area Kritis Tipe 3 | 246 |
| Gambar 10.13 Area Kritis Geser Pons Satu Arah | 247 |
| Gambar 10.14 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 2..... | 247 |
| Gambar 10.15 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 3..... | 247 |
| Gambar 10.16 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 2..... | 248 |
| Gambar 10. 17 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 3..... | 248 |
| Gambar 10.18 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang | 248 |
| Gambar 10.19 Permodelan Pile Cap Tipe 1 | 250 |
| Gambar 10.20 Displacement Pile Cap Tipe 1 | 250 |
| Gambar 10.21 M11 Pile Cap Tipe 1 | 250 |
| Gambar 10.22 M22 Pile Cap Tipe 2..... | 250 |
| Gambar 10.23 Permodelan Pile Cap Tipe 2 | 251 |
| Gambar 10.24 Displacement Pile Cap Tipe 2 | 251 |
| Gambar 10. 25 M11 Pile Cap Tipe 2..... | 251 |
| Gambar 10.26 M22 Pile Cap Tipe 2..... | 251 |
| Gambar 10.27 Permodelan Pile Cap Tipe 3 | 252 |
| Gambar 10.28 Displacement Pile Cap Tipe 3 | 252 |
| Gambar 10.29 M11 Pile Cap Tipe 3..... | 252 |
| Gambar 10.30 M22 Pile Cap Tipe 3..... | 252 |
| Gambar 10.31 Diagram Interaksi P-M | 256 |
| Gambar 10.32 Tulangan Longitudinal Kolom..... | 258 |
| Gambar 10.33 Diagram P-Mn Kolom | 258 |
| Gambar 10.34 Momen akibat Tekanan Horizontal Tanah | 260 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Dimensi Balok Berdasarkan Tipe dan Panjang..... | 23 |
| Tabel 3.2 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung | 26 |
| Tabel 3.3 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x | 26 |
| Tabel 3.4 Simpangan antar Lantai Ijin, $\Delta\alpha, b$ | 27 |
| Tabel 3.5 Jenis dan Besar Beban Mati | 28 |
| Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa..... | 31 |
| Tabel 3.7 faktor koefisien R, faktor Cd dan faktor Ω_0 | 31 |
| Tabel 3.8 Spesifikasi Hollow Core Slab..... | 39 |
| Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk..... | 54 |
| Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak | 54 |
| Tabel 4.3 Rekapitulasi Tebal <i>Hollow Core Slab</i> | 58 |
| Tabel 4.4 Pembebanan pada Kolom Lantai 15..... | 61 |
| Tabel 4.5 Berat Kolom yang Digunakan..... | 61 |
| Tabel 4.6 Pembebanan pada Kolom Lantai 14-10 | 62 |
| Tabel 4.7 Berat Kolom yang Digunakan..... | 62 |
| Tabel 4.8 Pembebanan pada Kolom Lantai 9-5 | 63 |
| Tabel 4.9 Berat Kolom yang Digunakan..... | 63 |
| Tabel 4.10 Pembebanan pada Kolom Lantai 4-1,GF | 64 |
| Tabel 4.11 Berat Kolom yang Digunakan..... | 64 |
| Tabel 4. 12 Pembebanan pada Kolom Lantai Basement | 65 |
| Tabel 5.1 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi | 69 |
| Tabel 5.2 Hasil <i>Output</i> Pembebanan..... | 69 |
| Tabel 5.3 Faktor Keutamaan Gempa..... | 70 |
| Tabel 5.4 Hasil perhitungan N rerata | 70 |
| Tabel 5.5 Respon Spektrum Desain | 73 |
| Tabel 5.6 Koefisien Batas Periode Gedung..... | 74 |
| Tabel 5.7 Output Modal Periode ETABS 2013..... | 74 |
| Tabel 5.8 Berat Efektif Struktur | 76 |
| Tabel 5.9 Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Ragam | 77 |
| Tabel 5.10 Hasil Analisa Gaya Geser Dasar Ragam..... | 77 |
| Tabel 5.11 Modal Partisipasi Massa Ragam | 78 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5.12 Hasil Partisipasai Massa Statik dan Dinamik | 79 |
| Tabel 5.13 Batas Simpangan Ijin Struktur Gedung | 80 |
| Tabel 5.14 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah X | 80 |
| Tabel 5.15 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah Y | 80 |
| Tabel 5.16 Reaksi Perletakan Untuk Gempa X dan Y | 82 |
| Tabel 5.17 Hasil Eksentrisitas Torsi Bawaan | 82 |
| Tabel 5.18 Hasil Torsi Tak Terduga..... | 83 |
| Tabel 5.19 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah X | 84 |
| Tabel 5.20 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah Y | 84 |
| Tabel 5.21 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah X | 85 |
| Tabel 5.22 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah Y | 86 |
| Tabel 6.1 Tabel Kre dan J dengan Beberapa Tipe Tendon..... | 92 |
| Tabel 6.2 Tabel Nilai C | 92 |
| Tabel 6.3 Kebutuhan Tulangan Geser untuk Bentang 5 m..... | 97 |
| Tabel 6.4 Kebutuhan Tulangan Geser untuk Bentang 4 m..... | 98 |
| Tabel 6.5 Rekapitulasi Hasil Momen | 107 |
| Tabel 6.6 Reakpitulasi Tulangan Positif Lapangan..... | 108 |
| Tabel 6.7 Rekapitulasi Tulangan Negatif Tumpuan..... | 108 |
| Tabel 6.8 Rekapitulasi Hasil Momen | 111 |
| Tabel 6.9 Hasil Penulangan Positif Lapangan..... | 112 |
| Tabel 6.10 Hasil Penulangan Negatif Tumpuan..... | 112 |
| Tabel 6.11 Hasil Rekapitulasi Momen Pengangkatan..... | 116 |
| Tabel 6.12 Hasil Rekapitulasi Penulangan Positif Lapangan.... | 117 |
| Tabel 6.13 Hasil Penulangan Negatif Tumpuan..... | 117 |
| Tabel 6.14 Penulangan Geser di Daerah Sendi Plastis | 118 |
| Tabel 6.15 Penulangan Geser di Luar Daerah Sendi Plastis | 118 |
| Tabel 6.16 Penulangan Geser Daerah Sendi Plastis | 120 |
| Tabel 6.17 Penulangan Geser di Luar Sendi Plastis | 120 |
| Tabel 6.18 Rekapitulasi Penulangan Tangga | 131 |
| Tabel 7.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk..... | 137 |
| Tabel 7.2 Rekapitulasi Momen Setelah Komposit | 141 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 7.3 Rekapitulasi Penulangan Tumpuan Negatif | 142 |
| Tabel 7.4 Kontrol Regangan | 143 |
| Tabel 7.5 Rekapitulasi Penulangan Tumpuan Positif..... | 144 |
| Tabel 7.6 Kontrol Tulangan Rangkap | 145 |
| Tabel 7.7 Kontrol Balok T Tumpuan | 145 |
| Tabel 7.8 Rekapitulasi Penulangan Lapangan Negatif..... | 146 |
| Tabel 7.9 Rekapitulasi Penulangan Lapangan Positif | 147 |
| Tabel 7.10 Kontrol Regangan | 148 |
| Tabel 7.11 Kontrol Tulangan Rangkap | 149 |
| Tabel 7.12 Kontrol Balok T | 149 |
| Tabel 7.13 Rekapitulasi Momen Sebelum Komposit..... | 151 |
| Tabel 7.14 Penulangan Tumpuan Negatif | 151 |
| Tabel 7.15 Kontrol Regangan | 152 |
| Tabel 7.16 Penulangan Tumpuan Positif..... | 153 |
| Tabel 7.17 Penulangan Lapangan Negatif..... | 154 |
| Tabel 7.18 Penulangan Lapangan Positif | 155 |
| Tabel 7.19 Kontrol Regangan | 155 |
| Tabel 7.20 Rekapitulasi Momen Pengangkatan | 158 |
| Tabel 7.21 Penulangan Tumpuan Negatif | 159 |
| Tabel 7.22 Penulangan Tumpuan Positif..... | 159 |
| Tabel 7.23 Penulangan Lapangan Negatif..... | 160 |
| Tabel 7.24 Penulangan Lapangan Positif | 161 |
| Tabel 7.25 Rekapitulasi Perhitungan Mpr..... | 162 |
| Tabel 7.26 Penulangan Geser Daerah Sendi Plastis | 164 |
| Tabel 7.27 Kntrol Geser Maksimum..... | 164 |
| Tabel 7.28 Pemasangan Sengkang Luar Sendi Plastis | 166 |
| Tabel 7.29 Kontrol Kuat Geser | 166 |
| Tabel 7.30 Hasil Rekapitulasi Vu..... | 166 |
| Tabel 7.31 Penulangan Sengkang Sebelum Komposit..... | 167 |
| Tabel 7.32 Kontrol Kuat Geser | 168 |
| Tabel 7.33 Pemasangan Sengkang di Luar Sendi Plastis | 169 |
| Tabel 7.34 Kontrol Kuat Geser | 169 |
| Tabel 7.35 Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi | 171 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 7.36 Kontrol Penampang Balok | 172 |
| Tabel 7.37 Kontrol At/s Minimum | 172 |
| Tabel 7.38 Kebutuhan Tulangan Transversal Sendi Plastis | 173 |
| Tabel 7.39 Tulangan Transversal Daerah Sendi Plastis | 173 |
| Tabel 7.40 Kebutuhan Tulangan Transversal | 174 |
| Tabel 7.41 Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis | 174 |
| Tabel 7.42 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal | 174 |
| Tabel 7.43 Kontrol Regangan Tumpuan Baru..... | 175 |
| Tabel 7.44 Kontrol Regangan Lapangan Baru | 175 |
| Tabel 7.45 Data Perencanaan dan Dimensi Kolom | 179 |
| Tabel 7.46 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom | 180 |
| Tabel 7.47 Kontrol Momen Nominal Kolom | 181 |
| Tabel 7.48 Kontrol Kebutuhan Tulangan Longitudinal | 182 |
| Tabel 7.49 Kapasitas Beban Aksial terhadap Aksial Terfaktor.182 | |
| Tabel 7.50 Kontrol <i>Strong Column Weak Beam</i> Arah X..... | 183 |
| Tabel 7.51 Kontrol <i>Strong Column Weak Beam</i> Arah Y..... | 183 |
| Tabel 7.52 Kontrol terhadap Gaya Geser Rencana | 184 |
| Tabel 7.53 Syarat Spasi Tulangan Transversal untuk Pengekangan | 185 |
| Tabel 7.54 Kebutuhan Luasan Pengekang | 187 |
| Tabel 7. 55 Kontrol Geser terhadap V_u | 188 |
| Tabel 7.56 Kontrol Geser terhadap V_u (Lanjutan)..... | 188 |
| Tabel 7.57 Rekapitulasi Pengecekan Kontribusi Beton Diabaikan atau Tidak | 189 |
| Tabel 7.58 Kontrol Tulangan Transversal Pasang..... | 190 |
| Tabel 7.59 Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi..... | 191 |
| Tabel 7.60 Rekapitulasi Sambungan Lewatan Kolom | 192 |
| Tabel 7.61 Data Perencanaan Arah X dan Y | 193 |
| Tabel 7.62 Rekapitulasi Hasil Program Bantu Etabs..... | 193 |
| Tabel 7.63 Kontrol Ketebalan Minimum | 193 |
| Tabel 7.64 Kontrol Penampang terhadap Gaya Geser X..... | 194 |
| Tabel 7.65 Kontrol Penampang terhadap Gaya Geser Y..... | 194 |
| Tabel 7.66 Kontrol Penulangan Geser X..... | 195 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 7.67 Kontrol Penulangan Geser Y..... | 195 |
| Tabel 7.68 Kontrol Rasio Tulangan Arah X dan Y..... | 196 |
| Tabel 7.69 Kontrol Spasi Tulangan Arah X..... | 196 |
| Tabel 7.70 Kontrol Spasi Tulangan Arah Y..... | 197 |
| Tabel 7.71 Rekapitulasi Titik Berat dan Inersia..... | 197 |
| Tabel 7.72 Kontrol Komponen Batas Arah X..... | 197 |
| Tabel 7.73 Kontrol Komponen Batas Arah Y..... | 197 |
| Tabel 7.74 Kontrol Pendekatan Displacements X..... | 198 |
| Tabel 7.75 Kontrol Pendekatan Displacements Y..... | 198 |
| Tabel 7.76 Panjang Elemen Batas X dan Y..... | 199 |
| Tabel 7.77 Kontrol Tulangan Longitudinal Arah X..... | 200 |
| Tabel 7.78 Kontrol Tulangan Longitudinal Arah Y..... | 200 |
| Tabel 8.1 Data Perencanaan Konsol..... | 203 |
| Tabel 8.2 Rekapitulasi Luas Tulangan Geser Friksi..... | 204 |
| Tabel 8.3 Kebutuhan Luasan Tulangan Lentur..... | 205 |
| Tabel 8.4 Rekapitulasi Tulangan Pakai..... | 206 |
| Tabel 8.5 Rekapitulasi Luasan Plat Landasan..... | 206 |
| Tabel 10.1 Pembebanan Pondasi Tipe 1..... | 224 |
| Tabel 10.2 Pembebanan Pondasi Tipe 2..... | 224 |
| Tabel 10.3 Pembebanan Pondasi Tipe 3..... | 225 |
| Tabel 10.4 Daya Dukung Tanah Kedalaman 30 m..... | 227 |
| Tabel 10.5 Kontrol Tiang Pancang Dalam Grup Tipe 1..... | 232 |
| Tabel 10.6 Kontrol Tiang Pancang Dalam Grup Tipe 2..... | 232 |
| Tabel 10.7 Kontrol Tiang Pancang Dalam Grup Tipe 3..... | 233 |
| Tabel 10.8 Rekapitulasi Kontrol Beban Maks. Tipe 1..... | 234 |
| Tabel 10.9 Rekapitulasi Kontrol Beban Maks. Tipe 2..... | 235 |
| Tabel 10.10 Rekapitulasi Kontrol Beban Maks. Tipe 3..... | 235 |
| Tabel 10.11 Kontrol Gaya Lateral Tipe 1..... | 239 |
| Tabel 10.12 Kontrol Gaya Lateral Tipe 2..... | 239 |
| Tabel 10.13 Kontrol Gaya Lateral Tipe 3..... | 240 |
| Tabel 10.14 Pembebanan Pondasi Tipe 1..... | 240 |
| Tabel 10.15 Pembebanan Pondasi Tipe 2..... | 241 |
| Tabel 10.16 Pembebanan Pondasi Tipe 3..... | 241 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 10.17 Rekapitulasi Beban Maksimum Tipe 1 | 242 |
| Tabel 10.18 Rekapitulasi Beban Maksimum Tipe 2 | 242 |
| Tabel 10.19 Rekapitulasi Beban Maksimum Tipe 3 | 243 |
| Tabel 10.20 Kontrol Geser 2 Arah | 246 |
| Tabel 10.21 Kontrol Tegangan Geser 2 Arah..... | 246 |
| Tabel 10.22 Kontrol Geser Pons Satu Arah Potongan 1 | 247 |
| Tabel 10.23 Kontrol Geser Pons Satu Arah Potongan 2 | 248 |
| Tabel 10.24 Kontrol Tegangan Geser Akibat Pancang | 249 |
| Tabel 10.25 Rekapitulasi Penulangan Pilecap..... | 255 |
| Tabel 10.26 Kontrol Dimensi Kolom..... | 257 |
| Tabel 10.27 Kontrol Penulangan Longitudinal | 257 |
| Tabel 10.28 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom..... | 258 |
| Tabel 10.29 Kontrol Kapasitas Beban Aksial..... | 258 |
| Tabel 10.30 Kontrol Gaya Tekan | 258 |
| Tabel 10.31 Spasi Tulangan Geser..... | 258 |
| Tabel 10.32 Tebal Plat yang Digunakan | 263 |
| Tabel 10.33 Hasil Momen arah X dan Y..... | 264 |
| Tabel 10.34 Penulangan Arah X..... | 265 |
| Tabel 10.35 Penulangan Arah Y..... | 266 |
| Tabel 10.36 Hasil Rekapitulasi Momen Arah X dan Y..... | 267 |
| Tabel 10.37 Penulangan Arah X..... | 267 |
| Tabel 10.38 Penulangan Arah Y..... | 268 |
| Tabel 11.1 Dimensi Struktur Sekunder | 269 |
| Tabel 11.2 Dimensi Struktur Primer..... | 269 |
| Tabel 11.3 Dimensi Struktur Bawah | 270 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini pembangunan proyek konstruksi meningkat secara masif dan signifikan, khususnya pada daerah perkotaan . Seperti halnya dengan salah satu proyek CBD (*Central Business District*), Grand Kamala Lagoon di Kota Bekasi. Proyek CBD tersebut terdiri dari 4 tower, jalan kawasan, dan pusat komersialisasi. *Isabella Tower* merupakan salah satu dari keempat apartemen tersebut yang harus terselesaikan pada tahun 2020. Hal tersebut, tentunya membutuhkan adanya inovasi dalam metode pelaksanaan konstruksi. Penjadwalan proses pelaksanaan yang cepat dan tepat, biaya yang ekonomis, dan tidak mengesampingkan kestabilan dan tingkat keamanan struktur, menjadi syarat yang harus dipenuhi dalam proses pelaksanaan konstruksi. Sehingga adanya produk beton pracetak dewasa ini menjadi sering digunakan dalam bangunan gedung maupun jembatan (pracetak-prategang) karena kemudahan pelaksanaan serta keuntungan ekonomi yang bisa diperoleh. (Elly dan Supartono, 2000). Dengan demikian penggunaan elemen beton pracetak dapat digunakan sebagai alternatif untuk memenuhi syarat proses pelaksanaan konstruksi tersebut.

Pracetak dapat didefinisikan sebagai sebuah konsep yang menggunakan standarisasi komponen struktural yang diproduksi di luar lokasi konstruksi dan komponen tersebut ditransportasikan dari tempat fabrikasi menuju pada lokasi pemasangannya. Komponen pracetak diproduksi secara masif oleh sebuah industri pabrik untuk keperluan pembangunan gedung untuk waktu yang singkat dan biaya ekonomis (Richard Oduro, dkk, 2016). Keunggulan beton pracetak dibandingkan dengan beton konvensional adalah waktu pembangunan proyek yang lebih cepat, terjaminnya *quality*

control pada mutu beton, dapat meminimalkan *framework* maupun tenaga kerja, dan penghematan lahan.

Desain untuk lantai dan atap pada sebuah struktur gedung juga memerlukan sebuah pertimbangan khusus. Ketebalan yang minimum dalam suatu elemen struktur menjadi salah satu faktor penentu dalam pembebanan gravitasi. Dengan adanya pengurangan terkait *cross section* dalam sebuah elemen struktur, diharapkan dapat mengurangi berat gravitasi struktur. Dalam hal ini, pengurangan *cross section* dari sebuah elemen untuk modifikasi gedung yang akan digunakan adalah *hollow core slab*.

Hollow Core Slab mempunyai lubang longitudinal yang mempunyai fungsi utama untuk mengurangi berat beban untuk plat lantai. Plat tersebut biasanya digunakan untuk bangunan dengan bentang panjang, seperti perkantoran, rumah sakit, sekolah, pusat perbelanjaan dan industri. Selain itu biasanya digunakan juga dalam pembangunan gedung apartemen, karena dapat mengurangi biaya dan cepat dalam proses pemasangan. (Islam M. Ezz El-Arab, 2017)

Pengurangan berat sendiri ini merupakan perbandingan pengurangan yang proporsional yang dibutuhkan untuk *support* balok dan kolom. Panjang bentang untuk plat tersebut dapat mencapai 18 m tanpa adanya kolom ataupun penyangga lainnya. Tak hanya itu, *Hollow Core Slab* juga dapat diaplikasikan sebagai panel tembok, *spandrel*, elemen pada jembatan dan plat jembatan. (Stephen C, 2013). Akibat dari adanya pengurangan terhadap *cross section* tersebut, maka beban mati yang akan ditransferkan ke dalam tanah akan lebih kecil dan pondasi yang digunakan akan dapat diminimalkan.

Beberapa frame struktur yang menggunakan elemen beton pracetak memberikan performa yang buruk terhadap beban gempa di beberapa negara. hal tersebut diakibatkan oleh buruknya sistem sambungan yang digunakan. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah metode yang dapat mencapai

perilaku yang ekuivalen dengan beton pengecoran in-situ agar dapat menghasilkan konstruksi monolit (Robert Park, 1995).

Isabella Tower akan didesain menjadi 15 lantai, sehingga untuk menambah kekakuan frame struktur dalam menahan beban lateral gempa, tower tersebut juga akan didesain menggunakan sistem ganda. Sistem ganda merupakan gabungan dari dinding geser dan rangka pemikul momen dalam menahan beban lateral dengan proporsi yang sesuai dengan rigiditas kedua elemen struktural tersebut (Mamatha L, 2016)

1.2 Perumusan Masalah

Masalah utama yang akan dibahas adalah bagaimana merencanakan struktur gedung Isabella Tower Bekasi, dengan menggunakan elemen pracetak dan *hollow core slab* dengan mempertimbangkan ketahanan struktur terhadap beban lateral?

Terdapat beberapa detail permasalahan yang akan dibahas, yakni sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan elemen beton konvensional pada struktur primer yang meliputi kolom dan *shear wall*?
2. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur gedung?
3. Bagaimana merencanakan elemen struktur sekunder yang meliputi, balok anak, tangga, dan balok lift?
4. Bagaimana merencanakan elemen struktur untuk balok pracetak?
5. Bagaimana merencanakan sistem sambungan untuk elemen pracetak?
6. Bagaimana analisis perhitungan plat lantai dengan menggunakan metode *Hollow Core Slab*?

7. Bagaimana penggambaran teknik dari hasil analisa perhitungan?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan utama yang akan dicapai adalah merencanakan serta memodifikasi terkait perencanaan dengan elemen pracetak dan *hollow core slab* dengan sistem ganda

Terdapat beberapa detail tujuan yang akan dibahas, yakni sebagai berikut:

1. Merencanakan elemen beton konvensional pada struktur primer yang meliputi kolom dan *shear wall*
2. Merencanakan elemen struktur sekunder yang meliputi, balok anak, tangga, dan balok lift
3. Memodelkan dan menganalisa struktur gedung
4. Merencanakan elemen struktur untuk balok pracetak
5. Merencanakan sistem sambungan untuk elemen pracetak
6. Menganalisis perhitungan plat lantai dengan menggunakan *hollow core slab*
7. Menggambar teknik dari hasil analisa perhitungan

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini, yakni sebagai berikut:

1. Perencanaan kolom dan dinding geser menggunakan perencanaan beton bertulang konvensional
2. Hanya memperhitungkan kekuatan struktur tanpa meninjau aspek aspek manajemen konstruksi dan arsitektural
3. Perencanaan tidak termasuk sistem utilitas, kelistrikan, dan sanitasi

4. Gedung *Isabella Tower* akan dibangun dengan tinggi 15 lantai
5. Tidak merencanakan *ramp* untuk *basement*

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari modifikasi perencanaan struktur Gedung *Isabella Tower* adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Pembaca
Pembaca dapat mengetahui alternatif desain modifikasi yang menggunakan balok pracetak dan *hollow core slab* yang mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan beton konvensional dan alternatif untuk meningkatkan sistem keamanan dan ketahanan struktur
2. Manfaat Bagi Penulis
Penulis dapat mengetahui tata perencanaan struktur gedung dengan metode balok pracetak dan *hollow core slab* dengan sistem ganda

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum Beton Pracetak

Beton pracetak merupakan seluruh atau bagian dari sebuah elemen struktur yang dicetak atau diproduksi pada suatu tempat khusus yaitu pabrik industri. Yang selanjutnya akan dipasang pada struktur yang akan dibangun. Proses produksi yang dilakukan di pabrik biasanya diproduksi dalam jumlah massal dengan bentuk dan dimensi sesuai dengan pemesanan elemen pracetak tersebut (Candy Happy Najoan, 2016). Proses pembuatan yang berada di lokasi industri mengakibatkan beton pracetak dapat menyediakan kontrol mutu tinggi, efisien dalam mengkontruksi, dan penghematan waktu serta harga.

Permasalahan utama dan bagian yang paling penting dalam beton *precast* adalah sistem sambungan yang menyatukan antara elemen-elemen beton *precast* yang terpisah menjadi suatu struktur bangunan yang utuh seperti halnya struktur beton yang monolit. Sehingga sambungan yang direncanakan terutama untuk daerah rawan gempa harus ada jaminan bahwa sambungan tersebut harus mampu menerima beban gempa rencana, harus mampu memancarkan energi gempa dan harus mempunyai kemampuan berdeformasi secara inelastis. (Jojon Suherman, 2011).

2.2 Keuntungan dan Kerugian Beton Pracetak

Keuntungan pada sistem pracetak adalah sebagai berikut:

1. Penempatan posisi sambungan pada balok yang dekat dengan muka kolom dapat membentuk komponen balok kolom pracetak yang dihasilkan akan menjadi lebih sederhana sehingga pekerjaan, penanganan, pemindahan, dan ereksi dapat

- dilakukan dengan lebih mudah dan cepat (Iswandi Imran dan Kamaludin Hanafiah, 1998)
2. Penggunaan sambungan mekanis untuk penyambungan tulangan utama dapat memperkecil kebutuhan panjang daerah sambungan pracetak (dibandingkan dengan panjang daerah yang dibutuhkan jika digunakan jenis sambungan lewatan pada beton konvensional) (Iswandi Imran dan Kamaludin Hanafiah, 1998)
 3. Nilai daktilitas pada beton pracetak relatif stabil dan mampu menahan *drift ratio* yang tinggi, sehingga dapat diandalkan pada sistem struktur yang direncanakan dengan tingkat daktilitas terbatas (Iswandi Imran dan Kamaludin Hanafiah, 1998)

Kerugian pada sistem pracetak adalah sebagai berikut: (Mrs. Neetu B. Yadav dan Mr. Rushabh A. Shah, 2013)

1. Penanganan yang akurat komponen prefabrikasi seperti panel beton atau baja dan panel kaca diperlukan.
2. Adanya pertimbangan khusus yang harus diberikan pada kekuatan dan ketahanan korosi dari penggabungan bagian prefabrikasi untuk menghindari kegagalan sambungan.
3. Biaya transportasi yang lebih tinggi untuk beton pracetak dengan volume yang besar, apabila dibandingkan dengan biaya transportasi material beton yang juga lebih mudah dalam pengemasannya

2.3 Elemen Struktur Beton Pracetak

2.3.1 Pelat

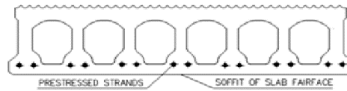
Pelat dianggap sebagai elemen yang sangat kaku untuk mendistribusikan gempa. Pada waktu pengangkutan beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total

yang diterima oleh pelat terjadi saat pelat sudah komposit. Untuk pelat pracetak, ada beberapa jenis yang umum saat ini yaitu :

1. Pelat pracetak berlubang (*Hollow Core Slab*)

Hollow core slab merupakan salah satu elemen beton pracetak, yang menggunakan sistem beton pratekan. Tak hanya itu adanya celah menerus pada plat dapat digunakan untuk mengurangi berat sendiri plat dan biaya pelaksanaan konstruksi. Plat ini terbuat dari beton berkualitas tinggi yang merupakan salah satu elemen pra fabrikasi dengan proporsi rongga yang lebih besar. Dalam praktek biasanya *hollow core slab* disambungkan dengan elemen struktur lain menggunakan senyawa *grouting*. Berbeda dengan beton konvensional, pelat *hollow core slab* memiliki banyak keuntungan, seperti menghemat bahan, kecepatan pemasangan, menurunkan biaya konstruksi bangunan, memiliki tingkat kualitas pelat yang konsisten, ketahanan api yang baik, dan sifat isolasi suara. Sebagai tambahannya *hollow core slab* dapat diaplikasikan pada bentang panjang dan dengan ketebalan yang minimum. *Hollow core slab* dapat menggunakan *strand* pratekan, dengan ketebalan plat sebesar antara 400 dan 500 mm, dengan bentang 14 hingga 18 meter dengan lebar standar 900 mm dan 1200 mm yang biasanya digunakan dalam praktek lapangan. (Simasathiem S. DanChao,S,2015)

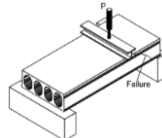
Ketika mengalami beban garis melintang yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sebelum terdapat kegagalan pada plat, zona keruntuhan tidak sepenuhnya retak, dan ketika retakan pertama muncul, keruntuhan akan terjadi secara langsung. Kegagalan ini sering disebut kegagalan geser web. (Matti Pajari, 2009)



Gambar 2.1 Pelat Pracetak Hollow Core Slab
(Sumber: Vidya Jose, Dr.P. Rajeev Kumar, 2014)



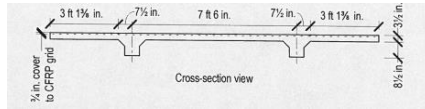
Gambar 2.2 Tampak samping pengecoran pada HCS
(Sumber: Islam M. Ezz El-Arab, 2017)



Gambar 2.3 Uji geser dengan beban transversal
(Sumber: Matti Pajari, 2009)

2. Pelat pracetak *Double Tees* dan *Single Tee*

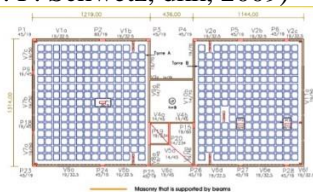
Double tees merupakan salah satu elemen pracetak yang juga menggunakan sistem *prestressed*. Plat tersebut biasanya digunakan pada bangunan gedung dan struktur parkir. Ketebalan atau bagian badan pada elemen *double tees* pada elemen pracetak ini secara longitudinal difungsikan untuk menahan lentur dan diperkuat dengan sengkang vertikal atau penguatan kawat las untuk menahan geser. Penulangan transversal pada *flens* atas secara konvensional biasanya menggunakan penguat kawat las. Hal tersebut disebabkan karena penguatan kawat las dirasa lebih efektif dari perspektif struktural. Tak hanya itu kawat las rentan dalam korosi. (Dillon Lunn, dkk, 2015)



Gambar 2.4 Pelat Double dan Single Tees
(Sumber: Dillon Lunn, dkk, 2015)

3. Waffle Slabs

Penggunaan *waffle slab* secara berangsur-angsur menjadi solusi struktural yang menarik. Sistem struktural ini dapat didefinisikan sebagai grid rusuk, dimana beban dapat didistribusikan dalam satu atau lebih, spasi yang teratur, dihubungkan oleh lempengan atas beton (Pereira, 2003). *Ribbed system* merupakan evolusi dari *solid slab*. Hal tersebut merupakan hasil dari eliminasi beton di bawah garis netral. Sehingga, terdapat pengurangan pada struktur atau *self-weight* dan penggunaan bahan yang lebih efisien, yakni berupa baja dan beton. (P. F. Schwetz, dkk, 2009)



Gambar 2.5 Ukuran geometri *waffle slab*
(Sumber: P. F. Schwetz, dkk, 2009)

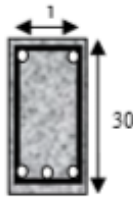
2.3.2 Balok

Sama seperti kolom, balok dapat memiliki banyak bentuk dan luas potongan melintang. Berikut beberapa bentuk balok yang biasanya sering digunakan:

1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

Pada umumnya bentuk balok beton bertulang yang sering dipakai adalah berpenampang persegi. Balok dengan penampang persegi lebih mudah dalam mendesainnya maupun dalam pelaksanaan di lapangan.

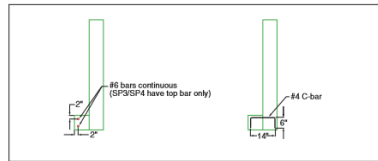
Akan tetapi apabila memperhatikan persamaan persamaan untuk menghitung kekuatan balok dalam menahan beban lentur, diperoleh kenyataan bahwa dimensi lebar balok 'b' hanya memberikan kontribusi terhadap tegangan tekan (C) di atas garis netral balok. Sedangkan di bawah garis netral, tegangan tarik balok (T) tidak tergantung pada lebar balok 'b' (Vera A. Noorhidana, 2009)



Gambar 2.6 Balok Berpenampang Persegi Panjang
(Sumber: A.Rudi Hermawan¹, Eka Sm², 2013)

2. Balok Berpenampang L (*L Shaped Beam*)

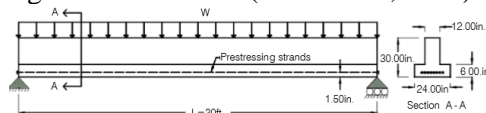
Pada penelitian sebelumnya, telah dikatakan bahwa masih perlu adanya kebutuhan untuk mempelajari perilaku beton berbentuk L pracetak dengan sistem pratekan saat diberikan berbagai kombinasi beban torsional, lentur, dan geser. Metode industri dan prosedur yang dipublikasikan bervariasi secara signifikan sehubungan dengan beberapa aspek mendasar dari desain dan detail dari elemen tersebut. Ketentuan U.S.1 dan Canadian saat ini telah memberikan kemudahan untuk merencanakan elemen tersebut, terutama untuk kompatibilitas puntir, (Tarek Hassan, Ph.D., dkk, 2013)



Gambar 2.7 Balok Berpenampang L
(Sumber: Gregory Lucier, dkk, 2013)

3. Balok Berpenampang T Terbalik (*Inverted T Beam*)

Bagian sayap dari *T-beam inverted* harus diperkuat, karena ujung *slab* bergantung pada bagian sayap. Sehingga, perlu adanya penulangan dengan kualitas tinggi seperti *fiber reinforced concrete* pada bagian sayap, apabila dibandingkan dengan metode penulangan konvensional. (Matti Lanu, 1995)



Gambar 2.8 Balok Berpenampang T Terbalik
(Sumber: Herish A. Hussein & Zia Razzaq, 2017)

2.4 Jenis Sambungan Pada Elemen Pracetak

Resistansi beban lateral pada bangunan rangka pracetak sangat bergantung pada sambungan *cast-in-situ* dari unit pracetak yang didesain untuk beban gravitasi. Meskipun banyak bangunan pracetak yang tidak rusak selama gempa bumi Northridge 1994 dan gempa Whittier 1987, kebanyakan struktur pracetak gagal pada tahun 1995 pada saat gempa bumi Kobe dan Armenia 1988 karena adanya sistem sambungan yang buruk antara elemen pracetak itu sendiri dan antara elemen pracetak dan sistem pemikul beban. (Manoj K. Joshi, C.V.R. Murty dan M. P. Jaising, 2006)

Pada penelitian sebelumnya, yakni terhadap perilaku histeretik pada daerah sambungan mengklasifikasikan ke

dalam dua kategori utama, yaitu: (Manoj K. Joshi, C.V.R. Murty dan M. P. Jaising, 2006)

- a) Sambungan basah (*wet connections*), di mana beton atau proses *grouting* baru dilakukan langsung di lokasi proyek untuk menutupi tulangan yang terbuka di daerah sambungan
- b) Sambungan kering (*dry connections*), di mana hanya koneksi mekanis yang digunakan.
Adanya perhitungan khusus pada sambungan kering difungsikan untuk mampu menahan momen dan gaya geser, menunjukkan perpindahan yang sama tetapi memiliki karakteristik disipasi energi lebih banyak dibandingkan dengan koneksi monolit.

Koneksi basah terdiri dari tiga jenis, yaitu: (Manoj K. Joshi, C.V.R. Murty dan M. P. Jaising, 2006)

- Sambungan pasca-tegangan (elemen-elemen dihubungkan dengan kabel *post-tensioning*), yang menunjukkan perpindahan lebih daktail tetapi memiliki karakteristik disipasi energi lebih sedikit. Apabila dibandingkan dengan koneksi monolit, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9
- Sambungan rebar berulir (elemen-elemen saling dihubungkan dengan baut melewati tulangan-tulangan ulir menunjukkan karakteristik disipasi energi lebih.
- Sambungan *Cast in-situ* (segmen balok dan kolom merupakan elemen pracetak dan kemudian disambung dengan sambungan pengecoran in-situ). Sambungan tipe *cast-in-situ* dapat menggunakan pengelasan penguatan atau dengan menggunakan kait 90 panjang yang memadai untuk menahan tulangan penguat di seluruh spesimen.

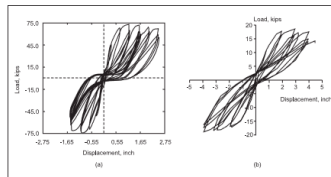


Fig 1 Hysteretic response of beam-column connection sub-assemblies under transverse loading: (a) Post-tensioned connection? (b) Connection using continuous threaded rebars and subsequent grouting?

Gambar 2.9 Respon Diagram Histeristik
(Sumber: Manoj K. Joshi, C.V.R. Murty dan M. P. Jaising, 2006)

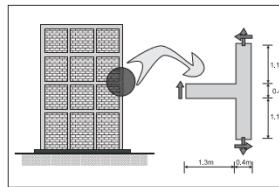


Fig 2 Exterior beam-column sub-assembly of an RC frame building, geometry and forces acting on it when it swings from right to left

Gambar 2.10 Sambungan Balok dan Kolom Eksterior
(Sumber: Manoj K. Joshi, C.V.R. Murty dan M. P. Jaising, 2006)

2.5 Sistem Struktur

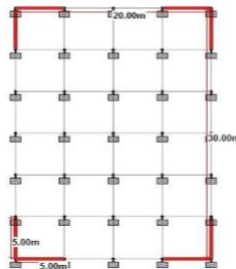
Peningkatan jumlah gedung bertingkat di daerah modern dan adanya kekhawatiran terkait bentuk struktur yang tinggi dan ramping, konsep perancangan tiap-tiap elemen struktur harus melalui pertimbangan yang matang. Hal tersebut disebabkan karena struktur yang tinggi dan ramping dapat dengan mudah terkena beban lateral gempa dan angin. (Mamatha L, 2016)

Perilaku struktur di tengah gerakan seismik secara fundamental bergantung pada bentuk umum, ukuran, geometri dan beban. Sehingga tidak sepenuhnya beban gempa akan ditahan oleh struktur bawah. Penting untuk struktur ini untuk menahan gaya lateral di sepanjang gaya vertikal. (Mamatha L, 2016)

2.5.1 Dual Systems

Sistem ganda telah diakui untuk menahan beban lateral secara efektif. Karena sistem ini merupakan kombinasi dari dua kerangka kerja yang menahan beban. Kombinasi *frame* penahan momen bersama dengan dinding geser dan *flat slabs*. Dinding geser adalah struktur yang paling sering digunakan secara vertikal yang bertindak seperti kantilever vertikal untuk melawan beban paralel dengan efektif, komponen tersebut ketika dikombinasikan memberikan eksekusi yang baik. Sehingga, struktur dengan beban vertikal (seperti struktur gedung bertingkat tinggi) yang dapat menyebabkan lonjakan tiba-tiba dalam kekuatan gempa pada tingkat diskontinuitas, dapat dihindari. Struktur yang memiliki lebih sedikit dinding atau kolom di lantai tertentu atau dengan lantai yang tinggi dan bertingkat cenderung merusak atau meruntuhkan tiap-tiap lantai. (Mamatha L, 2016)

Kombinasi antara dinding geser dan struktur rangka pemikul momen atau ranka bresing dapat menahan total gayalateral dalam proporsi yang cukup kaku atau rigid. Dengan mempertimbangkan interaksi yang terjadi antar elemen tersebut pada tiap level lantai. Namun demikian, struktur rangka pemikul momen harus mampu menahan tidak kurang dari 25% dar gaya seismik horizontal. (Mamatha L, 2016)

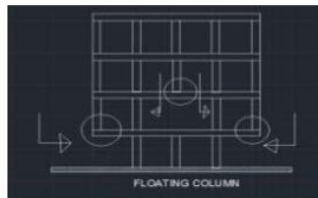


Gambar 2.11 Penempatan Posisi Dinding Geser

(Sumber: Sumit Pahwa, 2017)

2.5.2 Floating column

Floating Column merupakan elemen vertikal yang menumpu pada balok dan tidak memiliki pondasi. *Floating column* bekerja sebagai beban terpusat pada balok dan balok tersebut akan mentransfer beban ke kolom yang berada di bawahnya. Namun, kolom tersebut tidak bisa diimplementasikan secara mudah untuk prakteknya, selama kolom pada lantai akhir tidak didesain secara teliti, akan menyebabkan kegagalan struktur. (Prof. Kadam.S.S,2016)



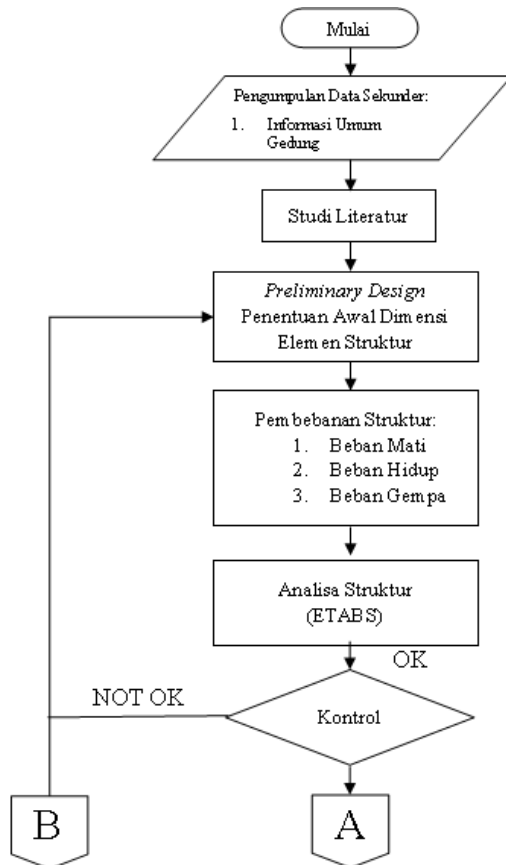
Gambar 2.12 Sistem struktur beton penahan gempa
(Sumber: Prof. Kadam.S.S, 2016)

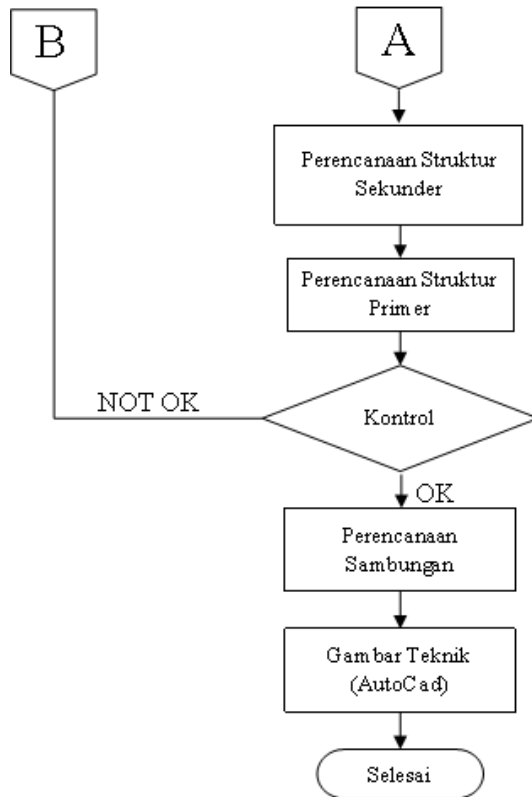
Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi ini menjelaskan mengenai urutan pengerjaan atau penyelesaian modifikasi perencanaan struktur gedung untuk tugas akhir ini. Urutan yang digunakan dapat dilihat dari Diagram alir 3.1





3.2 Data Perencanaan

Data-data sekunder untuk Gedung Isabella Tower, Bekasi yang mencakup data umum bangunan, gambar struktur, dan gambar arsitektur adalah sebagai berikut

1. Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : Isabella Tower
- Lokasi : Grand Kamala Lagoon, Bekasi

- Tipe Bangunan : Hunian
- Jumlah Lantai : 20 lantai
- Tinggi bangunan : +69.59 meter
- Struktur bangunan : Beton bertulang konvensional

Bangunan Gedung Isabella Tower, Bekasi tersebut akan dimodifikasi menggunakan elemen beton pracetak, *hollow core slab*, dan sistem ganda dengan data bangunan yang akan direncanakan sebagai berikut:

1. Data Umum Bangunan:
 - Nama Gedung : Isabella Tower
 - Lokasi : Bekasi
 - Tipe Bangunan : Hunian
 - Jumlah lantai : 15 lantai
 - Tinggi bangunan : +47.2 meter
 - Struktur bangunan : Beton pracetak
2. Data Material
 - Mutu Beton ($f'c$) = 40 Mpa (Lantai basement-Atap)
 - Modulus Elastisitas Beton = $4700(\sqrt{f'c}) = 29725.41$ Mpa
 - Baja Tulangan ulir (f_y) = 400 Mpa
 - Baja Tulangan Polos (f_y) = 240 Mpa

3.3 Studi Literatur

Dalam modifikasi perencanaan struktur Isabella Tower, Bekasi, digunakan beberapa peraturan atau standarisasi yang berlaku, yakni sebagai berikut:

1. RSNI 2847:2018 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

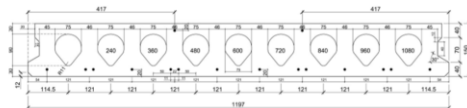
3. SNI 1726:201X tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung
4. *Hollow Core Concrete Detailing Manual*
5. *Design Reinforced Concrete 9th Edition*
6. *Pile Design and Construction Practice 4th edition*
7. Brosur Hollow Core Slab PT. Beton Elemenindo Perkasa

3.4 Preliminary Design

3.4.1 Pelat Lantai

Dalam modifikasi perencanaan struktur Isabella Tower akan digunakan elemen beton pracetak berupa *hollow core slab*, tebal pelat lantai yang digunakan adalah setebal 120 mm dengan lebar desain 1200 mm yang digunakan sesuai dengan Brosur *Hollow Core Slab* PT. Beton Elemenindo Perkasa. Panjang yang akan direncanakan adalah 8000 mm sesuai dengan denah jarak antar kolom.

PENAMPANG TEBAL 150 mm



Gambar 3.1 *Cross Section Hollow Core Slab*
(Sumber: Brosur *Hollow Core Slab* PT. Beton Elemenindo Perkasa.)

3.4.2 Balok

Dalam perencanaan elemen struktur berupa balok, terdapat tinggi minimum yang digunakan sesuai RSNI 2847:2018 9.3.3.1 yang tertera pada tabel 9.3.3.1 dan lebar balok diasumsikan sebesar $\frac{2}{3} h_{min}$ (tinggi balok)

Dimana:

Tabel 3.1 Dimensi Balok Berdasarkan Tipe dan Panjang

| Komponen Struktur | Syarat | Tertumpu sederhana | satu ujung menerus | kedua ujung menerus | kantilever |
|----------------------------------|---|--|--|--|---------------------------------------|
| Balok atau pelat rusuk satu arah | $f_y = 420$ Mpa | $\frac{l}{16}$ | $\frac{l}{18.5}$ | $\frac{l}{21}$ | $\frac{l}{8}$ |
| | selain $f_y = 420$ Mpa | $\frac{l}{16} (0.4 + \frac{f_y}{700})$ | $\frac{l}{18.5} (0.4 + \frac{f_y}{700})$ | $\frac{l}{21} (0.4 + \frac{f_y}{700})$ | $\frac{l}{8} (0.4 + \frac{f_y}{700})$ |
| | $w_c =$ 1440- 1840 $\frac{kg}{m^3}$ | $\frac{l}{16} (1.65 - 0.0003w_c)$ | $\frac{l}{18.5} (1.65 - 0.0003w_c)$ | $\frac{l}{21} (1.65 - 0.0003w_c)$ | $\frac{l}{8} (1.65 - 0.0003w_c)$ |

- H_{min} = tinggi balok minimum (mm)
- l = panjang balok (mm)

3.4.3 Kolom

Ukuran atau dimensi kolom direncanakan sesuai dengan peraturan atau standarisasi yang berlaku, yakni pada RSNI 2847:2018 dan sesuai dengan langkah pengerjaan sebagai berikut:

1. Kolom yang akan dianalisis ditentukan berdasarkan kolom yang memikul pembebanan terbesar dan selanjutnya menentukan data desain yang meliputi:
 - Tebal pelat yang menumpu kolom
 - Dimensi balok yang menumpu kolom
 - Mutu beton yang digunakan
2. Memasukkan beban-beban yang akan bekerja pada kolom
3. Perhitungan A_{perlu} dengan menggunakan persamaan

$$A_{perlu} = \frac{W}{\phi f'c}$$

Keterangan:

- A = Luas penampang kolom yang dibutuhkan (mm^2)
 W = Total beban yang menumpu kolom
 ϕ = faktor reduksi = 0.65

Cek dimensi atau ukuran kolom dengan $h = b$ lebih besar dari 300 mm serta rasio b dan h lebih kecil dari 0.4

3.4.4 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga dimulai dengan menentukan lebar dan tinggi injakan pada tangga, dengan persyaratan sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Keterangan:

t = Tinggi injakan (15 cm-20 cm)

i = Lebar injakan (26 cm -30 cm)

Sudut kemiringan pada tangga (α) harus dikontrol, yakni sebesar 25-40. Perencanaan tebal pelat tangga ditentukan sesuai dengan persyaratan perhitungan dimensi sebelumnya. Kemudian menentukan beban mati dan beban hidup yang akan bekerja pada injakan dan plat bordes. Setelah dilakukan analisis pembebanan pada kedua elemen tersebut, akan diperoleh momen maksimum dan reaksi yang bekerja pada kedua perletakan atau tumpuan sederhana. Dari perolehan momen maksimum di tengah bentang, perhitungan selanjutnya adalah penulangan utama dan penulangan sekunder pada injakan dan plat bordes.

3.4.5 Perencanaan Balok Anak

Berdasarkan analisis menggunakan pendekatan beban ekuivalen trapesium tersebut, akan diperoleh gaya dalam. Gaya dalam berupa momen, aksial, dan geser, akan menentukan kebutuhan tulangan lentur dan tulangan geser. Tulangan tersebut akan menahan pembebanan ekuivalen trapesium bersamaan dengan beton. Ketentuan terkait ketebalan balok anak sama dengan balok induk atau balok utama, yakni mengacu pada RSNi 2847:2018 9.3.3.1, yang tertera pada tabel 9.3.3.1

3.5 Permodelan dan Pembebanan Menggunakan Program Bantu ETABS

3.5.1 Penggunaan Analisa Struktur

Analisa struktur utama menggunakan program bantu ETABS untuk mengetahui gaya dalam berupa momen, aksial, dan geser yang bekerja pada tiap elemen struktur, serta defleksi yang terjadi. Akan tetapi, perlu adanya pengecekan atau kontrol ulang dalam permodelan struktur agar sesuai dengan kondisi pada lapangan.

3.5.2 Perhitungan Gaya Dalam

Untuk memperoleh gaya dalam pada analisa struktur menggunakan program bantu ETABS, diperlukan *input* data berupa:

- Bentuk dan koordinat gedung
- Spesifikasi kekuatan material beton yang digunakan
- Pembebanan struktur
- Kombinasi pembebanan
- Respon spektrum gempa sesuai wilayah didirikannya gedung

3.5.3 Kontrol Permodelan Struktur

3.5.3.1 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai dengan SNI 1726:201X . Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari tabel 17 dan perioda fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan Tabel 18 SNI 1726:201X, Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan Tabel 18 SNI 1726:201X,

$$T_a = C_t \times h_n^*$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur, dalam satuan (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 17

Tabel 3.2 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung

| Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1} | Koefisien C_x |
|---|-----------------|
| ≥ 0.4 | 1.4 |
| 0.3 | 1.4 |
| 0.2 | 1.5 |
| 0.15 | 1.6 |
| ≤ 0.1 | 1.7 |

Tabel 3.3 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

| Tipe Struktur | Koefisien C_t | x |
|----------------------------|-----------------|-----|
| Rangka beton pemikul momen | 0.0466^α | 0.9 |

3.5.3.2 Kontrol Skala Gaya Dinamis

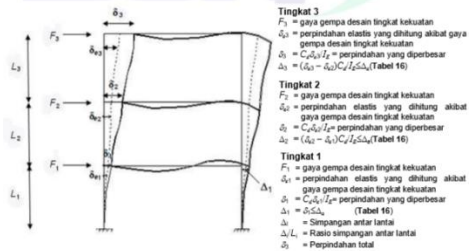
Berdasarkan peraturan SNI 1726:201X pasal 7.9.1.4.1. periode fundamental yang apabila dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ sebagai pengganti dari T dalam arah tersebut. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 100% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $\frac{V}{V_t}$

Keterangan:

V = geser dasar prosedur gaya lateral ekuivalen

V_t = geser dasar dan kombinasi ragam yang disyaratkan

3.5.3.3 Kontrol Defleksi Bangunan



Gambar 3.2 Gambar Simpangan bangunan
 (Sumber: SNI 1726:201X)

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) seperti yang ditentukan pada SNI 1726:201X pasal 7.12.1. tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_α) seperti didapatkan dari tabel berikut, untuk semua tingkat.

Tabel 3.4 Simpangan antar Lantai Ijin, $\Delta_\alpha^{a,b}$

| Struktur | Kategori Resiko | | |
|--|-----------------|---------------|---------------|
| | I atau II | III | IV |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat | $0.025h_{sx}^c$ | $0.020h_{sx}$ | $0.015h_{sx}$ |

a: h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x

b: untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan pada SNI 1726:201X pasal 7.12.1

c; Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam pasal 7.12.3 tidak diabaikan

d: Struktur dimana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapadiabaikan.

3.6 Pembebanan Struktur

3.6.1 Jenis Beban

3.6.1.1. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang besarnya konstan yang tetap dalam posisi satu. Beban tersebut termasuk berat struktur yang dipertimbangkan serta setiap perlengkapan yang secara permanen melekat pada elemen struktur tersebut. Untuk bangunan beton bertulang, beberapa beban mati adalah rangka, dinding, lantai, langit-langit, tangga, atap, dan pipa.

Untuk mendesain struktur, perlu untuk mempertimbangkan berat sendiri atau beban mati dari berbagai bagian yang akan diestimasi untuk digunakan dalam analisis. Ukuran dan berat yang telah ditentukan sebelumnya dari perencanaan aslinya, harus dibandingkan dengan perkiraan berat sendirinya. Jika ada perbedaan besar, perlu dilakukan pengulangan analisis dan desain dengan menggunakan berat perkiraan yang lebih baik. (*Design Reinforced Concrete 9th edition*)

Tabel 3.5 Jenis dan Besar Beban Mati

| Jenis Beban | Besar Beban |
|---------------------|-----------------------|
| Plafon | 11 Kg/m ² |
| Penggantung Plafon | 7 Kg/m ² |
| Lantai | 24 Kg/m ² |
| Spesi | 21 Kg/m ² |
| Dinding Bata Ringan | 250 Kg/m ² |

3.6.1.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang dapat berubah dalam besaran dan posisi. Mereka termasuk beban hunian, bahan

gudang, beban konstruksi, derek servis di atas, beban pengoperasian peralatan, dan banyak lainnya. Secara umum, mereka diinduksi oleh gravitasi. (*Design Reinforced Concrete 9th edition*)

Dalam tugas akhir ini perencanaan beban hidup, berdasarkan SNI 1727:2013. Tabel 4-1 untuk beban hidup terdistribusi minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum, yakni sebagai berikut:

1. Hunian tempat tinggal : 1.92 KN/m²
2. Atap datar : 0.96 KN/m²

3.6.1.4 Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2017 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, berikut analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:201X:

1. Penentuan Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung, sesuai dengan Tabel 1 SNI 1726:201X
2. Menentukan parameter percepatan respons spektral MCE pada Periode Pendek (S_s) untuk Kota Bekasi, sesuai peta gempa pada periode pendek dengan redaman 5% dan parameter percepatan respons spektral MCE pada Periode 1 detik (S_1) untuk Kota Bekasi, sesuai peta gempa pada periode 1 detik.

Setelah menghitung parameter percepatan respons spektral percepatan gempa, grafik respon spektrum dapat dibuat berdasarkan persyaratan SNI 1726:201X pasal 14.2.2.1

$$T < T_0, S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$T_0 \leq T \leq T_s, S_a = S_{DS}$$

$$T > T_s, S_a = \frac{SD1}{T}$$

Keterangan:

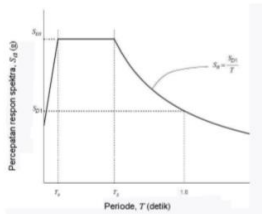
S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

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

T = Periode fundamental struktur

$$T_0 = 0.2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$



Gambar 3.3 Diagram Respons Spektrum

3. Menentukan Koefisien Situs untuk Periode Pendek (Pada Periode 0.2 detik) (F_a), sesuai Tabel SNI 1726:201X
4. Menentukan parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik (S_{M1}) dan Menentukan Parameter Percepatan Respons Spektral pada Periode 1 Detik, redaman 5% (S_{D1})

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

5. Menentukan parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek (S_{MS}) dan Menentukan Parameter Percepatan Respons Spektral pada Periode pendek, redaman 5% (S_{DS})

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

6. Menentukan faktor keutamaan dan kategori resiko bangunan gedung
 - a.) Kategori resiko bangunan

kategori resiko bangunan yang terdapat pada tabel 1 SNI 03-1726-201X, untuk gedung yang akan dimodifikasi termasuk kategori resiko II

b.) Faktor Keutamaan

Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa

| Kategori Resiko | Faktor Keutamaan Gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1.00 |
| III | 1.25 |
| IV | 1.50 |

(Sumber: SNI 1726:201X)

7. Menentukan Menentukan Kategori Desain Seismik untuk memilih faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (C_d) dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:201X, pasal 7.2.2

Berdasarkan *Tabel 6 SNI 03-1726-201X*

Tabel 3.7 faktor koefisien R , faktor C_d dan faktor Ω_0

| Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan | | | |
|--|-------|----------------|----------------|
| Sistem penahan gaya seismik | R^a | Ω_0^g | C_d^b |
| Dinding geser beton bertulang khusus | 7 | $2\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{2}$ |

(Sumber: SNI 1726:201X)

8. Analisis Gaya Lateral Ekuivalen
a. Menentukan Koefisien Respon Gempa, C_s

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

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = Faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

- b. Menentukan Berat Seismik Efektif Bangunan, W

- c. Menentukan geser dasar seismik total di dasar struktur

$$V = C_s \times W$$

3.6.2 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 Tabel 5.3.1, kombinasi pembebanan pada struktur adalah sebagai berikut:

1. $U = 1.4D$
2. $U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_c \text{ atau } R)$
3. $U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W)$
4. $U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_c \text{ atau } R)$
5. $U = 1.2D + 1.0E + 1.0L$
6. $U = 0.9D + 1.0W$
7. $U = 0.9D + 1.0E$

Keterangan:

1. U : Beban Ultimate
2. D : Beban Mati
3. W : Beban Angin
4. E : Beban Gempa
5. R : Beban Air Hujan
6. L : Beban Hidup
7. L_r : Beban Hidup Atap

3.7 Perencanaan Struktur Utama

3.7.1 Penulangan Balok

Perencanaan penulangan balok untuk struktur primer dan sekunder mengacu pada RSNI 2847:2018 pasal 25

3.7.1.1 Perencanaan Tulangan Lentur pada Balok

Berikut tahapan perencanaan dalam penulangan lentur pada balok induk:

1. Penentuan data-data yang akan digunakan, yakni d (tinggi efektif beton), f_y (kuat leleh tulangan baja), f'_c (kuat tekan beton), dan M_u (momen *ultimate*)
2. Menentukan nilai β_1 , sesuai dengan RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3, yakni sebagai berikut:

$$f'_c \geq 28 \text{ Mpa}, \beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28 \text{ Mpa}}{7} \right) \geq 0.65$$

3. Menentukan batasan tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang telah disyaratkan sebagai berikut:

$$\rho b = \frac{0.85 \beta_1 f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} < 0.025$$

RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1

$$\rho_{max} = 0.75 \rho b$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y}$$

(RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

(RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)

4. Menentukan Nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c}$$

5. Menentukan Nilai Faktor Penahan Lentur (Rn)

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2}$$

dengan harga $\phi = 0.9$

6. Perhitungan rasio tulangan yang digunakan dalam desain, adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R_n}{f_y}} \right)$$

Dengan syarat, $\rho < \rho_{pakai} < \rho_{max}$

7. Menghitung Luas Tulangan (As perlu) berdasarkan ρ yang telah didapat dari perhitungagn sebelumnya, yakni sebagai berikut:

$$A_s = \rho x b x d$$

8. Menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan berdasarkan As perlu

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} x \pi x \phi^2}$$

9. Menghitung Jarak Tulangan yang dibutuhkan, yakni sebagai berikut:

$$s = \frac{b - n x D - 2 x d - 2 \phi S}{n - 1}$$

3.7.1.2 Penulangan Geser Balok

1. Penulangan Geser pada Daerah Tumpuan

Untuk pemasangan tulangan geser pada daerah sendi plastis (sepanjang $2h$ dari muka kolom), dilakukan analisis perhitungan sebagai berikut:

a.) Menghitung momen ujung pada tiap tumpuan

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times be}$$

$$M_{pr} = As \times (1.25 \times fy) \times (d - \frac{a}{2})$$

b.) Menghitung Gaya Geser Total

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{Ln}$$

Dengan diasumsikan, bahwa beton tidak menahan gaya geser, sehingga

$$V_c = 0$$

$$V_n = V_e \text{ maksimum}$$

c.) Perhitungan tulangan geser yang diperlukan

$$V_s = \frac{V_n}{\phi}$$

$$V_{smaks} = \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{f'c}$$

Cek $V_s < V_{smaks}$

$$A_v = \text{Jumlah kaki tulangan transversal} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$s = \frac{A_v \times fy \times d}{V_s}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.4 Jarak tulangan sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari syarat berikut:

$$s < \frac{d}{4}$$

$$s < 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

2. Penulangan Geser Lapangan

Untuk pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (di luar $2h$), terdapat analisis perhitungan sebagai berikut:

$$V_u \text{ lapangan} = V_n - (2xh)$$

$$\phi V_s \min = 0.75 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Cek kondisi:

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c$$

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s\min})$$

$$A_v = \text{Jumlah kaki tulangan transversal} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A_v \min = \frac{b \times s}{3 \times f_y}$$

Dengan syarat jarak sengkang maksimum

$$S \max \leq \frac{d}{2}$$

3.7.1.3 Penulangan Torsi

- Pengaruh adanya torsi harus diperhitungkan berdasarkan apabila:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \times \left(\frac{A_c p^2}{P_c p^2} \right)$$

RSNI 2847:2018 tabel 22.7.4.1

- Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n$$

RSNI 2847:2013 Pasal 22.7.5.1

- Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \times A_0 \times A_t \times f_y}{s} \times \cot \theta$$

RSNI 2847:2018 pasal 22.7.6.1

Keterangan:

T_u= Momen torsi terfaktor

T_n= Kuat momen torsi

T_c= Kuat torsi nominal beton

T_s= Kuat torsi nominal geser (sengkang)

A₀= Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm²)

3.7.2 Penulangan Kolom

Penulangan kolom dilakukan untuk menahan adanya momen lentur, geser, dan torsi yang disyaratkan sesuai SNI 2847:2018, pasal 18

Berikut langkah-langkah perhitungan analisis penulangan kolom:

1. Perencanaan tulangan memanjang kolom

a.) Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom

$$0.01 A_g \leq A_{st} \leq 0.06 A_g$$

RSNI 2847:2018 pasal 18.7.4.1,

b.) Kontrol kapasitas beban aksial

$$\phi P_n \text{ maks} = 0.8 \times \phi \times 0.85 \times f'_c x (a_g - A_{st}) + (f_y \times A_{st})$$

Cek, $\phi P_n \text{ maks} > P_{\text{maks}}$

2. Kontrol persyaratan “*Strong column weak beam*”

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.3.2 disyaratkan bahwa:

$$\Sigma M_{nc} \geq (1.2) \Sigma M_{nb}$$

Keterangan:

ΣM_{nc} = momen kapasitas kolom

ΣM_{nb} = momen kapasitas balok

3. Penentuan daerah sendi plastis

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.5.3 panjang l_0 , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$l_0 \geq h \text{ kolom}$$

$$l_0 \geq \frac{1}{6} \times l_n$$

$$l_0 \geq 450 \text{ mm}$$

Dimana s tidak boleh melebihi batasan berikut:

$$s < \frac{1}{4} \text{ dimensi kolom minimum}$$

$$s < 6 \times \text{diameter tulangan longitudinal}$$

$$s < 100 + \frac{350-h}{3}$$

4. Perhitungan pengeangan kolom di daerah sendi plastis

Berdasarkan RSNI 2847:2018 Pasal Tabel 18.7.5.4: luas penampang total tulangan sengkang persegi Ash, tidak boleh kurang dari batasan berikut:

$$Ash = 0.3 \frac{s \times bc \times f'c}{fyt} \left(\left(\frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right)$$

$$Ash = 0.9 \frac{s \times bc \times f'c}{fyt}$$

Keterangan:

S = jarak tulangan transversal

Bc = dimensi potongan melintang dari inti kolom, yang diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

Ag = luasan penampang kolom (mm)

Ach = luasan penampang kolo diukur dari daerah tulangan transversal (mm)

Fyt = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

5. Menghitung kebutuhan tulangan geser

Gaya geser yang bekerja pada kolom (V_u) ditentkan dari besarnya M_{pr+} dan M_{pr-} terhadap balok yang menyatu dengan kolom tersebut

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times be}$$

$$M_{pr} = As \times (1.25 \times fy) \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{Ln}$$

Besarnya V_u harus dikomparasikan dengan nilai V_c , yakni gaya geser yang diperoleh dari M_{pr} kolom yang diperoleh denfan program bantu SPColumn. Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah memiliki nilai yang sama sehingga diperoleh perumusan sebagai berikut:

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr}}{Ln}$$

Cek $V_e > V_u$

Berdasarkan RSNI 2847:2018, nilai V_c diasumsikan 0, apabila memenuhi persyaratan berikut:

$$50\% V_e > V_u$$

$$Pu < \frac{Ag \times f'c}{20}$$

Apabila tidak memenuhi persyaratan di atas, maka $V_c \neq 0$, sehingga berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 22.5.6.1 untuk komponen struktur yang terkena beban aksial berlaku persyaratan berikut:

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{Nu}{14 Ag} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times bw \times s \times d$$

Besarnya V_s ditentukan berdasarkan Ash terpasang

$$V_s = \frac{As \times fy \times d}{s}$$

Cek $\phi(V_c + V_s) > V_u$

Berdasarkan RSNI 2847:2018, Sisa panjang kolom di luar sendi plastis (l_o) harus dipasang Jarak tulangan sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari syarat berikut:

$$S < \frac{d}{2}$$

$S < 6$ kali diameter tulangan longitudinal

$S < 150$ mm

6. Menghitung panjang lewatan pada sambungan tulangan kolom

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.2.2 untuk tulangan $\geq D22$, maka

$$ld = \left(\frac{fy \times \psi_1 \times \psi_2}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \right) db$$

Keterangan:

$\psi_1 = 1$ (tidak berada di atas lapisan beton setebal 300 mm)

$\psi_2 = 1$ (tidak dilaisi epoksi)

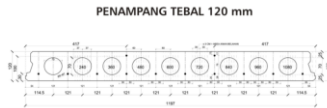
$\lambda = 1$ (beton berat normal)

3.7.3 Perencanaan dan Kontrol Hollow Core Slab

Plat pracetak seperti *hollow core slab* biasanya didesain menggunakan tumpuan sedrhana dan didesain menggunakan sistem plat satu arah. Penulangan dalam bentuk tendon post tension diletakkan di bawah elemen pracetak untuk menahan momen positif yang terjadi. Penulangan atas biasanya

digunakan untuk menahan retak lentur pada saat pemasangan dan penyusutan akibat perubahan temperatur. (Elliot, 2002)

Pada perencanaan modifikasi ini, akan digunakan *hollow core slab* berdasarkan Brosur *Hollow Core Slab* PT. Beton Elemenindo Perkasa. Dengan spesifikasi sebagai berikut



Gambar 3.4 *Cross Section hollow core slab*

(Sumber: PT. Beton Elemenindo Perkasa.)

Tabel 3.8 Spesifikasi Hollow Core Slab

| | |
|--------------|-----------------------|
| Slab Code | F220.5 |
| Design Width | 1197mm |
| Area | 336 kg/m ² |
| Rongga | 26% |
| Self Weight | 209 Kg/m ² |

3.7.3.1 Kontrol Kuat *Web Shear Cracking Hollow Core Slab*

$$V_{cw} = (0.29 \lambda x \sqrt{f'_c} + 0.3f_{pc}) x bw x dp + Vd$$

ACI-22.5.8.3.1a

Dengan dp tidak boleh diambil kurang dari 0.8 h

Keterangan:

F'_c = Kuat tekan beton

F_{pc} = kuat tekan

I = pusat bidang elemen untuk menahan beban eksternal setelah adanya kehilangan prategang

V_p = komponen vertikal dari pratekan efektif

3.7.3.2 Kontrol Kuat *Flexural Shear Cracking Hollow Core Slab*

Kekuatan geser lentur V_{ci} harus lebih besar dari kedua persamaan berikut, yakni:

$$Vci = 0.05 \lambda x \sqrt{f'c} x bw x dp + Vd + \left(\frac{Vi Mcre}{Mmax} \right)$$

ACI-22.5.8.3.1a

$$Vci = 0.05 \lambda x \sqrt{f'c} x bw x d$$

ACI-22.5.8.3.1b

Dengan d tidak boleh diambil kurang dari 0.8 h. Harga M maksimum dan Vi harus dihitung dari pembebanan kombinasi momen terfaktor yang terjadi pada plat, dan Mcre (momen yang menyebabkan *flexural cracking* untuk beba kerja eksternal). Harus diperhitungkan melalui persamaan berikut: (Islam Ez, 2017)

$$Mcre = (0.5 \lambda x \sqrt{f'c} + fpe - fd) \left(\frac{l}{yt} \right)$$

(ACI-22.5.8.3.1c)

3.7.4 Perencanaan dan Penulangan Dinding Geser

Berikut langkah perhitungan penulangan dinding geser, yakni sebagai berikut:

1. Berikut ketentuan-ketentuan khusus untuk dinding geser penahan gempa

- a.) Apabila menggunakan paling sedikit dua tirai tulangan, maka

$$Vu > 0.17 Acv x \lambda x \sqrt{f'c}$$

RSNI 2847:2018 pasal 18.10.2.2

Keterangan Acv= Luas netto yang dibatasi oleh panjang dan tebal penampang dinding

- b.) Cek batas kuat geser

$$Vu < \phi Acv(ac x \lambda x \sqrt{f'c} + pt x fy)$$

RSNI 2847:2018 pasal 18.12.9.1

Keterangan:

$$ac = 0.17 - 0.25 \text{ untuk } \frac{hw}{lw} = 1.5 - 2.0$$

2. Analisis kapasitas *boundary element*

- a.) Dinding geser harus diberikan *boundary element* apabila

$$C > \frac{lw}{600 \frac{\delta u}{hw}}$$

$$\text{Dengan } \frac{\delta u}{hw} > 0.007$$

RSNI 2847:2018 pasal 18.10.6.2

b.) Rasio *boundary element* harus memenuhi persyaratan berikut

$$\rho_s = 0.12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right)$$

$$\rho \text{ terpasang} = \left(\frac{A_s}{b \times d} \right)$$

$$\rho \text{ terpasang} > \rho_s$$

RSNI 2847:2018 pasal 11.6.2

3.8 Perencanaan Sambungan

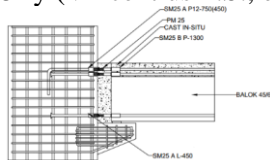
Kelemahan dari penggunaan elemen pracetak pada struktur terletak pada sambungan antar elemennya. Sehingga kekuatan sambungan elemen pracetak kurang mampu memberikan performa terbaiknya dalam menahan beban terutama beban gempa. Mengingat Indonesia terletak pada kawasan Ring of Fire, oleh karena itu sangat dibutuhkan metode sambungan elemen pracetak yang memiliki performa yang ekuivalen dengan elemen monolit beton konvensional.

3.8.1 Sambungan Balok Kolom

Untuk menahan beban gempa, direncanakan menggunakan sambungan basah (*wet joint*). Sehingga sambungan balok dan kolom akan berperilaku seperti balok kolom monolit pada umumnya. Sehingga, sambungan akan dirasa cukup kuat dalam menahan beban lateral. (Breccoloti, 2016)

Sambungan balok ke kolom menggunakan bantuan perancah atau scaffolding dengan jarak 0.25 dari panjang balok pada masing-masing ujungnya dan konsol pendek. Tulangan atas dan tulangan bawah menggunakan Modix

Coupler yang diproduksi oleh Peikko Group dengan kontrol kemampuan tarik 1.25 fy (Vincentius F.S., dkk, 2018)



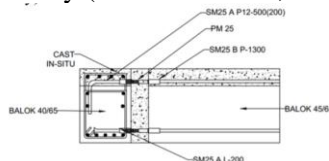
Gambar 3.5 Konsol Pendek Sambungan Balok dan Kolom
(Sumber: Vincentius F.S., dkk, 2018)

Tak hanya itu, desain perancangan sambungan untuk balok dan kolom ini, menggunakan konsol pendek, yang berdasarkan pada RSNi 2847:2018 pasal 16.5 untuk ketentuan braket (*brackets*) dan korbel

3.8.2 Sambungan Balok Utama-Balok Anak

Balok anak menumpu pada tepi balok induk dengan syarat panjang landasan yakni minimal $1/180$ bentang bersih atau l_n pada komponen plat pracetak, dan juga tidak dianjurkan untuk kurang dari 75 mm.

Untuk menjadi suatu komponen struktur yang kokoh dan terintegrasi, baik tulangan positif maupun negatif dirancang secara menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya terdapat RSNi 2847:2018 pasal 25.3.4.1. Serta dalam perancangan digunakan konsol pendek pada balok induk. Tulangan positif dan negatif menggunakan Modix Coupler yang diproduksi oleh Peikko Group dengan kontrol kemampuan tarik 1.25 fy (Vincentius F.S., dkk, 2018)

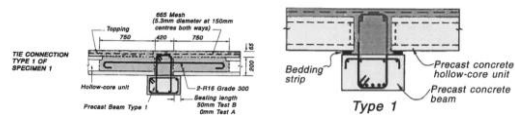


Gambar 3.6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak
(Sumber: Vincentius F.S., dkk, 2018)

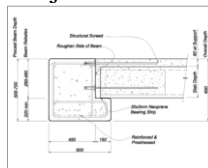
3.8.3 Sambungan Balok Pelat

Berikut beberapa cara yang dapat digunakan dalam sambungan antara balok dan plat:

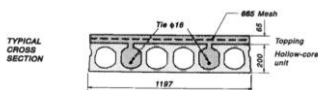
1. Pemasangan *shear connector* pada *Hollow Core Slab* dengan bentang lebih dari 3 m, shear connector berupa tulangan ulir D10 yang dipasang pada lubang joint
2. Pemberian *cover* atau *topping* atas dengan beton cor di tempat



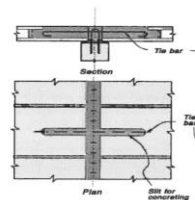
Gambar 3.7 Sambungan HCS dengan Balok Tengah
(Sumber: J. C. Mejia-McMaster, 1994)



Gambar 3.8 Sambungan HCS dengan Balok Ujung
(Sumber: *Hollow Core Concrete* PTY LTD, 2004)



Gambar 3.9 Cross Section
Sambungan Plat
(Sumber: J. C. Mejia-McMaster, 1994)



Gambar 3.10 Tampak Atas
Sambungan Plat
(Sumber: J. C. Mejia-McMaster, 1994)

Berikut merupakan *detailing* beton pracetak berdasarkan RSNI 2847:2018:

- a.) Setiap komponen struktur dan sistem penumpunya harus mempunyai dimensi desain yang dipilih sehingga, setelah peninjauan toleransi, jarak dari tepi tumpuan ke ujung komponen struktur pracetak dalam arah bentang paling sedikit $l_n/180$, tetapi tidak kurang dari:
- Untuk slab masif atau inti berongga 50 mm
 - Untuk balok atau komponen struktur bertangkai 75 mm
- b.) Lembaran tumpuan pada tepi yang tidak ditumpulkan harus ditempatkan mundur minimum sebesar 13 mm dari muka tumpuan atau paling sedikit dimensi keprasan (*chamfer*) pada tepi yang dikepras (*chamfered*)



Gambar 3.11 Detailing Beton Pracetak
(Sumber:RSNI 2847:2018)

3.9 Perencanaan Basement

Dinding yang digunakan untuk basement harus didesain dengan kuat dan mampu menahan tekanan tanah dan air, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan *retaining wall*. Namun pada tugas akhir ini, tekanan tanah dan air sepenuhnya ditahan oleh dinding basement, sehingga analisis perhitungan tidak menggunakan desain *retaining wall*. Perencanaan dinding basement didesain dengan material beton bertulang yang dicor di tempat sesuai dengan RSNI 2847:2018, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Ketebalan Dinding
Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 14.3.1.1, tebal dinding basement eksterior dan dinding fondasi tidak boleh kurang dari 190 mm
2. Penulangan Dinding

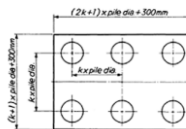
Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 14.1.4 untuk penggunaan beton polos pada fondasi tapak dan dinding basement.

3.10 Perencanaan Pondasi Tiang

Untuk konstruksi gedung bertingkat biasanya menggunakan pondasi dalam yang berupa pondasi tiang pancang dan *bore pile*. Perencanaan pondasi untuk gedung ini, akan menggunakan pondasi tiang pancang. Berikut tahapan pengerjaan untuk perencanaan pondasi tiang pancang:

- a.) Menentukan data perencanaan, yakni berupa diameter tiang pancang dan jarak atau spasi pada tiang pancang. Berikut persyaratan untuk jarak antar tiang pancang:

$$2.5D \leq S \leq 5D$$



Gambar 3.12 Konfigurasi Spun Pile pada *Pile Cap*
(Sumber: *Pile Design and Construction 4th Edition*)

- b.) Mengolah data tanah dari data SPT yang telah diperoleh, berikut tahapan-tahapan untuk koreksi data SPT

1. Koreksi terhadap muka air tanah

$$N1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15), \text{ (Terzaghi and Peck, 1960)}$$

$$N1 = 0.6 N \text{ (Bazaraa, 1967)}$$

Harga $N1$ dipilih harga yang terkecil, dengan syarat untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar, dan $N < 15$, tidak ada koreksi. Sehingga $N1 = N$

2. Koreksi terhadap *overburden pressure*

$$N2 = \frac{4 N1}{1 + 0.4 p_n}, \text{ bila } P_n \leq 7.5 \frac{t}{m^2}$$

Atau

$$N2 = \frac{4 N1}{3.25 + 0.1 P_n} \text{ bila } P_n > 7.5 \frac{t}{m^2}$$

Keterangan:

P_n = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan atau kedalaman yang ditinjau

Dan disyaratkan harga $N_2 \leq 2 N_1$, apabila pada koreksi terdapat $N_2 \leq 2 N_1$, dibuat $N_2 = N_1$

3. Perhitungan daya dukung tiang pancang

$$P_{ult} = C_n A_{ujung} + \sum C_{li} A_{si}$$

Keterangan:

C_{li} = Hambatan geser selimut tiang pada segmen i

C_{li} = f_{si}

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen $i = O_i \times h_i$

O_i = Keliling tiang

C_n ujung = 40 N koreksi

Dimana,

N koreksi = harga rata-rata N_2 4D di bawah ujung sampai dengan 8 D di atas ujung tiang

$C_{li} = f_{si}$ = untuk tanah lempung atau lanau bernilai $\frac{N}{2} \frac{t}{m^2}$

Untuk tanah pasir bernilai $\frac{N}{5} \frac{t}{m^2}$

Sehingga,

$$P_{ult \text{ tiang}} = 40 N A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2} \times A_{si}$$

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}, \text{ biasanya } SF = 3$$

4. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$$n = \frac{\sum P_u}{P_{ijin}}$$

5. Perhitungan gaya maksimum yang dipikul satu tiang dalam kelompok dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_i = \frac{\sum V_o}{n} \pm \frac{M_x o Y_{max}}{\sum D y_i} \pm \frac{M_y o Y_{max}}{\sum D x_i}$$

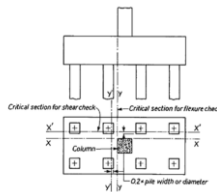
Keterangan:

P_i = Gaya aksial satu tiang pancang (ton)

$\sum V_o$ = Jumlah beban vertikal (ton)

n = jumlah tiang pancang

- M_{x0} = momen yang bekerja di dasar *pile cap* dalam arah sumbu x
 M_{y0} = Momen yang bekerja di dasar *pile cap* dalam arah sumbu y
 D_{xi} = Jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kelompok tiang searah sumbu x
 D_{yi} = Jarak dari sumbu tiang ke titik berat dalam suatu susunan kelompok tiang (m)
 X_{max} = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang (m)
 Y_{max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang (m)



Gambar 3.13 Momen Lentur dan Gaya Geser

(Sumber: *Pile Design and Construction 4th Edition*)

- Menghitung faktor efisiensi tiang pancang dalam kelompok dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_k = 1 - \tan^{-1} \frac{D}{S} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right)$$

Keterangan:

E_k = Efisiensi tiang pancang dalam kelompok

D = Diameter tiang pancang (m)

S = Jarak tiang pancang terkecil (m)

n = jumlah tiang pancang dalam baris

m = jumlah tiang pancang dalam kolom

P_{ult} = Efisiensi tiang x P_u 1 tiang berdiri

- Kontrol Kekuatan tiang
 $P_{ult} \geq P_{perlu}$
- Kontrol Geser Ponds pada Poer

Untuk merencanakan ketebalan poer diperlukan persyaratan dimana kuat nominal pada poer harus lebih besar daripada gaya geser pons yang terjadi pada poer tersebut. poer yang direncanakan berbahan material beton. Sehingga kuat geser pons yang didapatkan dari beton harus diambil paling kecil dari persamaan-persamaan berikut, yakni:

$$Vc = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda x \sqrt{f'c} x bw x d$$

$$Vc = 0.083 \left(2 + \frac{\alpha_s x d}{bo}\right) \lambda x \sqrt{f'c} x bo x d$$

$$Vc = 0.33 \lambda x \sqrt{f'c} x bo x d$$

Keterangan:

β = perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

bo = keliling penampang kritis pada poer ($2 \times (b_{kolom} + d)$)

$\alpha_s = 30$ untuk kolom tepi

40 untuk kolom tengah

20 untuk kolom pojok

Sehingga, $\phi Vc > Pu$

3.11 Metode Pelaksanaan Konstruksi Gedung Pracetak

Metode yang digunakan adalah metode horizontal terkait dalam penyatuan elemen pracetak satu sama lain dan pelaksanaannya tiap satu lantai dengan arah horizontal bangunan. Berikut metode pelaksanaan konstruksi gedung pracetak:

1. Penggalian Tanah

Penggalian tanah ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk perencanaan basement dan pondasi, penggalian menggunakan alat konstruksi berupa *backhoe*

2. Pemasangan Pondasi

Pondasi yang digunakan merupakan pondasi tiang pancang atau spun pile, dalam proses pemancangannya, alat yang digunakan adalah *hydraulic hammer*. Tiang pancang

tersebut akan dipancang dengan kedalaman tertentu sesuai hasil tes NSPT pada lokasi proyek

3. Penulangan dan Pengecoran Basement

Dalam perencanaan basement, setelah pengecoran *pier head* dilakukan pemasangan tulangan-tulangan untuk kolom dan dinding basement serta dilanjut dengan pemasangan bekisting. Pekerjaan beton untuk basement dilakukan dengan pengecoran in-situ

4. Penulangan dan Pengecoran Kolom

Perencanaan kolom menggunakan beton dengan pengecoran in-situ. Sebelum dilakukan pengerjaan pengecoran, perlu adanya pekerjaan pemasangan tulangan transversal dan longitudinal serta pemasangan bekisting kolom. Setelah beton mengeras, bekisting dapat dilepas.

5. Pengangkatan Balok Pracetak

Proses percetakan elemen pracetak dilakukan di luar lokasi proyek. Pada saat pengangkatan, beban gravitasi balok bekerja. Sehingga balok pracetak yang ditumpu oleh angkur menghasilkan momen di tengah bentang dan di tumpuan. Oleh karena itu perlu adanya kontrol terhadap kekuatan angkur dan kekuatan lentur balok pracetak

6. Pemasangan Balok Induk ke Kolom

Penyambungan balok induk ke kolom menggunakan konsol pendek dan tulangan balok yang dijangkarkan atau dilewatkan ke tulangan kolom. Setelah itu pada bagian atas dilakukan pengecoran untuk menjadikan satu kesatuan yang monolit. Serta menggunakan satu perancah yang diletakkan pada tengah bentang balok

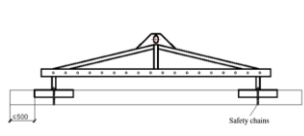
7. Pemasangan Balok Anak ke Balok Induk

Penyambungan balok anak ke balok induk menggunakan konsol pendek dan tulangan balok yang dijangkarkan atau dilewatkan ke tulangan balok induk. Setelah itu pada bagian atas dilakukan pengecoran untuk menjadikan satu kesatuan yang monolit. Serta menggunakan

dua buah *scaffolding* yang dipasang pada 0.25L dari ujung-ujung balok

8. Pengangkatan *Hollow Core Slab*

Pengangkatan pelat menggunakan mobile crane, dimana akan menyebabkan berat sendiri akan bekerja dan dapat menimbulkan momen pada tengah bentang. Oleh karena itu, untuk meminimalkan besarnya momen maka dapat digunakan balok angkat. Titik angkat yang digunakan adalah sebanyak dua titik



Gambar 3.14 Titik Angkat *Hollow Core Slab*
(Sumber: Consolis Betonika, 2008)

9. Pengecoran Overtopping pada *Hollow Core Slab*

Setelah dilakukan penulangan pada bagian sambungan, perlu adanya pekerjaan pengecoran pada bagian atas balok induk dan balok anak yang berfungsi sebagai perekat sambungan agar menjadi satu kesatuan yang monolit.

3.12 Gambar Teknis dari Hasil Analisis Perhitungan

Setelah melakukan analisis perhitungan, diperlukan adanya gambar teknis yang mendukung hasil perhitungan tersebut. Proses penggambaran menggunakan program bantu Auto Cad. Sehingga hasil gambar merupakan bentuk realisasi perhitungan yang telah direncanakan. Hasil gambar akan tertera pada lampiran.

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Umum

Preliminary design merupakan suatu proses perencanaan atau desain awal dalam menentukan besarnya dimensi elemen-elemen struktur yang akan digunakan dalam tahapan analisa struktur selanjutnya. Perencanaan dimensi tersebut berdasarkan standarisasi atau peraturan terbaru yang berlaku. Elemen-elemen struktur yang direncanakan meliputi, balok anak, pelat, balok induk, dinding geser, dan kolom. Sebelum melakukan proses perencanaan dimensi awal, perlu adanya untuk menghitung beban yang akan diterima elemen struktur tersebut khususnya pada perencanaan dimensi kolom.

4.2 Data Perencanaan

Sebelum melakukan analisis perhitungan preliminary *design*, perlu adanya untuk mengetahui data perencanaan yang akan digunakan dan pembebanan yang akan diterima oleh masing-masing elemen struktur. Struktur gedung Isabella Tower, Bekasi, Jawa Barat akan dimodifikasi menggunakan elemen pracetak khususnya untuk elemen balok dan plat. Berikut merupakan data perencanaan yang akan digunakan:

- Nama Bangunan : Isabella Tower
- Lokasi : Bekasi, Jawa Barat
- Fungsi Bangunan : Apartemen, Hunian Tempat Tinggal
- Jumlah Lantai : 15 Lantai + 1 *Basement* + 1 *Ground Floor*
- Ketinggian Lantai: 15 lantai (@ 2.9 m) + 1 *Basement* (3.5 m) + 1 *Ground Floor* (3.3 m)
- Tinggi Bangunan : 47.2 m
- Luas Bangunan : 1256.14 m²
- Mutu Beton ($f'c$) : 40 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

4.3 Pembebanan

Beban Statis

Beban Mati

- Berat jenis beton bertulang : 2400 Kg/m^3
- Dinding $1/2$ bata : 250 Kg/m^2
- Plafond : 11 Kg/m^2
- Penggantung Plafond : 7 Kg/m^2
- Utilitas : 30 Kg/m^2
- Spesi (2 cm) : 42 Kg/m^2
- Lantai Keramik : 24 Kg/m^2

Beban Hidup

Lantai hunian tempat tinggal : 192 Kg/m^2

Beban Gempa

Beban gempa direncanakan dengan menggunakan SNI 1726:201X

4.4 Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi perencanaan dalam tugas akhir ini, menggunakan elemen beton pracetak dengan penampang persegi (*rectangular beam*). Balok direncanakan dalam dua tahap, yakni yang pertama merupakan tahap fabrikasi lalu yang kedua merupakan tahap ereksi dan penyambungan. Sambungan yang digunakan merupakan jenis sambungan basah. Setelah proses ereksi atau pengangkatan ke lokasi proyek, balok tersebut diberi *overtopping* berupa beton *cor in situ* yang pada tahap sebelumnya telah terpasang struktur sekunder berupa plat. Sehingga dengan adanya *overtopping* tersebut balok induk dan elemen struktur lain dapat menjadi satu kesatuan yang monolit.

Perencanaan dimensi balok mengacu pada RSNI 2847:2018 9.3.3.1, yang tertera pada tabel 9.3.3.1 sebagai berikut:

$h_{min} = \frac{l}{16}$, karena mutu baja yang digunakan 400 Mpa, maka perlu dikalikan dengan $(0.4 + \frac{fy}{700})$

Lebar balok yang digunakan adalah $\frac{2}{3} h_{min}$, untuk balok induk dan $\frac{1}{2} h_{min}$, yakni sebagai berikut:

$$b = \frac{2}{3} h$$

$$b = \frac{1}{2} h$$

Dimana,

H_{min} : Tinggi minimum balok

l : jarak antar kolom atau panjang bentang balok

b : lebar balok

f_y : mutu baja

4.4.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan terletak dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu baja 400 Mpa, berikut merupakan salah satu contoh perhitungan dimensi balok induk dengan bentang 8 m:

- Balok Induk Memanjang 8 m

$$h_{min} = \frac{l}{12} \times \left(0.4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{800}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right) = 64.7619 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$h \text{ pakai} = 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 70 \text{ cm} = 46.667 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b \text{ pakai} = 50 \text{ cm}$$

Sehingga, direncanakan balok induk memanjang dengan dimensi 50/70

Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

| No. | Kategori | Tipe | Dimensi | | |
|-----|----------------------------|------|-----------|-----------|----------|
| | | | b (cm) | h (cm) | l (m) |
| 1 | Balok Induk Memanjang 8m | BI 1 | 50 | 70 | 8 |
| 2 | Balok Induk Memanjang 6m | BI 2 | 40 | 60 | 6 |
| 3 | Balok Induk Memanjang 5m | BI 3 | 40 | 60 | 5 |
| 4 | Balok Induk Memanjang 4.2m | BI 4 | 40 | 60 | 4.2 |
| 5 | Balok Induk Memanjang 2.6m | BI 5 | 40 | 60 | 2.6 |
| 6 | Balok Induk Melintang 8m | BI 1 | 50 | 70 | 8 |
| 7 | Balok Induk Melintang 5m | BI 3 | 40 | 60 | 5 |
| 8 | Balok Induk Melintang 4m | BI 6 | 40 | 60 | 4 |
| 9 | Balok Induk Memanjang 5m | BI 7 | 40 | 70 | 5 |
| 10 | Balok Induk Memanjang 6m | BI 8 | 40 | 70 | 6 |

4.4.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan terletak dengan kedua ujung menerus dengan mutu baja 400 Mpa, berikut merupakan salah satu contoh perhitungan dimensi balok anak dengan bentang 8 m:

$$h_{\min} = \frac{l}{21} \times \left(0.4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{800}{21} \times \left(0.4 + \frac{400}{700} \right) = 37.0688 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$h \text{ pakai} = 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times 50 \text{ cm} = 25 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b \text{ pakai} = 40 \text{ cm}$$

Sehingga, direncanakan balok anak memanjang dengan dimensi 40/50

Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

| No. | Kategori | Tipe | Dimensi | | |
|-----|-------------------------|------|-----------|-----------|----------|
| | | | b (cm) | h (cm) | l (m) |
| 1 | Balok Anak Memanjang 8m | BA 1 | 40 | 50 | 8 |
| 2 | Balok Anak Memanjang 6m | BA 2 | 30 | 50 | 6 |
| 3 | Balok Anak Memanjang 5m | BA 3 | 30 | 50 | 5 |

| | | | | | |
|---|----------------------------|------|----|----|-----|
| 4 | Balok Anak Memanjang 4m | BA 4 | 30 | 50 | 4 |
| 5 | Balok Anak Memanjang 4.2 m | BA 5 | 30 | 50 | 4.2 |
| 6 | Balok Anak Memanjang 2.6 m | BA 6 | 30 | 50 | 2.6 |

4.5 Perencanaan Dimensi Plat

4.5.1 Peraturan Perencanaan Plat

Dalam perencanaan tebal *hollow core slab* minimum untuk tipe plat satu arah dan dua arah digunakan peraturan RSNi 2847:2018 9.3.3.1, yang tertera pada tabel 9.3.3.1.

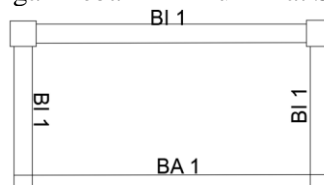
4.5.2 Data Perencanaan Tebal Hollow Core Slab

Tebal minimum plat yang akan direncanakan memiliki beberapa dimensi, yakni sebagai berikut:

- Pelat Tipe 1 (P1): 8m x 4m
- Pelat Tipe 2 (P2): 6m x 4m
- Pelat Tipe 3 (P3): 5m x 4m
- Pelat Tipe 4 (P4): 4m x 3.2m
- Pelat Tipe 5 (P5): 4m x 3.5m
- Pelat Tipe 6 (P6): 4.2m x 4m
- Pelat Tipe 7 (P7): 4m x 2.6m
- Pelat Tipe 8 (P8): 6m x 5m

Hollow core slab digunakan pada tugas akhir ini menggunakan *hollow core slab* yang diproduksi oleh PT. Beton Elemenindo Perkasa dengan perencanaan tebal minimum sebagai berikut:

a. Contoh Perhitungan Tebal Minimum Plat Satu Arah



Gambar 4.1 Denah Balok di Sekeliling Tipe Plat 1
Tipe Plat 1 (P1) memiliki dimensi sebesar 8m x 4m, dengan L_n dan S_n sebagai berikut:

$$Ln = 8000 - \frac{1}{2} (500 + 500) = 7500 \text{ mm}$$

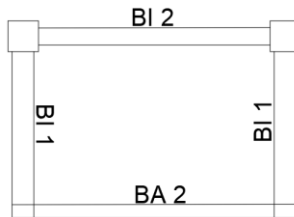
$$Sn = 4000 - \frac{1}{2} (500 + 400) = 3550 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{7500}{3550} = 2.1126 > 2 \text{ (Plat 1 Arah)}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 persyaratan tebal minimum untuk elemen struktur plat masif satu arah dengan kedua ujung menerus adalah

$$h = \frac{L}{28} = \frac{4000}{28} = 142.857 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

b. Contoh Perhitungan Tebal Minimum Plat Dua Arah



Gambar 4.2 Denah Balok di Sekeliling Tipe Plat 2
Tipe Plat 2 (P2) memiliki dimensi sebesar 6m x 4m, dengan Ln dan Sn sebagai berikut:

$$Ln = 6000 - \frac{1}{2} (500 + 500) = 5500 \text{ mm}$$

$$Sn = 4000 - \frac{1}{2} (500 + 300) = 3675 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{5500}{3675} = 1.4966 < 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

Direncanakan plat dua arah dengan spesifikasi berikut:

$$hf = 15 \text{ cm}$$

$$f'c = 45 \text{ Mpa}$$

$$fy = 400 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Lebar sayap efektif:

- **Balok Induk 50/70 (3 Buah)**

$$bw = 50 \text{ cm}$$

$$h = 70 \text{ cm}$$

$$be\ 1 = bw + 2(h - hf) = 50 + 2(70 - 15) = 160 \text{ cm}$$

$$be\ 2 = bw + 8hf = 50 + 8 \times 15 = 170 \text{ cm}$$

$$\text{Beff pakai} = \text{be terpendek} = 160 \text{ cm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{hf}{h}\right) + \left(\frac{hf}{h}\right)^2 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right) + \left(\frac{hf}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{160}{50} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right) \left[4 - 6\left(\frac{15}{70}\right) + \left(\frac{15}{70}\right)^2 + \left(\frac{160}{50} - 1\right) + \left(\frac{15}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{160}{50} - 1\right) \left(\frac{15}{70}\right)}$$

$$k = 1.643$$

$$Ib = k \times \frac{b \times h^3}{12} = 1.643 \times \frac{50 \times 70^3}{12} = 2349346.817 \text{ cm}^4$$

$$Ip = \frac{S_n \times t^3}{12} = \frac{372.5 \times 15^3}{12} = 104765.625 \text{ cm}^4$$

$$\alpha 1 = \frac{Ib}{Ip} = \frac{2349346.817 \text{ cm}^4}{104765.625 \text{ cm}^4} = 22.4248$$

- **Balok Induk 30/50 (1 Buah)**

$$bw = 30 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$be\ 1 = bw + 2(h - hf) = 30 + 2(50 - 15) = 100 \text{ cm}$$

$$be\ 2 = bw + 8hf = 30 + 8 \times 15 = 150 \text{ cm}$$

$$\text{Beff pakai} = \text{be terpendek} = 105 \text{ cm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{hf}{h}\right) + \left(\frac{hf}{h}\right)^2 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right) + \left(\frac{hf}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{100}{30} - 1\right) \left(\frac{15}{50}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{50}\right) + \left(\frac{15}{50}\right)^2 + \left(\frac{100}{30} - 1\right) + \left(\frac{15}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{100}{35} - 1\right) \left(\frac{15}{50}\right)}$$

$$k = 1.6955$$

$$I_b = k x \frac{b x h^3}{12} = 1.6955 x \frac{30 x 50^3}{12} = 529847.7564 \text{ cm}^4$$

$$I_p = \frac{S_n x t^3}{12} = \frac{367.5 x 15^3}{12} = 103359.375 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{529847.7564 \text{ cm}^4}{103359.375 \text{ cm}^4} = 5.126267031$$

Tabel 4.3 Rekapitulasi Tebal *Hollow Core Slab*

| Tipe | Dimensi | | β | Tipe arah | Tebal min (cm) | Tebal Pakai (cm) |
|------|---------|-------|---------|-------------|----------------|------------------|
| | ln (m) | sn(m) | | | | |
| P1 | 7.5 | 3.55 | 2.113 | Plat 1 arah | 14.286 | 15 |
| P2 | 5.5 | 3.675 | 1.497 | Plat 2 Arah | 12.071 | 15 |
| P3 | 4.5 | 3.75 | 1.200 | Plat 2 Arah | 10.440 | 15 |
| P4 | 3.5 | 2.85 | 1.228 | Plat 2 Arah | 8.076 | 15 |
| P5 | 3.5 | 3.15 | 1.111 | Plat 2 Arah | 8.261 | 15 |
| P6 | 3.75 | 3.55 | 1.056 | Plat 2 Arah | 8.947 | 15 |
| P7 | 3.65 | 2.1 | 1.738 | Plat 2 Arah | 7.674 | 15 |
| P8 | 5.6 | 4.5 | 1.244 | Plat 2 Arah | 9.500 | 15 |

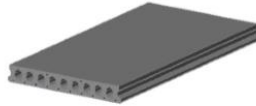
Perencanaan pada tugas akhir ini menggunakan elemen pracetak, sehingga semua tipe pelat menggunakan tipe plat satu arah, karena sepanjang plat ditumpu dengan 2 tumpuan. Sehingga hanya perlu merencanakan plat satu arah.

4.5.3 *Hollow Core Slab* yang Digunakan

Berdasarkan brosur PT. Beton Elemenindo Perkasa, digunakan *hollow core slab* dengan tebal 150 mm dengan jumlah wire 12 dan diameter wire sebesar 7 mm serta memiliki daya dukung sebagai berikut:

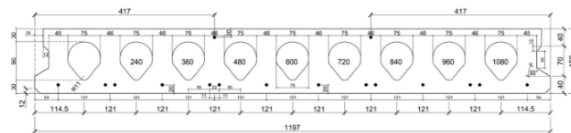
- Bentang 4 m: $1530 \frac{Kg}{m^2}$

➤ Bentang 5 m: $890 \frac{Kg}{m^2}$



| Type | Area (cm ²) | Self Load (Kg/m ²) | Rongga |
|---------|-------------------------|--------------------------------|--------|
| HCS 150 | 1.117,18 | 247 | 35,80% |

Gambar 4.3 Tipe *Hollow Core Slab* yang Digunakan



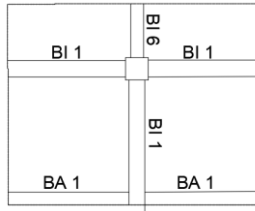
Gambar 4.4 Potongan Melintang *Hollow Core Slab*

4.6 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam menentukan dimensi kolom, diperlukan peninjauan pada kolom yang memikul beban yang paling besar, yaitu kolom yang memikul bentang 8 m x 6 m

Berdasarkan RSNI 2847:2018 kolom harus direncanakan untuk dapat memikul beban aksial yang berasal dari beban terfaktor yang bekerja pada kolom yang ditinjau. Tak hanya itu, kolom juga harus dapat memikul momen maksimum pada satu bentang yang terdekat dari lantai yang ditinjau. Berikut merupakan data data yang digunakan untuk menentukan dimensi kolom:

1. Tebal Plat HCS : 15 cm
2. Tinggi Basement : 3.3 m
3. Tinggi Lantai GF : 3.5 m
4. Tinggi Lantai 1-Atap : 2.9 m



Gambar 4.5 Kolom yang Memikul Beban Terbesar

Berdasarkan Gambar 4.5 kolom yang ditinjau memikul luasan struktur sebesar 8m x 6m. Pembebanan pada kolom merupakan beban lantai yang terjadi. Untuk efisiensi dimensi digunakan variasi dimensi untuk tiap 5 lantai.

Untuk pembebanan kolom, terutama untuk beban hidup merata perlu adanya reduksi yang berdasarkan SNI 1727:2013. Diketahui

$$K_{LL} = 4 \text{ (Tabel 4.2, SNI 1727:2013)}$$

$$\text{Bentang: } P = 8 \text{ m}$$

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

$$A_t = P \times L = 48 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi/L} &= K_{LL} \times A_t \\ &= 4 \times 48 \text{ m}^2 = 192 \text{ m}^2 > 37.16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk reduksi beban hidup pada lantai atap (SNI 1727:2013 Pasal 4.8)

$$L_o = 96 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$R_1 = 1.2 - 0.011 A_t = 0.672$$

$$R_2 = 1$$

$$L_r = 96 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \times 0.672 \times 1 = 64.512 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Untuk reduksi beban hidup pada lantai tipikal (SNI 1727:2013 Pasal 4.7)

$$L_o = 192 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$L = L_o \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_t}} \right) = 192 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{4 \times 48}} \right) = 111.324 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$L > 0.4 L_o = 111.324 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} > 76.8 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \text{ (OK)}$$

Berikut merupakan perhitungan dimensi kolom:

Tabel 4.4 Pembebanan pada Kolom Lantai 15

| Pembebanan Kolom Lt. 15 | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------|----------|-------------------|-------|---------|-----------------|
| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Pelat Lantai HCS (15 cm) | 247 | Kg/m ² | 1.197 | 4 | 0.15 | 1 | 14191.63 |
| Balok Anak Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 8 | 0.5 | 1 | 3840 |
| Balok Induk Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 8 | 0.7 | 1 | 6720 |
| Balok Induk Melintang 4m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 2 | 0.6 | 1 | 1152 |
| Balok Induk Melintang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 4 | 0.7 | 1 | 3360 |
| Utilitas | 30 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 1440 |
| spesi (2 cm) | 21 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 2016 |
| Plafon | 11 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 528 |
| Penggantung Plafon | 7 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 336 |
| TOTAL BEBAN MATI | | | | | | | 33583.63 |
| Beban Hidup | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Atap Datar | 64.512 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 3096.576 |
| TOTAL BEBAN HIDUP | | | | | | | 3096.576 |
| TOTAL BEBAN BERFAKTOR | | | | | | | 45254.88 |
| f'c | 45 | Mpa | 4500000 | Kg/m ² | | | |
| A | 0.015471754 | m ² | 154.7175 | cm ² | | | |
| Kolom Lantai Atap | 12.4385505 | cm | 13 | cm | 50 | cm | |

Berat total terfaktor = 1.2 x DL + 1.6 LL

$$= 1.2 \times 33583.632 \text{ Kg} + 1.6 \times 3096.58 \text{ Kg}$$

$$= 45254.88 \text{ Kg}$$

Dimensi kolom,

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{45254.88 \text{ Kg}}{0.65 \times 4500000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} = 0.0154718 \text{ m}^2$$

$$b = \sqrt{0.01547 \text{ m}^2} = 0.12438 \text{ m} = 12.438 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan kolom dengan dimensi 50/50

Tabel 4.5 Berat Kolom yang Digunakan

| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
|----------------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| Kolom yang digunakan | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 2.9 | 0.5 | 1 | 1740 |

Sehingga Wtotal kolom yang digunakan = 1740 Kg

Tabel 4.6 Pembebanan pada Kolom Lantai 14-10

| Pembebanan Kolom Lantai 14-10 | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|----------|-------------------|-------|---------|------------|
| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Pelat Lantai HCS (15 cm) | 247 | Kg/m ² | 1.197 | 4 | 0.3 | 5 | 47305.44 |
| Balok Anak Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 8 | 0.5 | 5 | 19200 |
| Balok Induk Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 8 | 0.7 | 5 | 33600 |
| Balok Induk Melintang 4m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 2 | 0.6 | 5 | 5760 |
| Balok Induk Melintang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 4 | 0.7 | 5 | 16800 |
| Utilitas | 30 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 7200 |
| Plafon | 11 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 2640 |
| Penggantung Plafon | 7 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 1680 |
| Lantai Keramik | 24 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 5760 |
| spesi (2 cm) | 21 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 5040 |
| Dinding Bata Ringan | 250 | Kg/m ² | 12 | | 2.9 | 5 | 43500 |
| TOTAL BEBAN MATI | | | | | | | 188485.4 |
| Beban Hidup | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Lantai | 111.3237775 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 26717.71 |
| TOTAL BEBAN HIDUP | | | | | | | 26717.71 |
| TOTAL BEBAN BERFAKTOR | | | | | | | 316273.7 |
| f'c | 45 | Mpa | 4500000 | Kg/m ² | | | |
| A | 0.108127774 | m ² | 1081.278 | cm ² | | | |
| Kolom Lantai | 32.88278788 | cm | 33 | cm | 50 | cm | |

Berat total terfaktor

$$= 1.2 \times DL + 1.6 \times LL + W_{\text{lantai Sebelumnya}} + W_{\text{kolom}}$$

$$= 1.2 \times 188485.44 + 1.6 \times 26717.71 + 45254.88 + 1.2 \times 1740$$

$$= 316273.7386 \text{ Kg}$$

Dimensi kolom,

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{316273.7386 \text{ Kg}}{0.65 \times 4500000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} = 0.108127774 \text{ m}^2$$

$$b = \sqrt{0.10813 \text{ m}^2} = 0.32882 \text{ m} = 32.882 \approx 50 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan kolom dengan dimensi 50/50

Tabel 4.7 Berat Kolom yang Digunakan

| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
|----------------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| Kolom yang digunakan | 2400 | Kg/m ² | 0.5 | 2.9 | 0.5 | 5 | 8700 |

Sehingga W_{total} kolom yang digunakan = 8700 Kg

Tabel 4.8 Pembebanan pada Kolom Lantai 9-5

| Pembebanan Kolom Lantai 9-5 | | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|
| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Pelat Lantai HCS (15 cm) | 247 | Kg/m ² | 1.197 | | 4 | 0.3 | 5 47305.44 |
| Balok Anak Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | | 8 | 0.5 | 5 19200 |
| Balok Induk Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | | 8 | 0.7 | 5 33600 |
| Balok Induk Melintang 4m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | | 2 | 0.6 | 5 5760 |
| Balok Induk Melintang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | | 4 | 0.7 | 5 16800 |
| Utilitas | 30 | Kg/m ² | 48 | | | | 5 7200 |
| Plafon | 11 | Kg/m ² | 48 | | | | 5 2640 |
| Penggantung Plafon | 7 | Kg/m ² | 48 | | | | 5 1680 |
| Lantai Keramik | 24 | Kg/m ² | 48 | | | | 5 5760 |
| spesi (2 cm) | 21 | Kg/m ² | 48 | | | | 5 10080 |
| Dinding Bata Ringan | 250 | Kg/m ² | 12 | | | 2.9 | 5 43500 |
| TOTAL BEBAN MATI | | | | | | | 193525.4 |
| Beban Hidup | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Lantai | 111.3237775 | Kg/m ² | 48 | | | | 5 26717.71 |
| TOTAL BEBAN HIDUP | | | | | | | 26717.71 |
| TOTAL BEBAN BERFAKTOR | | | | | | | 601692.6 |
| f'c | 45 | Mpa | 4500000 | Kg/m ² | | | |
| A | 0.205706871 | m ² | 2057.069 | cm ² | | | |
| Kolom Lantai | 45.35491934 | cm | 46 | cm | | 55 | cm |

Berat total terfaktor

$$\begin{aligned}
 &= 1.2 \times DL + 1.6 \times LL + W_{\text{lantai Sebelumnya}} + W_{\text{kolom}} \\
 &= 1.2 \times 193525.44 + 1.6 \times 26717.71 + 316273.7386 + 1.2 \times 8700 \\
 &= 601692.5971 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dimensi kolom,

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{601692.5971 \text{ Kg}}{0.65 \times 4500000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} = 0.2057 \text{ m}^2$$

$$b = \sqrt{0.2057 \text{ m}^2} = 0.453549 \text{ m} = 45.355 \approx 55 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan kolom dengan dimensi 55/55

Tabel 4.9 Berat Kolom yang Digunakan

| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
|----------------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| Kolom yang digunakan | 2400 | Kg/m ² | 0.55 | 2.9 | 0.55 | 5 | 10527 |

Sehingga W_{total} kolom yang digunakan = 10527 Kg

Tabel 4.10 Pembebanan pada Kolom Lantai 4-1,GF

| Pembebanan Kolom Lantai 4-1, dan GF | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|-------------------|-------|---------|------------|
| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Pelat Lantai HCS (15 cm) | 247 | Kg/m ² | 1.197 | | 4 | 0.3 | 5 47305.44 |
| Balok Anak Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 8 | 0.5 | 5 | 19200 |
| Balok Induk Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 8 | 0.7 | 5 | 33600 |
| Balok Induk Melintang 4m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 2 | 0.6 | 5 | 5760 |
| Balok Induk Melintang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 4 | 0.7 | 5 | 16800 |
| Utilitas | 30 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 7200 |
| Plafon | 11 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 2640 |
| Penggantung Plafon | 7 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 1680 |
| Lantai Keramik | 24 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 5760 |
| spesi (2 cm) | 21 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 10080 |
| Dinding Bata Ringan | 250 | Kg/m ² | 12 | | 2.9 | 4 | 34800 |
| Dinding Bata Ringan | 250 | Kg/m ² | 12 | | 3.5 | 1 | 10500 |
| TOTAL BEBAN MATI | | | | | | | 195325.4 |
| Beban Hidup | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Lantai | 111.3237775 | Kg/m ² | 48 | | | 5 | 26717.71 |
| TOTAL BEBAN HIDUP | | | | | | | 26717.71 |
| TOTAL BEBAN BERFAKTOR | | | | | | | 891463.9 |
| f _c | 45 | Mpa | 4500000 | Kg/m ² | | | |
| A | 0.304773968 | m ² | 3047.74 | cm ² | | | |
| Kolom Lantai | 55.2063373 | cm | 56 | cm | 60 | cm | |

Berat total terfaktor

$$= 1.2 \times DL + 1.6 LL + W_{\text{lantai Sebelumnya}} + W_{\text{kolom}}$$

$$= 1.2 \times 195325.44 + 1.6 \times 26717.71 + 601692.5971 + 1.2 \times 10527$$

$$= 891463.8557 \text{ Kg}$$

Dimensi kolom,

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{891463.8557 \text{ Kg}}{0.65 \times 4500000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} = 0.304773968 \text{ m}^2$$

$$b = \sqrt{0.3048 \text{ m}^2} = 0.55206 \text{ m} = 55.2063373 \approx 60 \text{ cm}$$

Tabel 4.11 Berat Kolom yang Digunakan

| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
|----------------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| Kolom yang digunakan | 2400 | Kg/m ² | 0.6 | 2.9 | 0.6 | 4 | 10022.4 |
| Kolom yang digunakan | 2400 | Kg/m ² | 0.6 | 3.5 | 0.6 | 1 | 3024 |

Sehingga W_{total} kolom yang digunakan = 13046.4 Kg

Tabel 4. 12 Pembebanan pada Kolom Lantai Basement

| Pembebanan Kolom Lantai Basement | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|
| Beban Mati | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Pelat Lantai HCS (15 cm) | 247 | Kg/m ² | 1.197 | 4 | 0.3 | 1 | 9461.088 |
| Balok Anak Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 8 | 0.5 | 1 | 3840 |
| Balok Induk Memanjang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 8 | 0.7 | 1 | 6720 |
| Balok Induk Melintang 4m | 2400 | Kg/m ³ | 0.4 | 2 | 0.6 | 1 | 1152 |
| Balok Induk Melintang 8m | 2400 | Kg/m ³ | 0.5 | 4 | 0.7 | 1 | 3360 |
| Utilitas | 30 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 1440 |
| Plafon | 11 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 528 |
| Penggantung Plafon | 7 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 336 |
| Lantai Keramik | 24 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 1152 |
| spesi (2 cm) | 21 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 2016 |
| Dinding Bata Ringan | 250 | Kg/m ² | 12 | | 3.3 | 1 | 9900 |
| TOTAL BEBAN MATI | | | | | | | 39905.09 |
| Beban Hidup | Berat Sendiri/y | Unit | b (m) | l (m) | t (m) | Tingkat | berat (Kg) |
| Lantai | 111.3237775 | Kg/m ² | 48 | | | 1 | 5343.541 |
| TOTAL BEBAN HIDUP | | | | | | | 5343.541 |
| TOTAL BEBAN BERFAKTOR | | | | | | | 963555.3 |
| f'c | 45 | Mpa | 4500000 | Kg/m ² | | | |
| A | 0.329420618 | m ² | 3294.206 | cm ² | | | |
| Kolom Lantai | 57.39517557 | cm | 58 | cm | 70 | cm | |

Berat total terfaktor

$$\begin{aligned}
 &= 1.2 \times DL + 1.6 \times LL + W_{\text{lantai Sebelumnya}} + W_{\text{kolom}} \\
 &= 1.2 \times 39905.088 + 1.6 \times 5343.541 + 891463.8557 + 1.2 \times 13046.4 \\
 &= 963555.3074 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dimensi kolom,

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{963555.3074 \text{ Kg}}{0.65 \times 4500000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} = 0.329420618 \text{ m}^2$$

$$b = \sqrt{0.32942 \text{ m}^2} = 0.57395 \text{ m} = 57.395 \approx 70 \text{ cm}$$

4.7 Perencanaan Dimensi Shear Wall

Perencanaan tebal dinding geser mengacu pada RSNI 2847:2018 pasal 11.3.3.1 dimana tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari $l/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu dan tidak kurang dari 100 mm. Dalam tugas akhir ini dinding geser direncanakan dengan ketebalan sebagai berikut:

| | |
|-------------------------|--------------------------------|
| Panjang bentang dinding | : 8 m |
| Tinggi lantai Basemen | : 3.3 m |
| Tinggi lantai GF | : 3.5 m |
| Tinggi Lantai 1- Atap | : 2.9 m |
| $T \geq H/25$ | : $330/25 = 13.2 \text{ cm}$ |
| $T \geq H/25$ | : $350/25 = 29.167 \text{ cm}$ |
| $T \geq H/25$ | : $290/25 = 24.167 \text{ cm}$ |
| $T \geq L/25$ | : $800/25 = 32 \text{ cm}$ |

Sehingga direncanakan dinding geser dengan ketebalan sebesar 50 cm, dimana ketebalan tersebut telah memenuhi syarat minimum ketebalan dinding geser

BAB V

PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR

5.1 Umum

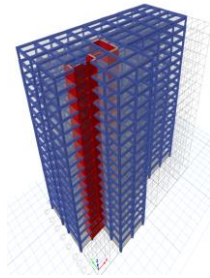
Dalam perencanaan struktur gedung perlu adanya perhitungan terkait pembebanan gravitasi dan pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar elemen-elemen struktur mampu memikul beban-beban yang telah diperhitungkan sebelumnya. Sehingga dapat diperoleh struktur gedung yang kokoh. Pembebanan gravitasi mengacu pada SNI 1727:2013, PPIUG 1983 (Beban Mati Tambahan) dan pembebanan gempa yang mengacu pada SNI 1726:201X.

5.2 Permodelan Struktur

Permodelan struktur gedung Isabella Tower dengan tinggi total ± 47 m dengan total 15 Lantai, 1 Lantai Atap, dan 1 Lantai Basement ini menggunakan program bantu ETABS 2013. Permodelan struktur ini berguna dalam menganalisis beban gempa yang terjadi pada struktur. Pada permodelan struktur, balok dan kolom struktur direncanakan sebagai *frame*, plat sebagai *shell*, dan dinding geser sebagai *pier*.

Berdasarkan RSNI 2847 2018 pasal 6.6.3.1.1 momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis pada level beban terfaktor, dengan komponen struktur tekan untuk kolom diambil sebesar $0.7 I_g$, dinding retak $0.35 I_g$. Sedangkan untuk komponen struktur lentur digunakan balok sebesar $0.35 I_g$ dan plat sebesar $0.25 I_g$.

Setelah dilakukan permodelan struktur dan dilakukan input pembebanan, maka selanjutnya permodelan dapat dilakukan proses running. Pengambilan output gaya dalam untuk masing masing elemen struktur diperoleh dari beam forces, column forces, dan pier forces untuk dilakukan analisis kontrol lebih lanjut.



Gambar 5.1 Permodelan Struktur Menggunakan ETABS 2013

5.3 Pembebanan Gravitasi

Pembebanan gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Berikut merupakan beban mati dan beban hidup yang digunakan dalam perhitungan pembebanan:

Beban Mati Tambahan dan Berat Sendiri:

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 Kg/m^3
- Berat *Hollow Core Slab* : 247 Kg/m^2
- Spesi atau finishing (2cm) : 42 Kg/m^2
- Tegel : 24 Kg/m^2
- Dinding setengah bata : 250 Kg/m^2
- Penggantung Plafond : 7 Kg/m^2
- Plafond : 11 Kg/m^2
- Utilitas (plumbing+ducting) : 30 Kg/m^2

(PPIUG 1983 dan Brosur PT. Elemenindo Perkasa)

Beban Hidup:

- Lantai Atap : 96 Kg/m^2
- Lantai Tipikal : 192 Kg/m^2

Berikut merupakan rekapitulasi pembebanan gravitasi yang bekerja pada struktur:

Tabel 5.1 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi

| Lantai | Dead (Kg) | Live (Kg) | Total Kumulatif (Kg) |
|----------------------|--------------|------------|----------------------|
| Lantai Atap | 936,035.61 | 66,887.16 | 1,002,922.77 |
| Lantai Tipikal 15-11 | 5,901,496.89 | 577,112.14 | 7,481,531.80 |
| Lantai Tipikal 10-6 | 5,963,980.29 | 577,112.14 | 14,022,624.23 |
| Lantai Tipikal 5-1 | 5,957,422.34 | 577,112.14 | 20,557,158.71 |
| Lantai Basement | 1,280,284.43 | 115,422.43 | 21,952,865.57 |

Berdasarkan hasil rekapitulasi tersebut diperoleh pembebanan gravitasi dengan kombinasi 1D+1L sebesar 21,952,865.57 Kg.

Pembebanan yang dimasukkan ke dalam program bantu ETABS 2013 harus mendekati perhitungan pembebanan total yang telah dihitung manual dengan nilai toleransi sebesar 5%. Berikut merupakan output pembebanan gravitasi yang telah diperoleh dari program bantu ETABS 2013:

Tabel 5.2 Hasil *Output* Pembebanan

| Load Case/Combo | FX (Kg) | FY (Kg) | FZ (Kg) |
|-----------------|---------|---------|---------------|
| 1D+1L | 0 | 0 | 22,806,439.66 |

Perhitungan manual diperoleh sebesar 21,952,865.57 Kg. sedangkan output yang diperoleh dari ETABS 2013 sebesar 22,806,439.66 Kg. Sehingga terdapat selisih beban sebesar 853,574.09 Kg atau sebesar **3.742689%**. Selisih tersebut kurang dari batas toleransi selisih sebesar 5%. Sehingga pembebanan gravitasi pada ETABS 2013 dapat digunakan dalam perhitungan beban gempa.

5.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:201X. Dalam permodelan ETABS 2013, permodelan gempa arah X dan Y ditambahkan eksentrisitas sebesar 5% akibat bangunan yang tidak simetris.

5.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Perolehan nilai faktor keutamaan gempa sesuai pada SNI 1726:201X tabel 4. Nilai tersebut berdasarkan jenis

pemanfaatan bangunan. Gedung Isabella Tower dimanfaatkan untuk jenis hunian, sehingga masuk dalam kategori resiko I dan memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.0

Tabel 5.3 Faktor Keutamaan Gempa

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

(Sumber: SNI 1726:201X. Tabel 4)

5.4.2 Kelas Situs

Penentuan kelas situs berdasarkan SNI 1726:201X Tabel 5, klasifikasi jenis tanah yang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_{rerata} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}}$$

Dengan

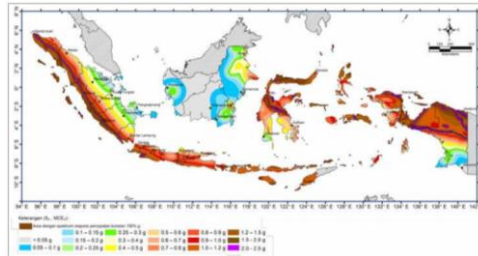
- N_i = nilai N-SPT pada lapis ke-i tanpa koreksi
- d_i = tebal lapis ke i

Tabel 5.4 Hasil perhitungan N rerata

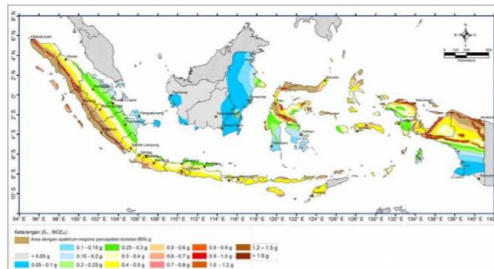
| No. | Tebal Lapis m (d_i) | N_i | d_i/N_i |
|--------------|-------------------------|-------|-------------|
| 1 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 16 | 0.125 |
| 4 | 2 | 18 | 0.111111111 |
| 5 | 2 | 18 | 0.111111111 |
| 6 | 2 | 38 | 0.052631579 |
| 7 | 2 | 19 | 0.105263158 |
| 8 | 2 | 50 | 0.04 |
| 9 | 2 | 38 | 0.052631579 |
| 10 | 2 | 36 | 0.055555556 |
| 11 | 2 | 50 | 0.04 |
| 12 | 2 | 20 | 0.1 |
| 13 | 2 | 46 | 0.043478261 |
| 14 | 2 | 43 | 0.046511628 |
| 15 | 2 | 50 | 0.04 |
| Total | 30 | | 3.923293982 |

$$N_{rerata} = \frac{30}{3.923} = 7.6466 < 15, \text{ tanah lunak (SE)}$$

5.4.3 Parameter Respon Spektra



Gambar 5.2 Sebaran Parameter Gerak Tanah, S_s
(Sumber: SNI 1726:201X)



Gambar 5.3 Sebaran Parameter Gerak Tanah, S_1
(Sumber: SNI 1726:201X)

S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0.2 detik (redaman kritis 5%) diperoleh S_s untuk wilayah Bekasi, Jawa Barat diperoleh sebesar 0.684 g

S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0.2 detik (redaman kritis 5%) diperoleh S_1 untuk wilayah Bekasi, Jawa Barat diperoleh sebesar 0.297 g

5.4.4 Parameter Percepatan Spektra

Parameter percepatan spektra ditentukan berdasarkan SNI 1726:201X pasal 6.3. Berikut merupakan perhitungan percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}):

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1.332 \times 0.684 = 0.911$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2.812 \times 0.297 = 0.835$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0.991 = 0.607$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.835 = 0.557$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh percepatan periode pendek (S_{DS}) sebesar 0.607 g dan untuk percepatan periode 1 detik (S_{D1}) sebesar 0.557 g.

5.4.5 Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726:201X Tabel 8, untuk nilai $S_{DS} \geq 0.5$, $S_{D1} \geq 0.2$, dan termasuk kategori resiko I, maka dapat diperoleh kategori desain seismik D. Kategori desain seismik tersebut akan digunakan dalam menentukan batasan sistem dan tinggi struktur, untuk sistem penahan gaya seismik tipe sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus dengan dinding geser beton bertulang khusus.

5.4.6 Respon Spektrum Desain

Perolehan kurva respon spektrum desain mengacu pada SNI 1726:201X pasal 14.2.2.1 dengan mengikuti ketentuan berikut: .

$$T < T_0, S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$T_0 \leq T \leq T_s, S_a = S_{DS}$$

$$T > T_s, S_a = \frac{SD1}{T}$$

Dengan,

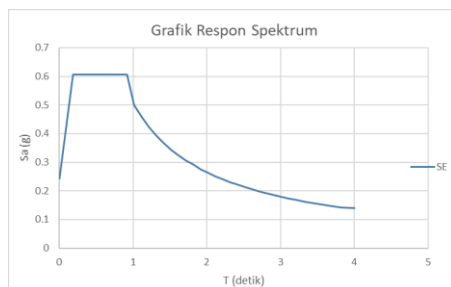
$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.557g}{0.607g} = 0.183 \text{ s}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.557g}{0.607g} = 0.917 \text{ s}$$

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan S_a , berdasarkan periode getar fundamental struktur

Tabel 5.5 Respon Spektrum Desain

| T (detik) | SA (g) | T (detik) | SA (g) |
|-----------|--------|-----------|--------|
| 0 | 0.243 | 2.417 | 0.221 |
| 0.183 | 0.607 | 2.517 | 0.213 |
| 0.917 | 0.607 | 2.617 | 0.205 |
| 1.017 | 0.499 | 2.717 | 0.198 |
| 1.117 | 0.458 | 2.817 | 0.191 |
| 1.217 | 0.423 | 2.917 | 0.185 |
| 1.317 | 0.393 | 3.017 | 0.179 |
| 1.417 | 0.367 | 3.117 | 0.173 |
| 1.517 | 0.344 | 3.217 | 0.168 |
| 1.617 | 0.324 | 3.317 | 0.163 |
| 1.717 | 0.307 | 3.417 | 0.158 |
| 1.817 | 0.291 | 3.517 | 0.154 |
| 1.917 | 0.276 | 3.617 | 0.15 |
| 2.017 | 0.263 | 3.717 | 0.146 |
| 2.117 | 0.251 | 3.817 | 0.142 |
| 2.217 | 0.24 | 4 | 0.139 |
| 2.317 | 0.23 | | |



Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum Desain

5.5 Kontrol Waktu Getar Alami

Tipe sistem struktur yang digunakan merupakan sistem struktur rangka pemikul momen khusus yang pada Tabel 18 SNI 1726:201X, memiliki nilai parameter perioda pendekatan (C_t) sebesar 0.0466^α , dengan nilai x yang digunakan sebesar 0.9 dan ketinggian struktur sebesar 50.3 m. Berikut merupakan contoh perhitungan pendekatan fundamental:

$$T_a = C_t x h_n^*$$

$$T_a = 0.0466 x 50.3^{0.9}$$

$$T_a = 1.584 \text{ s}$$

Dimana,

- T_a = Periode fundamental pendekatan
- C_t = Koefisien pendekatan
- h_n = Ketinggian struktur

Setelah dilakukan perhitungan periode fundamental pendekatan, selanjutnya dilakukan perhitungan waktu getar alami fundamental, dengan nilai C_u diperoleh berdasarkan SNI 1726:201X Tabel 17.

Tabel 5.6 Koefisien Batas Periode Gedung

| Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1} | Koefisien C_u |
|---|-----------------|
| ≥ 0.4 | 1.4 |
| 0.3 | 1.4 |
| 0.2 | 1.5 |
| 0.15 | 1.6 |
| ≤ 0.1 | 1.7 |

$$T = C_u x T_a$$

$$T = 1.4 x 1.584 \text{ s}$$

$$T = 2.218 \text{ s}$$

Tabel 5.7 Output Modal Periode ETABS 2013

| Case | Mode | Period | Case | Mode | Period |
|-------|------|--------|-------|------|--------|
| | | sec | | | sec |
| Modal | 1 | 3.213 | Modal | 26 | 0.084 |
| Modal | 2 | 2.307 | Modal | 27 | 0.078 |
| Modal | 3 | 2.035 | Modal | 28 | 0.075 |
| Modal | 4 | 1.042 | Modal | 29 | 0.074 |
| Modal | 5 | 0.649 | Modal | 30 | 0.071 |
| Modal | 6 | 0.58 | Modal | 31 | 0.069 |
| Modal | 7 | 0.56 | Modal | 32 | 0.065 |

| | | | | | |
|-------|----|-------|-------|----|-------|
| Modal | 8 | 0.381 | Modal | 33 | 0.062 |
| Modal | 9 | 0.315 | Modal | 34 | 0.06 |
| Modal | 10 | 0.28 | Modal | 35 | 0.058 |
| Modal | 11 | 0.265 | Modal | 36 | 0.053 |
| Modal | 12 | 0.216 | Modal | 37 | 0.053 |
| Modal | 13 | 0.197 | Modal | 38 | 0.048 |
| Modal | 14 | 0.176 | Modal | 39 | 0.047 |
| Modal | 15 | 0.163 | Modal | 40 | 0.046 |
| Modal | 16 | 0.148 | Modal | 41 | 0.045 |
| Modal | 17 | 0.14 | Modal | 42 | 0.043 |
| Modal | 18 | 0.127 | Modal | 43 | 0.042 |
| Modal | 19 | 0.115 | Modal | 44 | 0.041 |
| Modal | 20 | 0.112 | Modal | 45 | 0.039 |
| Modal | 21 | 0.108 | Modal | 46 | 0.039 |
| Modal | 22 | 0.1 | Modal | 47 | 0.038 |
| Modal | 23 | 0.091 | Modal | 48 | 0.037 |
| Modal | 24 | 0.088 | Modal | 49 | 0.035 |
| Modal | 25 | 0.088 | Modal | 50 | 0.033 |
| | | | Modal | 51 | 0.032 |

Berdasarkan hasil perhitungan periode fundamental struktur secara manual diperoleh sebesar 2.218 s yang memiliki nilai yang lebih kecil daripada hasil periode fundamental maksimum yang telah dihasilkan oleh program bantu ETABS 2013 yakni sebesar 3.213 s.

Sehingga, untuk memperoleh gaya gempa dinamik yang paling kritis, maka digunakan periode fundamental struktur yang paling kecil, yakni sebesar 2.218 s.

5.6 Kontrol Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respon seismik, C_s , ditentukan berdasarkan SNI 1726:201X Pasal 7.8.1.1. Berikut merupakan perhitungan koefisien respon seismik:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_0}\right)} = \frac{0.607 g}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.0867$$

Nilai koefisien modifikasi respons yang digunakan berdasarkan sistem penahan gaya seismik yang digunakan, yakni berupa sistem rangka beton bertulang khusus dan dinding geser beton khusus yang sesuai dengan SNI 1726:201X Tabel

12 Poin D. No. 3. Dan nilai C_s tidak melebihi persyaratan berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.557 g}{2.218s\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.03588$$

Serta nilai C_s tidak kurang dari:

$$C_s = 0.044 \times S_{D5} \times I_e = 0.044 \times 0.607 g \times 1 = 0.0267$$

Sehingga nilai C_s yang diambil adalah sebesar 0.03588

Untuk perhitungan kombinasi beban hidup yang dihasilkan oleh program bantu ETABS 2013 menggunakan faktor reduksi 0.3, sehingga diperoleh berat seismik efektif bangunan (W) sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 5.8 Berat Efektif Struktur

| Load Case/Combo | FX (Kg) | FY (Kg) | FZ (Kg) |
|-----------------|---------|---------|---------------|
| 1D+0.3L | 0 | 0 | 21,325,433.71 |

Gaya geser dasar yang telah diperoleh akan didistribusikan secara vertikal pada tiap lantai struktur yang berdasarkan SNI 1726:201X

$$C_s = 0.03588$$

$$W = 21,325,433.71 \text{ Kg}$$

$$V = C_s \times W$$

$$= 0.03588 \times 21,325,433.71 \text{ Kg}$$

$$= 765,120.59 \text{ Kg}$$

Sehingga diperoleh V statik sebesar 765,120.59 Kg . Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser V yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan $\frac{V}{V_t}$ (SNI 1726:201X pasal 7.9.1.4.1). Berikut merupakan gaya geser dasar hasil analisis ragam yang diperoleh menggunakan program bantu ETABS 2013.

Tabel 5.9 Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Ragam

| Load Case/Combo | FX (Kg) | FY (Kg) | FZ (Kg) |
|-----------------|-----------|-----------|---------|
| EQX Max | 644991.98 | 590954.12 | - |
| EQY Max | 595109.67 | 601042.35 | - |

$$V = 765,120.59 \text{ Kg}$$

$$V_{tx} = 644,991.98 \text{ Kg}$$

$$V_{ty} = 601042.35 \text{ Kg}$$

Sehingga untuk arah X

$$V_{tx} > 100\% V$$

$$644,991.98 < 765,120.59 \text{ Kg}$$

Karena $V_{tx} < 100\% V$, maka perlu dikalikan dengan faktor skala gaya dinamik sebesar $\frac{V}{V_t} = \frac{765,120.59 \text{ Kg}}{644,991.98 \text{ Kg}} = 1.186$

Sedangkan untuk arah Y

$$V_{ty} > 100\% V$$

$$601042.35 \text{ Kg} < 765,120.59 \text{ Kg}$$

Karena $V_{ty} < 100\% V$, maka perlu dikalikan dengan faktor skala gaya dinamik sebesar $\frac{V}{V_t} = \frac{765,120.59 \text{ Kg}}{601042.35 \text{ Kg}} = 1.27$

Setelah mendapatkan faktor skala gaya dinamik, perlu dilakukan proses *running*, kembali untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan nilai $V_t > 100\% V$. Sehingga diperoleh hasil gaya geser dasar ragam sebagai berikut:

Tabel 5.10 Hasil Analisa Gaya Geser Dasar Ragam

| Load Case/Combo | FX (Kg) | FY (Kg) | FZ (Kg) |
|-----------------|------------|------------|---------|
| EQX Max | 764,280.24 | 706,335.38 | |
| EQY Max | 753,996.61 | 762,171.13 | |

5.7 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan (SNI 1726:201X pasal 7.9.1.1). Jumlah ragam minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Berikut merupakan rekapitulasi partisipasi massa ragam terkombinasi:

Tabel 5.11 Modal Partisipasi Massa Ragam

| Mode | Sum UX | Sum UY | Mode | Sum UX | Sum UY |
|------|--------|--------|------|--------|--------|
| 1 | 0.1237 | 0.1552 | 26 | 0.9858 | 0.9861 |
| 2 | 0.5577 | 0.4454 | 27 | 0.9858 | 0.9862 |
| 3 | 0.7351 | 0.7192 | 28 | 0.9896 | 0.987 |
| 4 | 0.7528 | 0.7459 | 29 | 0.9901 | 0.9872 |
| 5 | 0.8446 | 0.803 | 30 | 0.9906 | 0.9905 |
| 6 | 0.851 | 0.8057 | 31 | 0.9906 | 0.9906 |
| 7 | 0.8835 | 0.8856 | 32 | 0.9936 | 0.9911 |
| 8 | 0.8857 | 0.8896 | 33 | 0.9936 | 0.9912 |
| 9 | 0.9222 | 0.9071 | 34 | 0.994 | 0.9937 |
| 10 | 0.9255 | 0.9106 | 35 | 0.996 | 0.9942 |
| 11 | 0.9344 | 0.9388 | 36 | 0.9974 | 0.9943 |
| 12 | 0.9353 | 0.9401 | 37 | 0.9975 | 0.9964 |
| 13 | 0.9522 | 0.9478 | 38 | 0.9981 | 0.9966 |
| 14 | 0.9546 | 0.9491 | 39 | 0.9982 | 0.9981 |
| 15 | 0.9583 | 0.9625 | 40 | 0.9983 | 0.9981 |
| 16 | 0.9584 | 0.964 | 41 | 0.9986 | 0.9981 |
| 17 | 0.9689 | 0.9673 | 42 | 0.9987 | 0.9986 |
| 18 | 0.9695 | 0.9682 | 43 | 0.9988 | 0.9987 |
| 19 | 0.9719 | 0.9759 | 44 | 0.9989 | 0.9987 |
| 20 | 0.9721 | 0.9765 | 45 | 0.999 | 0.999 |
| 21 | 0.9785 | 0.9788 | 46 | 0.999 | 0.999 |
| 22 | 0.9793 | 0.9793 | 47 | 0.999 | 0.9991 |
| 23 | 0.9794 | 0.9802 | 48 | 0.999 | 0.9992 |
| 24 | 0.9855 | 0.9802 | 49 | 0.9991 | 0.9993 |
| 25 | 0.9856 | 0.986 | 50 | 0.9991 | 0.9993 |
| | | | 51 | 0.9991 | 0.9993 |

Tabel 5.12 Hasil Partisipasi Massa Statik dan Dinamik

| Case | Item Type | Item | Static | Dynamic | Syarat | Keterangan |
|-------|--------------|------|--------|---------|--------|------------|
| | | | % | % | | |
| Modal | Acceleration | UX | 100 | 99.91 | > 90% | OK |
| Modal | Acceleration | UY | 100 | 99.93 | > 90% | OK |

Dari kedua tabel tersebut telah menghasilkan partisipasi massa ragam sebesar lebih dari 90%. Sehingga telah memenuhi persyaratan (SNI 1726:201X pasal 7.9.1.1).

5.8 Kontrol Simpangan (*Drift*)

Gaya gempa desain yang telah direncanakan sebelumnya, akan mempengaruhi kinerja batas layan struktur gedung yang ditentukan oleh simpangan antar lantai. Hal tersebut perlu dipertimbangkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, membatasi peretakan beton yang berlebu, dan mencegah kerusakan non struktur.

Perolehan nilai simpangan diambil dari program bantu struktur yang selanjutnya akan dikontrol simpangan ijinnya menggunakan (SNI 1726:201X pasal 7.12.1).

Untuk penentuan *story drift* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times S_{XE}}{I}$$

Dimana:

δ_x = Defleksi pada lantai ke-x

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5.5

SNI 1726:201X Tabel 12 Poin D. No. 3.

I = Faktor keutamaan gedung = 1.

(SNI 1726:201X tabel 4.)

Untuk penentuan *story drift* ijin, perhitungan mengacu pada (SNI 1726:201X pasal 7.12.1 Tabel 20).

Tabel 5.13 Batas Simpangan Ijin Struktur Gedung

| Struktur | Kategori risiko | | |
|--|-----------------|---------------|---------------|
| | I atau II | III | IV |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. | $0,025h_{sx}$ | $0,020h_{sx}$ | $0,015h_{sx}$ |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata* | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya | $0,007h_{sx}$ | $0,007h_{sx}$ | $0,007h_{sx}$ |
| Semua struktur lainnya | $0,020h_{sx}$ | $0,015h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ |

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen khusus dengan kategori risiko I digunakan batas simpangan ijin dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta_{ijin} = 0.020 \times h_{sx} = 0.020 \times 3.5 \text{ m} = 0.07 \text{ m} \text{ (Lantai GF)}$$

$$\Delta_{ijin} = 0.020 \times h_{sx} = 0.020 \times 2.9 \text{ m} = 0.058 \text{ m} \text{ (Lantai 1-15)}$$

$$\Delta_{ijin} = 0.020 \times h_{sx} = 0.020 \times 3.3 \text{ m} = 0.066 \text{ m} \text{ (Lantai Basement)}$$

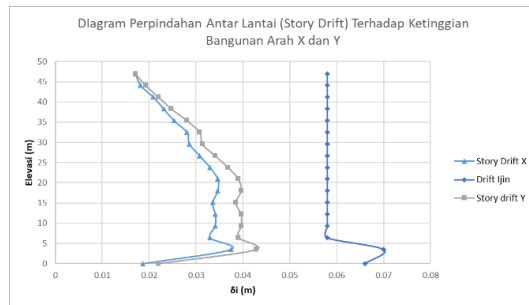
Tabel 5.14 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah X

| Story | Elevation | Simpangan | δi | Δ_{ijin} | Kontrol |
|---------|-----------|-----------|------------|-----------------|---------|
| | m | m | X x Cd | m | |
| Roof | 47 | 0.0882 | 0.01705 | 0.058 | OK |
| Story15 | 44.1 | 0.0851 | 0.01815 | 0.058 | OK |
| Story14 | 41.2 | 0.0818 | 0.0209 | 0.058 | OK |
| Story13 | 38.3 | 0.078 | 0.0231 | 0.058 | OK |
| Story12 | 35.4 | 0.0738 | 0.0253 | 0.058 | OK |
| Story11 | 32.5 | 0.0692 | 0.02805 | 0.058 | OK |
| Story10 | 29.6 | 0.0641 | 0.0286 | 0.058 | OK |
| Story9 | 26.7 | 0.0589 | 0.0308 | 0.058 | OK |
| Story8 | 23.8 | 0.0533 | 0.033 | 0.058 | OK |
| Story7 | 20.9 | 0.0473 | 0.03465 | 0.058 | OK |
| Story6 | 18 | 0.041 | 0.03465 | 0.058 | OK |
| Story5 | 15.1 | 0.0347 | 0.03355 | 0.058 | OK |
| Story4 | 12.2 | 0.0286 | 0.0341 | 0.058 | OK |
| Story3 | 9.3 | 0.0224 | 0.0341 | 0.058 | OK |
| Story2 | 6.4 | 0.0162 | 0.033 | 0.058 | OK |
| Story1 | 3.5 | 0.0102 | 0.0374 | 0.07 | OK |
| GF | 0 | 0.0034 | 0.0187 | 0.066 | OK |

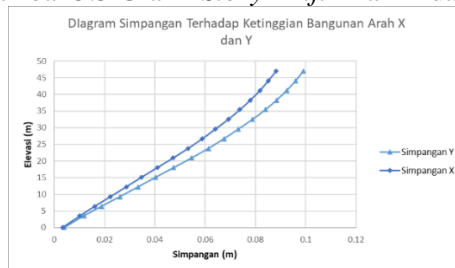
Tabel 5.15 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah Y

| Story | Elevation | Simpangan | δi | Δ_{ijin} | Kontrol |
|-------|-----------|-----------|------------|-----------------|---------|
| | m | m | Y x Cd | m | |

| | | | | | |
|---------|------|--------|---------|-------|----|
| Roof | 47 | 0.099 | 0.01705 | 0.058 | OK |
| Story15 | 44.1 | 0.0959 | 0.01925 | 0.058 | OK |
| Story14 | 41.2 | 0.0924 | 0.022 | 0.058 | OK |
| Story13 | 38.3 | 0.0884 | 0.02475 | 0.058 | OK |
| Story12 | 35.4 | 0.0839 | 0.02805 | 0.058 | OK |
| Story11 | 32.5 | 0.0788 | 0.0308 | 0.058 | OK |
| Story10 | 29.6 | 0.0732 | 0.03135 | 0.058 | OK |
| Story9 | 26.7 | 0.0675 | 0.0341 | 0.058 | OK |
| Story8 | 23.8 | 0.0613 | 0.03685 | 0.058 | OK |
| Story7 | 20.9 | 0.0546 | 0.03905 | 0.058 | OK |
| Story6 | 18 | 0.0475 | 0.0396 | 0.058 | OK |
| Story5 | 15.1 | 0.0403 | 0.0385 | 0.058 | OK |
| Story4 | 12.2 | 0.0333 | 0.0396 | 0.058 | OK |
| Story3 | 9.3 | 0.0261 | 0.0396 | 0.058 | OK |
| Story2 | 6.4 | 0.0189 | 0.03905 | 0.058 | OK |
| Story1 | 3.5 | 0.0118 | 0.0429 | 0.07 | OK |
| GF | 0 | 0.004 | 0.022 | 0.066 | OK |



Gambar 5.5 Grafik *Story Drift* Arah X dan Y



Gambar 5.6 Grafik Simpangan Arah X dan Y

5.9 Kontrol *Dual System*

Persyaratan sistem ganda mengacu pada (SNI 1726:201X pasal 7.2.5.1). Sistem ganda dengan rangka pemikul momen (SRPM) harus memikul paling sedikit 25% dari gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh rangka pemikul momen dan dinding geser. Berikut merupakan *joint reaction* yang diperoleh menggunakan program bantu ETABS 2013.

Tabel 5.16 Reaksi Perletakan Untuk Gempa X dan Y

| Pemikul Gaya Geser | EQX | | EQY | |
|-----------------------|----------|--------|----------|--------|
| | KN | % | KN | % |
| Shear Wall | 6,132.77 | 70.05 | 6,176.88 | 65.27 |
| SRPM | 2,622.34 | 29.95 | 3,287.21 | 34.73 |
| Total | 8,755.11 | 100.00 | 9,464.09 | 100.00 |

Berdasarkan perolehan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa presentase total untuk SRPM memiliki nilai sebesar lebih dari 25%, sehingga layout dan konfigurasi struktur gedung telah memenuhi persyaratan *dual system*.

5.10 Kontrol Eksentrisitas dan Torsi

Untuk diafragma yang rigid atau kaku distribusi gaya lateral pada masing-masing lantai harus mempertimbangkan adanya torsi bawaan yang merupakan hasil dari eksentrisitas antara pusat massa dan pusat rotasi. Berikut merupakan hasil eksentrisitas yang dihasilkan dari program bantu ETABS 2013:

Tabel 5.17 Hasil Eksentrisitas Torsi Bawaan

| Story | Pusat Massa | | Pusat Rotasi | | eox | eoy |
|--------|-------------|---------|--------------|---------|--------|--------|
| | x (m) | y (m) | x (m) | y (m) | (m) | (m) |
| Story1 | 25.1441 | 18.1388 | 17.7429 | 12.5545 | 7.4012 | 5.5843 |
| Story2 | 25.2526 | 18.1794 | 18.3713 | 12.2846 | 6.8813 | 5.8948 |
| Story3 | 25.2526 | 18.1794 | 18.7997 | 12.2853 | 6.4529 | 5.8941 |

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Story4 | 25.2526 | 18.1794 | 19.1052 | 12.3968 | 6.1474 | 5.7826 |
| Story5 | 25.2409 | 18.176 | 19.3333 | 12.5562 | 5.9076 | 5.6198 |
| Story6 | 25.2745 | 18.184 | 19.4978 | 12.7247 | 5.7767 | 5.4593 |
| Story7 | 25.2745 | 18.184 | 19.625 | 12.9035 | 5.6495 | 5.2805 |
| Story8 | 25.2745 | 18.184 | 19.7219 | 13.0816 | 5.5526 | 5.1024 |
| Story9 | 25.2745 | 18.184 | 19.8372 | 13.2633 | 5.4373 | 4.9207 |
| Story10 | 25.2836 | 18.1853 | 19.9455 | 13.447 | 5.3381 | 4.7383 |
| Story11 | 25.2956 | 18.1884 | 20.0315 | 13.6223 | 5.2641 | 4.5661 |
| Story12 | 25.2956 | 18.1884 | 20.123 | 13.8021 | 5.1726 | 4.3863 |
| Story13 | 25.2956 | 18.1884 | 20.2177 | 13.9898 | 5.0779 | 4.1986 |
| Story14 | 25.2956 | 18.1884 | 20.3181 | 14.1853 | 4.9775 | 4.0031 |
| Story15 | 25.3122 | 18.1909 | 20.4313 | 14.3746 | 4.8809 | 3.8163 |
| Roof | 25.8641 | 18.4045 | 20.5127 | 14.481 | 5.3514 | 3.9235 |
| GF | 25.176 | 18.2552 | 16.8424 | 14.0638 | 8.3336 | 4.1914 |

Eksentrisitas dari torsi tak terduga merupakan eksentrisitas tambahan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur dimana gaya gempa arah X dan Y bekerja. Berikut merupakan hasil dari eksentrisitas torsi tak terduga

Tabel 5.18 Hasil Torsi Tak Terduga

| Story | Panjang Bentang Total sumbu y (m) | Panjang Bentang Total sumbu x (m) | 0.05 ly (m) | 0.05 lx (m) |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Story1 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story2 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story3 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story4 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story5 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story6 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story7 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story8 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story9 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story10 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story11 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story12 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story13 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story14 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Story15 | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
| Roof | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |

| | | | | |
|----|----|----|-----|-----|
| GF | 30 | 54 | 1.5 | 2.7 |
|----|----|----|-----|-----|

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor amplifikasi momen torsi tak terduga (A) yang ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{avg}} \right)^2 \geq 1$$

Tabel 5.19 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah X

| Story | δ_{max} (mm) | δ_{avg} (mm) | 1.2 δ_{avg} (mm) | Ax | Ax Pakai |
|---------|------------------------|---------------------|-------------------------------|--------|-------------|
| Story1 | 88.2 | 69 | 82.8 | 1.1347 | 1.1347 |
| Story2 | 85.1 | 66.1 | 79.32 | 1.1510 | 1.1510 |
| Story3 | 81.8 | 63.1 | 75.72 | 1.1670 | 1.1670 |
| Story4 | 78 | 59.7 | 71.64 | 1.1854 | 1.1854 |
| Story5 | 73.8 | 56.1 | 67.32 | 1.2018 | 1.2018 |
| Story6 | 69.2 | 52.2 | 62.64 | 1.2204 | 1.2204 |
| Story7 | 64.1 | 48.1 | 57.72 | 1.2333 | 1.2333 |
| Story8 | 58.9 | 43.8 | 52.56 | 1.2558 | 1.2558 |
| Story9 | 53.3 | 39.4 | 47.28 | 1.2709 | 1.2709 |
| Story10 | 47.3 | 34.7 | 41.64 | 1.2903 | 1.2903 |
| Story11 | 41 | 29.8 | 35.76 | 1.3145 | 1.3145 |
| Story12 | 34.7 | 25 | 30 | 1.3379 | 1.3379 |
| Story13 | 28.6 | 20.3 | 24.36 | 1.3784 | 1.3784 |
| Story14 | 22.4 | 15.7 | 18.84 | 1.4136 | 1.4136 |
| Story15 | 16.2 | 11.2 | 13.44 | 1.4529 | 1.4529 |
| Roof | 10.2 | 6.9 | 8.28 | 1.5175 | 1.5175 |
| GF | 3.4 | 2.4 | 2.88 | 1.3937 | 1.3937 |

Tabel 5.20 Hasil Faktor Amplifikasi Torsi Tak Terduga Arah Dominan Arah Y

| Story | δ_{max} (mm) | δ_{avg} (mm) | 1.2 δ_{avg} (mm) | Ay | Ay Pakai |
|--------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------|-------------|
| Story1 | 99 | 75.8 | 90.96 | 1.1846 | 1.1846 |

| | | | | | |
|---------|------|------|-------|--------|--------|
| Story2 | 95.9 | 72.8 | 87.36 | 1.2051 | 1.2051 |
| Story3 | 92.4 | 69.6 | 83.52 | 1.2239 | 1.2239 |
| Story4 | 88.4 | 66.1 | 79.32 | 1.2421 | 1.2421 |
| Story5 | 83.9 | 62.2 | 74.64 | 1.2635 | 1.2635 |
| Story6 | 78.8 | 58 | 69.6 | 1.2818 | 1.2818 |
| Story7 | 73.2 | 53.5 | 64.2 | 1.3000 | 1.3000 |
| Story8 | 67.5 | 48.9 | 58.68 | 1.3232 | 1.3232 |
| Story9 | 61.3 | 44.1 | 52.92 | 1.3418 | 1.3418 |
| Story10 | 54.6 | 38.9 | 46.68 | 1.3681 | 1.3681 |
| Story11 | 47.5 | 33.6 | 40.32 | 1.3879 | 1.3879 |
| Story12 | 40.3 | 28.3 | 33.96 | 1.4082 | 1.4082 |
| Story13 | 33.3 | 23.1 | 27.72 | 1.4431 | 1.4431 |
| Story14 | 26.1 | 17.9 | 21.48 | 1.4764 | 1.4764 |
| Story15 | 18.9 | 12.8 | 15.36 | 1.5141 | 1.5141 |
| Roof | 11.8 | 7.9 | 9.48 | 1.5493 | 1.5493 |
| GF | 4 | 2.7 | 3.24 | 1.5242 | 1.5242 |

Untuk eksentrisitas desain arah sumbu x (edx) menggunakan amplifikasi faktor A_y karena nilai-nilai amplifikasi melebihi 1 dan perhitungan eksentrisitas desain arah sumbu y (edy) menggunakan amplifikasi faktor A_x sesuai tabel karena memiliki amplifikasi faktor yang lebih dari 1. Berikut merupakan persamaan eksentrisitas desain yang memberikan pengaruh dominan:

$$edx = e_{0x} + (0.05 Lx)(A_y)$$

$$edx = e_{0x} - (0.05 Lx)(A_y)$$

$$edy = e_{0y} + (0.05 Ly)(A_x)$$

$$edy = e_{0y} - (0.05 Ly)(A_x)$$

Tabel 5.21 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah X

| Story | e_{0x} (m) | 0.05 lx (m) | A_y | edx | edx |
|--------|-----------------|-----------------------|-------|--------|--------|
| Story1 | 99 | 75.8 | 90.96 | 1.1846 | 1.1846 |
| Story2 | 95.9 | 72.8 | 87.36 | 1.2051 | 1.2051 |
| Story3 | 92.4 | 69.6 | 83.52 | 1.2239 | 1.2239 |
| Story4 | 88.4 | 66.1 | 79.32 | 1.2421 | 1.2421 |
| Story5 | 83.9 | 62.2 | 74.64 | 1.2635 | 1.2635 |
| Story6 | 78.8 | 58 | 69.6 | 1.2818 | 1.2818 |
| Story7 | 73.2 | 53.5 | 64.2 | 1.3000 | 1.3000 |
| Story8 | 67.5 | 48.9 | 58.68 | 1.3232 | 1.3232 |

| | | | | | |
|---------|------|------|-------|--------|--------|
| Story9 | 61.3 | 44.1 | 52.92 | 1.3418 | 1.3418 |
| Story10 | 54.6 | 38.9 | 46.68 | 1.3681 | 1.3681 |
| Story11 | 47.5 | 33.6 | 40.32 | 1.3879 | 1.3879 |
| Story12 | 40.3 | 28.3 | 33.96 | 1.4082 | 1.4082 |
| Story13 | 33.3 | 23.1 | 27.72 | 1.4431 | 1.4431 |
| Story14 | 26.1 | 17.9 | 21.48 | 1.4764 | 1.4764 |
| Story15 | 18.9 | 12.8 | 15.36 | 1.5141 | 1.5141 |
| Roof | 11.8 | 7.9 | 9.48 | 1.5493 | 1.5493 |
| GF | 4 | 2.7 | 3.24 | 1.5242 | 1.5242 |

Tabel 5.22 Perhitungan Eksentrisitas Desain Arah Y

| Story | eoy (m) | 0.05 ly (m) | Ax | edy | edy |
|---------|------------|-------------------|--------|--------|--------|
| Story1 | 5.5843 | 1.5 | 1.1347 | 7.2863 | 3.8823 |
| Story2 | 5.8948 | 1.5 | 1.1510 | 7.6214 | 4.1682 |
| Story3 | 5.8941 | 1.5 | 1.1670 | 7.6447 | 4.1435 |
| Story4 | 5.7826 | 1.5 | 1.1854 | 7.5608 | 4.0044 |
| Story5 | 5.6198 | 1.5 | 1.2018 | 7.4225 | 3.8171 |
| Story6 | 5.4593 | 1.5 | 1.2204 | 7.2899 | 3.6287 |
| Story7 | 5.2805 | 1.5 | 1.2333 | 7.1304 | 3.4306 |
| Story8 | 5.1024 | 1.5 | 1.2558 | 6.9861 | 3.2187 |
| Story9 | 4.9207 | 1.5 | 1.2709 | 6.8270 | 3.0144 |
| Story10 | 4.7383 | 1.5 | 1.2903 | 6.6738 | 2.8028 |
| Story11 | 4.5661 | 1.5 | 1.3145 | 6.5379 | 2.5943 |
| Story12 | 4.3863 | 1.5 | 1.3379 | 6.3931 | 2.3795 |
| Story13 | 4.1986 | 1.5 | 1.3784 | 6.2662 | 2.1310 |
| Story14 | 4.0031 | 1.5 | 1.4136 | 6.1235 | 1.8827 |
| Story15 | 3.8163 | 1.5 | 1.4529 | 5.9956 | 1.6370 |
| Roof | 3.9235 | 1.5 | 1.5175 | 6.1998 | 1.6472 |
| GF | 4.1914 | 1.5 | 1.3937 | 6.2820 | 2.1008 |

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

6.1 Umum

Dalam perencanaan suatu struktur gedung, perlu adanya pembagian perencanaan elemen struktur, yakni perencanaan untuk struktur primer dan perencanaan untuk struktur sekunder. Dalam struktur sekunder pembebanan yang bekerja tidak menyeluruh, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang terjadi di daerah struktur sekunder. Bagian dari struktur sekunder antara lain, plat lantai (dalam tugas akhir ini menggunakan *Hollow Core Slab*), balok anak, dan tangga.

6.2 Kontrol Perencanaan *Hollow Core Slab*

Dalam tugas akhir ini struktur gedung Isabella Tower, akan dimodifikasi menggunakan plat pracetak *hollow core slab* dengan bentang 4 m dan 5 m. Analisa perhitungan yang digunakan mengacu pada RSNI 2847:2018 dan PCI *handbook*.

6.2.1 Data Perencanaan *Hollow Core Slab*

Berikut merupakan data perencanaan yang digunakan, berdasarkan hasil *preliminary design* pada bab sebelumnya:

- Tebal *Hollow Core Slab*: 15 cm
- Mutu Beton ($f'c$) : 45 Mpa
- Jumlah Wire : 12 ($\phi = 7\text{mm}$)

6.2.2 Kontrol Kapasitas *Hollow Core Slab*

Pelat direncanakan menerima beban mati yang mengacu pada PPIUG 1983, beban hidup yang sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan dengan peraturan SNI 2847:2013.

Beban Mati Tambahan (Atap)

- Utilitas (Plumbing+ducting) : 30 Kg/m^2
- Plafon : 11 Kg/m^2

- Penggantung Plafon : $7 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Spesi (2cm) : $42 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Total : $90 \text{ Kg}/\text{m}^2$

Beban Hidup (Atap)

- Beban Hidup Hunian : $64.512 \text{ Kg}/\text{m}^2$

Kontrol Kapasitas

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2DL + 1.6 LL \\ &= 1.2 \times 90 \text{ Kg}/\text{m}^2 + 1.6 \times 64.512 \text{ Kg}/\text{m}^2 \\ &= 211.219 \text{ Kg}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Pelat dapat digunakan jika:

- a) Kapasitas HCS (4m) > Q_u
 $1530 \text{ Kg}/\text{m}^2 > 211.219 \text{ Kg}/\text{m}^2$ (OK)
- b) Kapasitas HCS (5m) > Q_u
 $890 \text{ Kg}/\text{m}^2 > 211.219 \text{ Kg}/\text{m}^2$ (OK)

Beban Mati Tambahan (Lantai)

- Utilitas (Plumbing+ducting) : $30 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Plafon : $11 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Penggantung Plafon : $7 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Lantai Keramik : $24 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Spesi (2cm) : $42 \text{ Kg}/\text{m}^2$
- Total : $114 \text{ Kg}/\text{m}^2$

Beban Hidup (Lantai)

- Beban Hidup Hunian : $111.324 \text{ Kg}/\text{m}^2$

Kontrol Kapasitas

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2DL + 1.6 LL \\ &= 1.2 \times 114 \text{ Kg/m}^2 + 1.6 \times 111.324 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 314.918 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Pelat dapat digunakan jika:

- a) Kapasitas HCS (4m) > Q_u
 $1530 \text{ Kg/m}^2 > 314.918 \text{ Kg/m}^2$ (OK)
- b) Kapasitas HCS (5m) > Q_u
 $890 \text{ Kg/m}^2 > 314.918 \text{ Kg/m}^2$ (OK)

6.2.3 Data Kontrol Hollow Core Slabs

Berikut merupakan data perencanaan perhitungan tegangan saat transfer untuk hollow core slab dengan bentang 5m pada lantai tipikal, perhitungan kontrol kehilangan prategang mengacu pada *PCI Manual for The Design of Hollow Core Slab 2nd Edition*

| | |
|--------------------------|--|
| tp (tebal plat) | = 150 mm = 5.906 inch = 0.49213 ft |
| b (lebar plat) | = 1197 mm = 47.126 inch = 3.927 ft |
| d (diameter wire) | = 7 mm = 0.275991 inch |
| fpu | = 1655 Mpa = 240 Ksi = 188.549 ksf |
| initial stress (0.7 fpu) | = 168 Ksi |
| f ^c | = 45 Mpa = 6526.6955 psi = 6.5267 ksi |
| l (panjang bentang) | = 5 m = 196.85 inch = 16.4042 ft |
| A (luas Penampang) | = 0.111718 m ² = 173.163 in ² |
| I (momen Inersia) | = 216,675,000.00 mm ⁴ |

$$\begin{aligned}
 &= 520.5596053 \text{ in}^4 \\
 \text{Dead Load} &= 247 \text{ Kg}/\text{m}^2 \\
 &= 50.5896 \text{ psf} \\
 &= 0.05059 \text{ ksf} \\
 \text{Superimposed dead load} &= 114 \text{ Kg}/\text{m}^2 \\
 &= 23.349 \text{ psf} \\
 &= 0.02335 \text{ ksf} \\
 \text{Live Load} &= 111.324 \text{ Kg}/\text{m}^2 \\
 &= 22.801 \text{ psf} \\
 &= 0.0228 \text{ ksf} \\
 \text{Aps} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times 12 = 0.71789 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

6.2.4 Kontrol Kehilangan Prategang *Hollow Core Slab*

- Elastic Shortening/Perpendekan Elastis

$$\begin{aligned}
 \text{Aps fpu} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times fpu \\
 &= \frac{1}{4} \pi 0.27599^2 \times 240 \text{ ksi} \\
 &= 14.3579 \text{ k/strand} \\
 \text{Pi} &= 0.7 \times n \text{ strands} \times \text{Aps fpu} \\
 &= 0.7 \times 12 \times 14.3579 \frac{\text{k}}{\text{strand}} \\
 &= 120.6063708 \text{ k} \\
 \text{Mg} &= \frac{1}{8} ql^2 \\
 &= \frac{1}{8} 0.05059 \text{ ksf} 16.4042 \text{ ft}^2 \\
 &= 6.68255 \text{ ft-k} \\
 &= 80.395 \text{ inch-k} \\
 e &= 50 \text{ mm} \\
 &= 1.9685 \text{ in} \\
 \text{Fcir} &= \text{Kcir} \left(\frac{\text{Pi}}{A} + \frac{\text{Pi} e^2}{A} \right) - \frac{\text{Mg} e}{I} \\
 \text{Kcir} &= 0.9 \text{ (for pretensioned members)} \\
 \text{Fcir} &= 0.9 \left(\frac{120.606}{173.163} + \frac{120.606 \text{ k} 1.969^2}{173.163} \right) - \frac{80.395 1.969}{520.5596} \\
 &= 1.1308 \text{ ksi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= 27195 \text{ ksi (Sumber: www.alloywire.co.id)} \\
 F_{ci} &= 95\% F'_c \\
 &= 42.75 \text{ Mpa} \\
 &= 6200.363 \text{ psi} \\
 E_{ci} &= 40000\sqrt{6200.363} \\
 &= 3149695.427 \text{ psi} \\
 &= 3149.695427 \text{ ksi} \\
 K_{es} &= 1 \text{ (for pretensioned members)} \\
 ES &= K_{es} \frac{E_s}{E_{ci}} f_{cir} \\
 &= 1 \frac{27195}{3149.695} 1.1308 \\
 &= 9.7638 \text{ ksi}
 \end{aligned}$$

- Concrete Creep/Rangkak Beton

$$\begin{aligned}
 F_{c ds} &= \frac{M_{sd} e}{I} \\
 &= \frac{16.4042^2}{8} (0.02335)(3.927)12 (1.969) \\
 &= \frac{520.5596}{520.5596} \\
 &= 0.139957286 \text{ ksi} \\
 E_c &= 40000\sqrt{6526.7} \\
 &= 3231519.766 \text{ psi} \\
 &= 3231.519766 \text{ ksi} \\
 K_{cr} &= 2.0 \text{ (for normal weight pretensioned)} \\
 CR &= K_{cr} \frac{E_s}{E_c} (f_{cir} - f_{c ds}) \\
 &= 2 \frac{27195}{3231.5198} (1.1308 \text{ ksi} - 0.13995 \text{ ksi}) \\
 &= 16.6775 \text{ ksi}
 \end{aligned}$$

- Shrinkage Concrete/Susut Beton

$$\begin{aligned}
 \frac{V}{S} &= \frac{Area}{Perimeter} = \frac{173.163 \text{ in}^2}{2 (47.126 + 5.906)} \\
 &= 1.63265
 \end{aligned}$$

Menggunakan,

RH = Ambient Relative Humidity (70 %)

$K_{sh} = 1$ (for pretensioned members)

$$SH = 8.2 \times 10^{-6} K_{sh} E_s \left(1 - 0.06 \frac{V}{S} \right)$$

$$= 8.2 \times 10^{-6} \times 1 \times 27195 \left(1 - 0.06 \times 1.63265 \right)$$

$$= 6.03463 \text{ ksi}$$

- Steel Relaxation/Relaksasi Baja

$K_{re} = 4400$ psi

$J = 0.035$

$C = 0.75$ untuk $f_{si}/f_{pu} = 0.7$

Tabel 6.1 Tabel K_{re} dan J dengan Beberapa Tipe Tendon

| Type of tendon | K_{re} psi | J |
|--|--------------|-------|
| 270 Grade stress-relieved strand or wire | 20,000 | 0.15 |
| 250 Grade stress-relieved strand or wire | 18,500 | 0.14 |
| 240 or 235 Grade stress-relieved wire | 17,600 | 0.13 |
| 270 Grade low-relaxation strand | 5000 | 0.040 |
| 250 Grade low-relaxation wire | 4630 | 0.037 |
| 240 or 235 Grade low-relaxation wire | 4400 | 0.035 |
| 145 or 160 Grade stress-relieved bar | 6000 | 0.05 |

(Sumber: PCI design Handbook)

Tabel 6.2 Tabel Nilai C

| f_{si}/f_{pu} | Stress-relieved strand or wire | Stress-relieved bar or low-relaxation strand or wire |
|-----------------|--------------------------------|--|
| 0.80 | | 1.28 |
| 0.79 | | 1.22 |
| 0.78 | | 1.16 |
| 0.77 | | 1.11 |
| 0.76 | | 1.05 |
| 0.75 | 1.45 | 1.00 |
| 0.74 | 1.36 | 0.95 |
| 0.73 | 1.27 | 0.90 |
| 0.72 | 1.18 | 0.85 |
| 0.71 | 1.09 | 0.80 |
| 0.70 | 1.00 | 0.75 |
| 0.69 | 0.91 | 0.70 |
| 0.68 | 0.89 | 0.66 |
| 0.67 | 0.83 | 0.61 |
| 0.66 | 0.78 | 0.57 |
| 0.65 | 0.73 | 0.53 |
| 0.64 | 0.68 | 0.49 |
| 0.63 | 0.63 | 0.45 |
| 0.62 | 0.58 | 0.41 |
| 0.61 | 0.53 | 0.37 |
| 0.60 | 0.49 | 0.33 |

(Sumber: PCI design Handbook)

$$\begin{aligned}
 RE &= (Kre - J(SH + CR + ES)) \times C \\
 &= \left(\frac{4400}{1000} - 0.035 (6.035 + 16.678 + 9.764) \right) \times 0.75 \\
 &= 2.4475 \text{ Ksi}
 \end{aligned}$$

- Total Loss/Total Kehilangan Prategang
 $= 9.764 \text{ ksi} + 16.678 \text{ ksi} + 6.0346 \text{ ksi} + 2.4475 \text{ Ksi}$
 $= 34.92336899 \text{ Ksi}$

$$\% = \frac{34.9233}{0.7 \times 240 \text{ ksi}} \times 100 = 20.7877\%$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 4 m diperoleh sebesar 22.901 %

6.2.5 Kontrol Kekuatan Lentur Hollow Core Slab

Berikut merupakan perhitungan kekuatan lentur untuk *hollow core slab* dengan bentang 5m pada lantai tipikal, perhitungan kontrol kekuatan lentur mengacu pada *PCI Manual for The Design of Hollow Core Slab 2nd Edition*

$$\phi M_n = \phi A_{ps} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \text{ (Persamaan ACI 18-3)}$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \left(\frac{\gamma_p}{\beta_1} \left(\rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} \right) \right) \right)$$

$$\text{Use } \gamma_p = 0.28 \text{ (for low relaxation wire)}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - \left(\frac{6526.6965 - 4000}{1000} \right) 0.05 \\
 &= 0.723665
 \end{aligned}$$

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b \times d_p} = \frac{0.71789}{47.126 \times 5.906} = 0.0025795$$

$$\begin{aligned}
 f_{ps} &= 240 \left(1 - \left(\frac{0.28}{0.723665} \left(0.0025795 \frac{240}{6.5267} \right) \right) \right) \\
 &= 231.1916938 \text{ ksi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega_p &= \frac{\rho_p \times f_{ps}}{f'_c} = \frac{0.0025795 \times 231.1917}{6.5267} \\
 &= 0.09137 < 0.36 \quad \beta_1 = 0.26229 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{A_{ps} \times f_{ps}}{0.85 f'_c b} = \frac{0.71789 \times 231.192}{47.126 \times 5.906} = 0.6348 \text{ in}$$

0.6348 in < 5.906 in, maka perhitungan momen nominal dianalisis seperti balok biasa

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.9 (0.71789) (231.192) \left(5.906 - \frac{0.6348}{2} \right) \\ &= 834.717 \text{ in-k/slab} \\ &= 69.5598 \text{ ft-k/slab}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_u &= 1.4 (0.05059 \text{ ksf} + 0.02335 \text{ ksf}) + 1.7 (0.0228 \text{ ksf}) \\ &= 0.14228 \text{ ksf}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{16.402^2}{8} \times (0.14228 \text{ ksf})(3.927 \text{ ft}) \\ &= 18.79368219 \text{ ft-k/slab}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 69.5598 \text{ ft} - \frac{k}{\text{slab}} > M_u = 18.794 \text{ ft} - \frac{k}{\text{slab}} \text{ (OK)}$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 4 m diperoleh Nilai ϕM_n 72.0511 $\text{ft} - \frac{k}{\text{slab}}$ untuk M_u sebesar 12.028 $\text{ft} - \frac{k}{\text{slab}}$

Cek tulangan minimum

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

$$\text{Total kehilangan} = 20.7877\%$$

$$\begin{aligned}\text{Aps fse} &= (0.7) (12) (14.3579 \text{ k/strand}) (1-0.207877) \\ &= 95.53505659 \text{ k}\end{aligned}$$

$$S_x = 176.297 \text{ in}^3$$

$$Y_b = 2.9528 \text{ in}$$

Bottom Compression

$$\frac{95.535}{173.163} + \frac{95.535 (1.9685 \text{ in})}{176.297} = 1.6184 \text{ ksi}$$

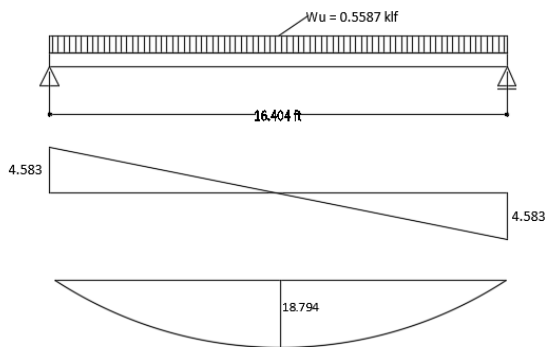
$$M_{cr} = \frac{520.5596}{2.9528} \left(1.6184 + \frac{7.5\sqrt{6526.6955}}{1000} \right) = 392.1434 \text{ in-k/slab}$$

$$\frac{\phi M_n}{M_{cr}} = \frac{834.717}{392.1434} = 2.1286 > 1.2 \text{ (OK)}$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 4 m diperoleh sebesar $2.17 > 1.2$ (OK)

6.2.6 Kontrol Kekuatan Geser Hollow Core Slab

Berikut merupakan perhitungan kekuatan geser untuk *hollow core slab* dengan bentang 5m pada lantai tipikal, perhitungan kontrol kekuatan geser mengacu pada *PCI Manual for The Design of Hollow Core Slab 2nd Edition*



Gambar 6.1 Gambar Diagram Geser dan Momen pada Plat

$$\begin{aligned} W_u &= 1.4 (0.05059 \text{ ksf} + 0.02335 \text{ ksf}) + 1.7 (0.0228 \text{ ksf}) \\ &= 0.14227574 \text{ ksf} \\ &= 0.558716831 \text{ klf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_{cw} &= \frac{0.85}{1000} \left(3.5 \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc} \right) b_w d \text{ (ACI eq. 11-12)} \\ &= \frac{0.85}{1000} \left(3.5 \sqrt{6526.6955} + 0.3 f_{pc} \right) 11.811 \times 5.906 \\ &= 16.764 + 0.01779 f_{pc} \end{aligned}$$

f_{pc} dihitung sebagai fungsi dari transfer prategang ke bagian sepanjang bentang. Dengan panjang transfer sebesar

$$\begin{aligned} db &= 40 \text{ mm} \\ &= 1.5748 \text{ inch} \\ 50 db &= 50 \times 1.5748 \text{ inch} \\ &= 78.74 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$A_{ps}f_{se} = 12 (14357.901)(0.7)(1-0.207877) x \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

$$= 95535.05659 \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

$$f_{pc} = \frac{A_{ps}f_{se}}{A}$$

$$= \frac{95535.05659}{173.163} x \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

$$= 551.7051487 x \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

$$\phi V_{cw} = 16.764 + 0.01779 f_{pc}$$

$$= 16.764 + 0.01779 \left(551.7051487 x \left(\frac{x}{78.74}\right)\right)$$

$$= 16.764 + 9.812762692 \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

$$\phi V_{ci} = 0.6 \sqrt{f'_c} b_w d + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{max}} \text{ (ACI eq. 11-10)}$$

V_d = Gaya geser yang dipengaruhi oleh berat sendiri tanpa faktor

$$= \frac{ql}{2} - qx$$

$$= \frac{0.05059 x 3.927 x 16.4042}{2} - (0.05059 x 3.927)x$$

$$= 1.62947 - 0.19867x$$

V_u = Gaya geser yang dipengaruhi oleh total beban terfaktor

$$= \frac{ql}{2} - qx$$

$$= \frac{0.14228 x 3.927 x 16.4042}{2} - (0.14228 x 3.927)x$$

$$= 4.58265 - 0.55872x$$

V_i = $V_u - V_d$

$$= 2.9532 - 0.36x$$

M_{cr} = $\left(\frac{l}{y_b}\right) (6 \sqrt{f'_c} + f_{pe} - fd)$ (ACI eq. 11-11)

$$f_{pe} = A_{ps} f_{se} \left(\frac{1}{A} + \frac{e y_b}{I}\right)$$

$$= 95.53506 \left(\frac{1}{173.163} + \frac{1.9685 x 2.9528}{I}\right) \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

$$= 1.61843701 x \left(\frac{x}{78.74}\right)$$

fd = tegangan lentur akibat berat sendiri tanpa faktor

$$= \frac{Md}{S_x}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(3.927)(0.05059)x}{2}(16.404-x) \\
 &= \frac{176.297}{1.62947x - 0.09933x^2} \\
 M_{cr} &= \frac{176.297}{\left(\frac{520.5596}{2.953}\right)x} \\
 &\quad \left(6\sqrt{6526.696} + f_{pe} - \left(\frac{1.62947x - 0.09933x^2}{176.297}\right)12\right) \\
 M_{cr} &= 7.121319968 + 14.69138 f_{pe} - 1.62947x + 0.09933x^2 \\
 M_{max} &= M_u - M_d \\
 M_d &= \frac{ql}{2}x - \frac{q}{2}x^2 \\
 &= \frac{(0.05059)(3.927)(16.4042)}{2}x - \frac{(0.05059)(3.927)}{2}x^2 \\
 &= 1.6294x - 0.09933x^2 \\
 M_u &= \frac{ql}{2}x - \frac{q}{2}x^2 \\
 &= \frac{(0.14228)(3.927)(16.4042)}{2}x - \frac{(0.14228)(3.927)}{2}x^2 \\
 &= 4.5827x - 0.27936x^2 \\
 M_{max} &= (4.5827x - 0.27936x^2) - (1.6294x - 0.09933x^2) \\
 &= 2.9532x - 0.18x^2
 \end{aligned}$$

Tabel 6.3 Kebutuhan Tulangan Geser untuk Bentang 5 m

| x (ft) | V _u | φV _{cw} | φV _{ci} | Kontrol |
|----------|----------------|------------------|------------------|----------------------------|
| 0.246063 | 4.4452 | 16.7947 | 27.3519 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 0.5 | 4.3033 | 16.8263 | 14.8481 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 1 | 4.0239 | 16.8886 | 8.7740 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 1.5 | 3.7446 | 16.9509 | 6.7340 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 2 | 3.4652 | 17.0132 | 5.7012 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 2.5 | 3.1859 | 17.0756 | 5.0703 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 3 | 2.9065 | 17.1379 | 4.6392 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 3.5 | 2.6271 | 17.2002 | 4.3213 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 4 | 2.3478 | 17.2625 | 4.0730 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 4.5 | 2.0684 | 17.3248 | 3.8701 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 5 | 1.7891 | 17.3871 | 3.6978 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 5.5 | 1.5097 | 17.4494 | 3.5465 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 6 | 1.2304 | 17.5117 | 3.4095 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 6.5 | 0.9510 | 17.5740 | 3.2821 | Tidak Perlu Tulangan Geser |

| | | | | |
|-----|--------|---------|--------|----------------------------|
| 7 | 0.6716 | 17.6364 | 3.1605 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 7.5 | 0.3923 | 17.6987 | 3.0416 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 8 | 0.1129 | 17.7610 | 2.9226 | Tidak Perlu Tulangan Geser |

Tabel 6.4 Kebutuhan Tulangan Geser untuk Bentang 4 m

| x (ft) | Vu | ϕV_{ew} | ϕV_{ci} | Kontrol |
|----------|--------|---------------|---------------|----------------------------|
| 0.246063 | 3.5287 | 16.7939 | 27.2487 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 0.5 | 3.3868 | 16.8247 | 14.7405 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 1 | 3.1074 | 16.8853 | 8.6569 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 1.5 | 2.8281 | 16.9459 | 6.6061 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 2 | 2.5487 | 17.0066 | 5.5611 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 2.5 | 2.2693 | 17.0672 | 4.9163 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 3 | 1.9900 | 17.1279 | 4.4694 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 3.5 | 1.7106 | 17.1885 | 4.1333 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 4 | 1.4313 | 17.2492 | 3.8639 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 4.5 | 1.1519 | 17.3098 | 3.6365 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 5 | 0.8725 | 17.3705 | 3.4354 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 5.5 | 0.5932 | 17.4311 | 3.2500 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 6 | 0.3138 | 17.4918 | 3.0723 | Tidak Perlu Tulangan Geser |
| 6.5 | 0.0345 | 17.5524 | 2.8958 | Tidak Perlu Tulangan Geser |

6.2.7 Camber dan Defleksi Hollow Core Slab

a.) Initial Camber

$$\begin{aligned}
 P_o &= 114.576 \text{ k} \\
 \text{Camber} &= \frac{P e l^2}{8 EI} - \frac{5 w l^4}{384 EI} \\
 &= \frac{114.576 (1.9685)(3.927 \times 12)^2}{8 (3149.695)(520.5596)} \\
 &\quad - \frac{5 (3.927) (0.05059) (16.4042)^4 (1728)}{384 (3149.695)(520.5596)} \\
 &= 0.6663 \text{ in} - 0.197 \text{ in} = 0.469 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 4 m diperoleh sebesar 0.23 in

| Condition | Without Composite Topping | With Composite Topping |
|---|---------------------------|------------------------|
| At Erection: | | |
| 1. Deflection (downward) component - apply to the elastic deflection due to the member weight at release of prestress | 1.85 | 1.85 |
| 2. Camber (upward) component - apply to the elastic camber due to the prestress at the time of release of prestress | 1.80 | 1.80 |
| Final: | | |
| 3. Deflection (downward) component - apply to the elastic deflection due to the member weight at release of prestress | 2.70 | 2.40 |
| 4. Camber (upward) component - apply to the elastic camber due to prestress at the time of release of prestress | 2.45 | 2.20 |
| 5. Deflection (downward) - apply to elastic deflection due to superimposed dead load only | 3.00 | 3.00 |
| 6. Deflection (downward) - apply to elastic deflection caused by the composite topping | --- | 2.30 |

Gambar 6.2 Faktor Pembesaran untuk Jangka Panjang

Erection Camber

$$0.663 (1.8) - 0.197 (1.85) = 0.834 \text{ in}$$

Final Camber

$$0.663 (2.45) - 0.197 (2.7) = 1.099 \text{ in}$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 4 m diperoleh sebesar 0.618 untuk *erection camber* dan 0.826 in untuk final camber

b.) Defleksi

superimposed dead load instantaneous deflections

$$\frac{5 (3.927) (0.02335) (16.4042)^4 (1728)}{384 (3149.695)(520.5596)} = 0.091115634 \text{ in}$$

Final deflection

$$0.091115634 \text{ in} (3) = 0.273346903 \text{ in}$$

Instantaneous live load deflections

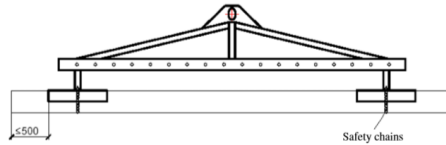
$$\frac{5 (3.927) (0.0228) (16.4042)^4 (1728)}{384 (3149.695)(520.5596)} = 0.088977154 \text{ in}$$

Final Positions

$$1.099 \text{ in} - 0.2734 \text{ in} - 0.08898 \text{ in} = +0.737 \text{ in}$$

Dengan perhitungan yang sama, untuk bentang 4 m diperoleh sebesar +0.678 in untuk final position

6.2.8 Pengangkatan Hollow Core Slab



Gambar 6.3 Pengangkatan *Hollow Core Slab*
(Sumber: *Consolis Betonika*)

Kontrol Tegangan Tarik *Hollow Core Slab*

➤ Bentang 4m

$$a = 1.197 \text{ m}$$

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

$$W = 247 \text{ Kg/m}^2$$

$$S_x = 4,185,684.48 \text{ mm}^3$$

$$F_{kub} = 450 \text{ Kg/m}^2$$

$$F_t \text{ ijin} = \frac{7.5 \lambda \sqrt{f'c}}{1.5} = \frac{7.5 \cdot 1 \cdot \sqrt{45}}{1.5} = 106.066 \text{ Kg/m}^2$$

Tegangan tarik yang terjadi,

$$+M_y = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \times 247 \times 1.197 \text{ m}^2$$

$$+M_y = 591.318 \text{ Kgm}$$

$$F_t = \frac{M_y}{S_x} = \frac{591.318 \times 1000}{4,185,684.48} = 0.14 \text{ Kg/mm}^2$$

$F_t \text{ ijin} > f_t$

$$106.066 \text{ Kg/cm}^2 > 14.127 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

➤ Bentang 5m

$$a = 1.197 \text{ m}$$

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

$$W = 247 \text{ Kg/m}^2$$

$$S_x = 4,185,684.48 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
 F_{kub} &= 450 \text{ Kg/m}^2 \\
 F_t \text{ ijin} &= \frac{7.5 \lambda \sqrt{f'rc}}{1.5} = \frac{7.5 \cdot 1 \cdot \sqrt{45}}{1.5} = 106.066 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{Tegangan tarik yang terjadi,} \\
 +M_y &= \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \times 247 \times 1.197 \text{ m}^2 \\
 +M_y &= 923.934375 \text{ Kgm} \\
 F_t &= \frac{M_y}{S_x} = \frac{923.934375 \times 1000}{4,185,684.48} \\
 &= 0.703744 \text{ Kg/mm}^2 \\
 F_t \text{ ijin} &> f_t \\
 106.066 \text{ Kg/cm}^2 &> 70.3744 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

6.3 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak pracetak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi panjang, karena plat pracetak direncanakan menggunakan tipe plat 1 arah. Sehingga hanya tertumpu pada dua titik tumpu. Titik tumpu pertama dan kedua untuk balok anak berada pada balok induk

6.3.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan balok anak pracetak akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi, yakni pada saat sebelum overtopping, sebelum komposit, dan setelah komposit. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk balok anak tipe BA 1

- Dimensi komposit : 40 x 50
- Dimensi halfbeam : 40 x 35
- Tebal overtopping balok: 5 cm
- $f'c$: 40 Mpa
- f_y : 400 Mpa
- L : 8 m
- L_x : 4 m
- D longitudinal : 25 mm
- D transversal : 13 mm

$$q \text{ balok anak} : 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.4 \text{ m} \times 0.35 \text{ m} = 336 \text{ Kg/m}$$

Beban hidup :

$$q = 0$$

Beban total terfaktor :

$$q = 1.4 q \text{ balok anak} = 1.4 \times 336 \text{ Kg/m} = 470.4 \text{ Kg/m}$$

➤ Pembebanan pada Saat Sebelum Komposit

Beban mati :

$$q \text{ balok anak} : 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.4 \text{ m} \times 0.35 \text{ m} = 336 \text{ Kg/m}$$

$$q \text{ topping} : 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} = 108 \text{ Kg/m}$$

$$q \text{ Plat} : 247 \text{ Kg/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 2 = 988 \text{ Kg/m}$$

Beban hidup :

$$q = 0$$

Beban total terfaktor :

$$q = 1.4 q \text{ balok anak} = 1.4 \times 1468 \text{ Kg/m} = 2055.2 \text{ Kg/m}$$

6.3.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

a) Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur untuk balok anak pracetak, perlu adanya perhitungan untuk menentukan rasio tulangan maksimum dan minimum. Berikut merupakan contoh perhitungan rasio tulangan maksimum dan minimum:

$$\rho \text{ minimum 1} : \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)}$$

$$: \frac{0.25 \sqrt{40}}{400} = 0.003953 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho \text{ minimum 2} : \frac{1.4}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)}$$

$$: \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{40 - 28}{7} = 0.764$$

$$\rho \text{ maksimum 1} : 0.025 \text{ (RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1) (menentukan)}$$

$$m : \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.7647$$

$$dx : h - d' - \phi - \frac{1}{2} D$$

$$: 500 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 424.5 \text{ mm}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada balok anak setelah komposit, diasumsikan balok anak pracetak merupakan balok menerus. Sehingga, perolehan besar momen dapat menggunakan program bantu ETABS 2013:

M lapangan (+) : 7196.2 Kgm
 M lapangan (-) : 0.5 M lapangan (+)
 : 3598.1 Kgm
 M tumpuan (-) : 2262.84 Kgm
 M tumpuan (+) : 0.5 M lapangan (-)
 : 1131.42 Kgm

➤ Tulangan Negatif Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2262.84 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 424.5^2} = 0.34882 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.3488}{400}} \right)$$

$$= 0.00088 < \rho \text{ min} = 0.00395$$

ρ pakai = 0.00395

As perlu = $\rho \times b_w \times dx$

$$= 0.00395 \times 400 \times 424.5 = 671.193 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{671.193}{490.8739} = 1.367 \approx 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D \text{ mm} - 2 \times d' \text{ mm}}{n - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2 \times 13 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{2 - 1} = 224 \\ \approx 220 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 2D25-220 mm

Kontrol Regangan:

$$P = \frac{A_s}{bd} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{400 \times 424.5} = 0.005781789$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400}{0.85 \times 40 \times 400} = 28.875 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{28.875}{0.764} = 37.78 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0.003 \times \left(\frac{427.45 - 37.78}{37.78} \right) \\ = 0.030708057 > 0.005 \text{ (OK)}$$

$$M_u = \phi A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ = 0.9 \times 2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400 \left(424.5 - \frac{28.875}{2} \right) \\ = 144928062.4 \text{ Nmm} \\ = 14492.80624 \text{ Kgm} > M_{tumpuan} = 2262.84 \text{ Kgm}$$

➤ Tulangan Positif Tumpuan

Pada perencanaan tulangan positif tumpuan balok anak pracetak menggunakan 0.5 momen tumpuan negatif, sehingga diperoleh momen sebesar:

$$M \text{ tumpuan (+)} : 0.5 M \text{ tumpuan (-)} = 1131.42 \text{ Kg}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1131.42 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 424.5^2} = 0.174 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.174}{400}} \right) \\ = 0.000437 < \rho \text{ min} = 0.00395$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00395$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d_x \\ = 0.00395 \times 400 \times 424.5 = 671.93 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{671.93}{490.8739} = 1.367 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b-2x\phi-nxD\text{ mm}-2xd'\text{ mm}}{n-1} \\
 S &= \frac{400-2x13\text{ mm}-2x25\text{ mm}-2x50\text{ mm}}{2-1} = 224 \\
 &\approx 224\text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25-220 mm

➤ Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{7196.2 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 424.5^2} = 1.109\text{ Mpa} \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xm \times R_n}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 1.109}{400}} \right) \\
 &= 0.00282 < \rho_{\min} = 0.00395 \\
 \rho \text{ pakai} &= 0.00395 \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times d_x \\
 &= 0.00395 \times 400 \times 424.5 = 671.93\text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{671.93}{490.8739} = 1.367 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b-2x\phi-nxD\text{ mm}-2xd'\text{ mm}}{n-1} \\
 S &= \frac{400-2x13\text{ mm}-2x25\text{ mm}-2x50\text{ mm}}{2-1} = 224 \\
 &\approx 220\text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25-220 mm

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\text{As}}{bd} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{400 \times 424.5} = 0.005781789 \\
 a &= \frac{\text{As} \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400}{0.85 \times 40 \times 400} = 28.875\text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{28.875}{0.764} = 37.78\text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0.003 \times \left(\frac{427.45-37.78}{37.78} \right) \\
 &= 0.030708057 > 0.005 \text{ (OK)} \\
 Mu &= \phi \text{As} \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0.9 \times 2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400 \left(424.5 - \frac{28.875}{2} \right) \\
 &= 144928062.4\text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$= 14492.80624 \text{ Kgm} > M_{\text{lapangan}} = 7196.2 \text{ Kgm}$$

➤ Tulangan Negatif Lapangan

Pada perencanaan tulangan negatif lapangan balok anak pracetak menggunakan 0.5 momen tumpuan negatif, sehingga diperoleh momen sebesar:

$$M_{\text{lapangan (-)}} : 0.5 M_{\text{lapangan (+)}} = 3598.1 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{3598.1 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 424.5^2} = 0.555 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.555}{400}} \right)$$

$$= 0.001398 < \rho_{\text{min}} = 0.00395$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00395$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$= 0.00395 \times 400 \times 424.5 = 671.93 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{671.93}{490.8739} = 1.367 \approx 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D}{n - 1} = \frac{400 - 2 \times 13 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}}{2 - 1} = 224$$

$$S \approx 220 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25-220 mm

Tabel 6.5 Rekapitulasi Hasil Momen

| Tulangan Lentur Setelah Komposit | | | | | | |
|----------------------------------|-----|--------------|----|-------|----------|---------|
| Balok | l | Dimensi (cm) | | dx | Mu+ | Mu- |
| | (m) | b | h | (mm) | Kgm | Kgm |
| BA 1 | 8 | 40 | 50 | 424.5 | 7196.2 | 2262.84 |
| BA 2 | 6 | 30 | 50 | 424.5 | 10240.93 | 6559.88 |
| BA 3 | 5 | 30 | 50 | 424.5 | 3484.75 | 2205.8 |
| BA 4 | 4 | 30 | 50 | 424.5 | 3688.98 | 4182.16 |
| BA 5 | 4.2 | 30 | 50 | 424.5 | 2892.32 | 4725.73 |
| BA 6 | 2.6 | 30 | 50 | 424.5 | 819.39 | 3653.51 |

Tabel 6.6 Rekapitulasi Tulangan Positif Lapangan

| Tulangan Positif Lapangan | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-------|-------------|------------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Balok | Batas Rasio Tulangan | | pperlu | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| | pmin | pmax | | | | | | |
| BA 1 | 0.003535534 | 0.025 | 0.002820006 | 0.00395285 | 671.1934 | 2 | 25 | 224 |
| BA 2 | 0.003535534 | 0.025 | 0.003440295 | 0.00543593 | 692.2662 | 2 | 25 | 124 |
| BA 3 | 0.003535534 | 0.025 | 0.001809843 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 4 | 0.003535534 | 0.025 | 0.001917135 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 5 | 0.003535534 | 0.025 | 0.00149939 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 6 | 0.003535534 | 0.025 | 0.000422076 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |

Tabel 6.7 Rekapitulasi Tulangan Negatif Tumpuan

| Tulangan Negatif Tumpuan | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|-------|-------------|------------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Balok | Batas Rasio Tulangan | | pperlu | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| | pmin | pmax | | | | | | |
| BA 1 | 0.003535534 | 0.025 | 0.000876559 | 0.00395285 | 671.1934 | 2 | 25 | 224 |
| BA 2 | 0.003535534 | 0.025 | 0.003440295 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 3 | 0.003535534 | 0.025 | 0.001141069 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 4 | 0.003535534 | 0.025 | 0.002176799 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 5 | 0.003535534 | 0.025 | 0.002463941 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |
| BA 6 | 0.003535534 | 0.025 | 0.001898491 | 0.00395285 | 503.3951 | 2 | 25 | 124 |

b) Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur untuk balok anak pracetak, perlu adanya perhitungan untuk menentukan rasio tulangan maksimum dan minimum. Diasumsikan kondisi sebelum komposit umur beton mencapai 14 hari, sehingga f'_c dikalikan dengan faktor pengali sebesar 0.8. Berikut merupakan contoh perhitungan rasio tulangan maksimum dan minimum:

$$\rho \text{ minimum 1} : \frac{0.25 \sqrt{32}}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)}$$

$$: \frac{0.25 \sqrt{32}}{400} = 0.00354 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho \text{ minimum 2} : \frac{1.4}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)}$$

$$: \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{32 - 28}{7} = 0.821$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ maksimum } 1 & : 0.025 \text{ (RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1)} \\ m & : \frac{fy}{0.85 \times fc} = \frac{400}{0.85 \times 32} = 14.706 \\ dx & : h - d' - \phi - \frac{1}{2}D \\ & : 350 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 274.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada balok anak sebelum komposit, diasumsikan balok anak pracetak tertumpu pada tumpuan sederhana, sehingga berikut merupakan contoh perhitungan momen balok anak

$$M \text{ lapangan: } \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times 2055.2 \times 8^2 = 16441.6 \text{ Kgm}$$

Mtumpuan : 0 Kgm

➤ Tulangan Negatif Tumpuan

Pada daerah tumpuan momen yang bekerja adalah nol, hal ini dikarenakan balok anak masih tertumpu sederhana pada konsol balok induk. Namun, pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} & = 0.00354 \\ As \text{ perlu} & = \rho \times b_w \times dx \\ & = 0.00354 \times 400 \times 274.5 = 388.2016 \text{ mm}^2 \\ n & = \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{388.202}{490.8739} = 0.79 \approx 2 \text{ buah} \\ S & = \frac{b-2 \times \phi - n \times D}{n-1} \\ S & = \frac{400-2 \times 13 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}}{2-1} \\ & = 224 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 2D25-220 mm

➤ Tulangan Positif Tumpuan

Pada daerah tumpuan momen yang bekerja adalah nol, hal ini dikarenakan balok anak masih tertumpu sederhana pada konsol

balok induk. Namun, pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\ &= 0.00354 \times 400 \times 274.5 = 388.2016 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{388.2016}{490.8739} = 0.79 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b-2 \times \phi - n \times D \text{ mm} - 2 \times d' \text{ mm}}{n-1} \\ S &= \frac{400 - 2 \times 13 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{2-1} \\ &= 224 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 2D25-220 mm

➤ Tulangan Positif Lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{16441.6 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 274.5^2} = 6.6012 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.706} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.706 \times 6.6012}{400}} \right) \\ &= 0.0174 > \rho_{\min} = 0.00354 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0174$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\ &= 0.0174 \times 400 \times 274.5 = 1907.439 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{1907.439}{490.8738521} = 3.886 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b-2 \times \phi - n \times D \text{ mm} - 2 \times d' \text{ mm}}{n-1} \\ S &= \frac{400 - 2 \times 13 \text{ mm} - 4 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{4-1} = 58 \\ &\approx 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 4D25-50 mm

Kontrol Regangan:

$$P = \frac{\text{As}}{bd} = \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{400 \times 274.5} = 0.0178$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400}{0.85 \times 32 \times 400} = 72.187 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{72.187}{0.821} = 87.88 \text{ mm} \\
 ct &= 0.003 \times \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0.003 \times \left(\frac{274.5-87.88}{87.88} \right) \\
 &= 0.00637 > 0.005 \text{ (OK)} \\
 Mu &= \phi A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0.9 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400 \left(274.5 - \frac{72.187}{2} \right) \\
 &= 168519507.46 \text{ Nmm} \\
 &= 16851.95 \text{ Kgm} > M_{\text{lapangan}} = 15097.6 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

➤ Tulangan Negatif Lapangan

Pada daerah lapangan momen negatif yang digunakan merupakan 0.5 momen positif lapangan.

M lapangan (-) : 0.5 M lapangan (+) = 8220.8 Kgm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{8220.8 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 274.5^2} = 3.03 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.706} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.706 \times 3.03}{400}} \right) \\
 &= 0.00805 > \rho_{\text{min}} = 0.00354
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\
 &= 0.00805 \times 400 \times 274.5 = 884.259 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{884.259}{490.8738521} = 1.801 \approx 2 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b-2 \times \phi - n \times D}{n-1} = \frac{400-2 \times 13 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}}{2-1}$$

$$S = \frac{400-2 \times 13 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}}{2-1} = 224 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 2D25-220 mm

Tabel 6.8 Rekapitulasi Hasil Momen

| Tulangan Lentur Sebelum Komposit | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------------|----|-------------|----------|------------|----------|-----|
| Balok | l (m) | Dimensi (cm) | | Overtopping | h aktual | dx (mm) | Mu+ | Mu- |
| | | b | h | | | | Kgm | Kgm |
| BA 1 | 8 | 40 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 16441.6 | 0 |
| BA 2 | 6 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 8492.4 | 0 |
| BA 3 | 5 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 5897.5 | 0 |
| BA 4 | 4 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 1008 | 0 |
| BA 5 | 4.2 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 4161.276 | 0 |
| BA 6 | 2.6 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 1594.684 | 0 |

Tabel 6.9 Hasil Penulangan Positif Lapangan

| Balok | Tulangan Positif Lapangan | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|----------|-------------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| | Batas Rasio Tulangan | | pperlu | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| | pmin | pmax | | | | | | |
| BA 1 | 0.003536 | 0.025 | 0.017372 | 0.017371942 | 1907.439259 | 4 | 25 | 58 |
| BA 2 | 0.003536 | 0.025 | 0.01139 | 0.011389546 | 937.9291266 | 2 | 25 | 124 |
| BA 3 | 0.003536 | 0.025 | 0.007681 | 0.007680806 | 632.5143522 | 2 | 25 | 124 |
| BA 4 | 0.003536 | 0.025 | 0.00125 | 0.003535534 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 5 | 0.003536 | 0.025 | 0.005322 | 0.00532174 | 438.2452691 | 2 | 25 | 124 |
| BA 6 | 0.003536 | 0.025 | 0.001989 | 0.003535534 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |

Tabel 6.10 Hasil Penulangan Negatif Tumpuan

| Balok | pmin | Tulangan Negatif Tumpuan | | | |
|-------|----------|------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| | | As min (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| BA 1 | 0.003536 | 388.2016229 | 2 | 25 | 224 |
| BA 2 | 0.003536 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 3 | 0.003536 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 4 | 0.003536 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 5 | 0.003536 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 6 | 0.003536 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |

c) Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur untuk balok anak pracetak, perlu adanya perhitungan untuk menentukan rasio tulangan maksimum dan minimum. Diasumsikan kondisi saat pengangkatan umur beton mencapai 14 hari, sehingga $f'c$ dikalikan dengan faktor pengali sebesar 0.75. Berikut merupakan contoh perhitungan rasio tulangan maksimum dan minimum:

$$\rho \text{ minimum 1} : \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)}$$

$$: \frac{0.25 \sqrt{30}}{400} = 0.00342$$

$$\rho \text{ minimum 2} : \frac{1.4}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)}$$

$$: \frac{1.4}{400} = 0.0035 \text{ (menentukan)}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{30 - 28}{7} = 0.836$$

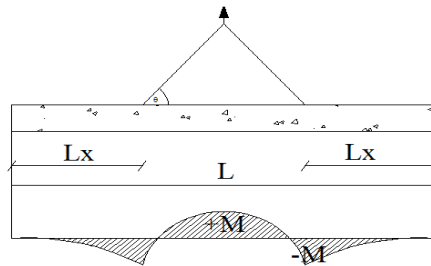
$$\rho \text{ maksimum 1} : 0.025 \text{ (RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1) (menentukan)}$$

$$m : \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686$$

$$dx \quad : h - d' - \phi - \frac{1}{2}D$$

$$: 350 - 50 - 10 - \frac{25}{2} = 274.5 \text{ mm}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada balok anak pada saat pengangkatan, berdasarkan titik angkat yang terjadi pada balok anak pracetak, sehingga berikut merupakan contoh perhitungan momen balok anak:



Gambar 6.6 Pengangkatan Balok Anak Pracetak

$$+M = \frac{Wl^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2 l^2}{2}$$

$$Yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{350}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 350^3$$

$$= 1429166667 \text{ mm}^4$$

$$Yc = yt + 5 = 17.5 \text{ cm} + 5 = 22.5 \text{ cm}$$

Direncanakan sudut titik angkat 45 derajat

$$\theta = 45$$

$$X = \frac{\left(1 + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right)}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{yt}{yb} \left(1 + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right)} \right]}$$

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\left(1 + \frac{4 \cdot 22.5}{800 \tan 45}\right)}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{17.5 \left(1 + \frac{4 \cdot 22.5}{l \tan \theta}\right)}{17.5}}\right]} \\
 X &= 0.226722093 \\
 W &= qu = 470.4 \text{ Kg/m} \\
 +M &= \frac{Wl^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4 Yc}{l \tan \theta}\right) \\
 &= \frac{470.4 \cdot 8^2}{8} \left(1 - 40.2267 + \frac{4 \cdot 0.225}{8 \tan 45}\right) \\
 &= 773.7576832 \text{ Kgm} \\
 -M &= \frac{WX^2l^2}{2} \\
 &= \frac{470.4 \cdot 0.2267^2 \cdot 8^2}{2} \\
 &= 773.7576832 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

➤ Tulangan Negatif Tumpuan

Pada saat pengangkatan daerah titik angkat mengalami adanya momen negatif, sehingga perlu adanya peninjauan penulangan negatif, berikut merupakan perhitungan kebutuhan tulangan negatif:

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{773.7576832 \cdot 10^4}{0.9 \cdot 400 \cdot 274.5^2} = 0.285 \text{ Mpa} \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \cdot x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15.686 \cdot 0.285}{400}}\right) \\
 &= 0.00072 < \rho_{\min} = 0.0035 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 \\
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b_w \cdot d_x \\
 &= 0.0035 \cdot 400 \cdot 274.5 = 388.201 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{388.201}{490.874} = 0.79 \approx 2 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b - 2 \cdot \phi - n \cdot x \cdot D \text{ mm} - 2 \cdot x \cdot d \text{ mm}}{n - 1} \\
 S &= \frac{400 - 2 \cdot 13 \text{ mm} - 2 \cdot 25 \text{ mm} - 2 \cdot 50 \text{ mm}}{2 - 1} = 224 \\
 &\approx 220 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 2D25-220 mm

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{A_s}{bd} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{400 \times 274.5} = 0.00894 \\
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400}{0.85 \times 30 \times 400} = 38.49991 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{38.49991}{0.764} = 46.068 \text{ mm} \\
 ct &= 0.003 \times \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0.003 \times \left(\frac{274.5-46.068}{46.068} \right) \\
 &= 0.0149 > 0.005 \text{ (OK)} \\
 Mu &= \phi A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0.9 \times 2 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400 \left(274.5 - \frac{38.49991}{2} \right) \\
 &= 90212812.45 \text{ Nmm} \\
 &= 9021.28 \text{ Kgm} > Mtumpuan = 580.318 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

➤ Tulangan Positif Tumpuan

Pada daerah positif tumpuan momen yang bekerja pada titik angkat sangat kecil, sehingga pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ pakai} &= 0.0035 \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\
 &= 0.0035 \times 400 \times 274.5 = 388.201 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{388.201}{490.874} = 0.79 \approx 2 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b-2 \times \phi-n \times D}{n-1} \text{ mm} \\
 S &= \frac{400-2 \times 13 \text{ mm}-2 \times 25 \text{ mm}-2 \times 50 \text{ mm}}{2-1} = 224 \\
 &\approx 220 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 2D25-220 mm

➤ Tulangan Positif Lapangan

Pada saat pengangkatan daerah di luar titik angkat mengalami adanya momen positif, sehingga perlu adanya penijauan penulangan negatif, berikut merupakan perhitungan kebutuhan tulangan negatif:

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{773.7576832 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 277.5^2} = 0.279 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15.686} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 15.686 x 0.279}{400}} \right) \\ &= 0.0007 < \rho \text{ min} = 0.0035 \\ \rho \text{ pakai} &= 0.0035 \\ \text{As perlu} &= \rho x b_w x dx \\ &= 0.0035 x 400 x 274.5 = 388.201 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{388.201}{490.874} = 0.79 \approx 2 \text{ buah} \\ S &= \frac{b-2 x \phi-n x D \text{ mm}-2 x d' \text{ mm}}{n-1} \\ S &= \frac{400-2 x 13 \text{ mm}-2 x 25 \text{ mm}-2 x 50 \text{ mm}}{2-1} = 224 \\ &\approx 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ **maka digunakan tulangan lapangan 2D25-220 mm**

➤ **Tulangan Negatif Lapangan**

Pada daerah negatif lapangan momen yang bekerja pada di luar titik angkat sangat kecil, sehingga pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\begin{aligned} \rho \text{ pakai} &= 0.0035 \\ \text{As perlu} &= \rho x b_w x dx \\ &= 0.0035 x 400 x 274.5 = 388.201 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{388.201}{490.874} = 0.79 \approx 2 \text{ buah} \\ S &= \frac{b-2 x \phi-n x D \text{ mm}-2 x d' \text{ mm}}{n-1} \\ S &= \frac{400-2 x 13 \text{ mm}-2 x 25 \text{ mm}-2 x 50 \text{ mm}}{2-1} = 224 \\ &\approx 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ **maka digunakan tulangan lapangan 2D25-220 mm**

Tabel 6.11 Hasil Rekapitulasi Momen Pengangkatan

| Balok | Tulangan Lentur Saat Pengangkatan | | | | | | | |
|-------|-----------------------------------|--------------|----|-------------|----------|------------|-------------|-------------|
| | l (m) | Dimensi (cm) | | Overtopping | h aktual | dx (mm) | Mu+ | Mu- |
| | | b | h | | | | Kgm | Kgm |
| BA 1 | 8 | 40 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 773.7576832 | 773.7576832 |
| BA 2 | 6 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 295.8710422 | 295.8710422 |
| BA 3 | 5 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 214.5484416 | 214.5484416 |
| BA 4 | 4 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 146.1881566 | 146.1881566 |
| BA 5 | 4.2 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 158.823505 | 158.823505 |
| BA 6 | 2.6 | 30 | 50 | 15 | 35 | 274.5 | 72.24335766 | 72.24335766 |

Tabel 6.12 Hasil Rekapitulasi Penulangan Positif Lapangan

| Balok | Batas Rasio Tulangan | | Tulangan Positif Lapangan | | | | | |
|-------|----------------------|------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| | p _{min} | p _{max} | p _{perlu} | p _{pakai} | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | | | | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| BA 1 | 0.0035 | 0.025 | 0.000717146 | 0.00353553 | 388.2016229 | 2 | 25 | 224 |
| BA 2 | 0.0035 | 0.025 | 0.000364618 | 0.0035 | 384.3 | 2 | 25 | 124 |
| BA 3 | 0.0035 | 0.025 | 0.000264191 | 0.003535534 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 4 | 0.0035 | 0.025 | 0.000179894 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |
| BA 5 | 0.0035 | 0.025 | 8.88367E-05 | 0.003535534 | 291.1512172 | 2 | 25 | 124 |
| BA 6 | 0.0035 | 0.025 | 8.88367E-05 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |

Tabel 6.13 Hasil Penulangan Negatif Tumpuan

| Balok | p _{min} | Tulangan Negatif Tumpuan | | | |
|-------|------------------|------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| | | As min (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| BA 1 | 0.0035 | 384.3 | 2 | 25 | 224 |
| BA 2 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |
| BA 3 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |
| BA 4 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |
| BA 5 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |
| BA 6 | 0.0035 | 288.225 | 2 | 25 | 124 |

6.3.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

a) Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

$$V_u = 3366.51 \text{ Kg}$$

$$V_s = \frac{3366.51}{0.75} = 4488.68 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 424.5 = 17898.49156 \text{ Kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 17898.49156 \text{ Kg} = 13423.86867 \text{ Kg}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 17898.49156 \text{ Kg} = 6711.934334 \text{ Kg}$$

$$V_{smin} = \frac{1}{16} \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{16} \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 424.5 = 6711.934334 \text{ Kg}$$

Syarat:

Kondisi 1 :

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c, \text{ tidak perlu tulangan geser (memenuhi)}$$

Kondisi 2 :

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ tulangan geser minimum}$$

Kondisi 3 :

$$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{smin}) \text{ tulangan geser minimum}$$

Meskipun, dalam kondisi 1, perencanaan akan menggunakan tulangan geser minimum. Sehingga diperoleh:

Direncanakan tulangan geser 2D13 ($A_v = 265.465 \text{ mm}^2$)

$$V_s = 6711.934334 \text{ Kg}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 424.5}{6711.934334} = 671.578 \text{ mm}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.4 Jarak maksimum yang diperbolehkan adalah sebagai berikut:

- $\frac{d}{4} = \frac{424.5 \text{ mm}}{4} = 106.125 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

∴ **Sehingga digunakan tulangan geser di daerah sendi plastis 2D13 – 100 mm**

Syarat jarak antar sengkang di luar sendi plastis berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.6

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} = \frac{424.5}{2} = 212.25 \text{ mm}$$

∴ **Sehingga digunakan tulangan geser di luar sendi plastis 2D13 – 200 mm**

Tabel 6.14 Penulangan Geser di Daerah Sendi Plastis

| Tulangan Geser Setelah Komposit | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|-------------|-------------|------------|------------|----------|---------|---------|
| Daerah Sendi Plastis | | | | | | | | |
| Balok | Vu (kg) | Vc (kg) | Vs (Kg) | Av (mm2) | jumlah Kak | S perlu | S maks | S pakai |
| BA 1 | 3366.51 | 17898.49156 | 6711.934334 | 265.464579 | 2 | 671.5782 | 106.125 | 100 |
| BA 2 | 5404.75 | 17898.49156 | 7206.333333 | 265.464579 | 2 | 625.5038 | 106.125 | 100 |
| BA 3 | 2749.99 | 17898.49156 | 5033.95075 | 265.464579 | 2 | 895.4376 | 106.125 | 100 |
| BA 4 | 5562.85 | 17898.49156 | 7417.133333 | 265.464579 | 2 | 607.7265 | 106.125 | 100 |
| BA 5 | 4344.09 | 17898.49156 | 5792.12 | 265.464579 | 2 | 778.2278 | 106.125 | 100 |
| BA 6 | 2815.75 | 17898.49156 | 5033.95075 | 265.464579 | 2 | 895.4376 | 106.125 | 100 |

Tabel 6.15 Penulangan Geser di Luar Daerah Sendi Plastis

| Daerah Luar Sendi Plastis | | | | |
|---------------------------|-------------|-------------|--------|---------|
| Balok | Av (mm2) | Jumlah Kaki | S maks | S pakai |
| BA 1 | 265.4645792 | 2 | 212.25 | 200 |
| BA 2 | 265.4645792 | 2 | 212.25 | 200 |
| BA 3 | 265.4645792 | 2 | 212.25 | 200 |
| BA 4 | 265.4645792 | 2 | 212.25 | 200 |
| BA 5 | 265.4645792 | 2 | 212.25 | 200 |
| BA 6 | 265.4645792 | 2 | 212.25 | 200 |

b) Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = q_u \times \frac{l}{2}$$

$$V_u = 2055.2 \frac{kg}{m} \times \frac{8m}{2} = 8220.8 \text{ Kg}$$

$$V_s = \frac{8220.8}{0.75} = 10961.06667 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times 1 \times \sqrt{32} \times 400 \times 274.5 = 7764.032457 \text{ Kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 7764.032457 \text{ Kg} = 5823.024343 \text{ Kg}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 7764.032457 \text{ Kg} = 2911.512172 \text{ Kg}$$

$$V_{smin} = \frac{1}{16} \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{16} \times 1 \times \sqrt{32} \times 400 \times 274.5 = 2911.512172 \text{ Kg}$$

Syarat:

Kondisi 1 :

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c, \text{ tidak perlu tulangan geser}$$

Kondisi 2 :

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ tulangan geser minimum}$$

Kondisi 3 :

$\phi V_c < V_u < \phi(V_c + V_{smin})$ tulangan geser minimum (memenuhi)

$$V_s = 10961.06667 \text{ Kg}$$

Direncanakan tulangan geser 2D13 ($A_v = 265.465 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 274.5}{10961.06667 \text{ Kg}} = 386.128 \text{ mm}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.4 Jarak maksimum yang diperbolehkan adalah sebagai berikut:

- $\frac{d}{4} = \frac{274.5 \text{ mm}}{4} = 68.625 \text{ mm}$
- $6d_b = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

∴ Sehingga digunakan tulangan geser di daerah sendi plastis 2D13 – 60 mm

Syarat jarak antar sengkang di luar sendi plastis berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.6

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{274.5}{2} = 137.25 \text{ mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan geser di luar sendi plastis 2D13 – 130 mm

Tabel 6.16 Penulangan Geser Daerah Sendi Plastis

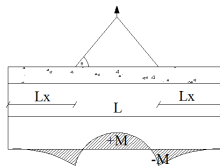
| Daerah Sendi Plastis | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|--------|---------|
| Balok | Vu (kg) | Vc (kg) | Vs (Kg) | Av (mm2) | Jumlah Kaki | S perlu | S maks | S pakai |
| BA 1 | 8220.8 | 10352.04328 | 10961.07 | 265.4645792 | 2 | 265.9231 | 68.625 | 60 |
| BA 2 | 5661.6 | 7764.032457 | 7548.8 | 265.4645792 | 2 | 386.1277 | 68.625 | 60 |
| BA 3 | 4718 | 7764.032457 | 6290.667 | 265.4645792 | 2 | 463.3533 | 68.625 | 60 |
| BA 4 | 1008 | 7764.032457 | 30.6035 | 265.4645792 | 2 | 95244.04 | 68.625 | 60 |
| BA 5 | 3963.12 | 7764.032457 | 5284.16 | 265.4645792 | 2 | 551.6111 | 68.625 | 60 |
| BA 6 | 2453.36 | 7764.032457 | 2911.512 | 265.4645792 | 2 | 1001.13 | 68.625 | 60 |

Tabel 6.17 Penulangan Geser di Luar Sendi Plastis

| Daerah Luar Sendi Plastis | | | | |
|---------------------------|----------|-------------|--------|---------|
| Balok | Av (mm2) | Jumlah Kaki | S maks | S pakai |
| BA 1 | 265.4646 | 2 | 137.25 | 130 |
| BA 2 | 265.4646 | 2 | 137.25 | 130 |
| BA 3 | 265.4646 | 2 | 137.25 | 130 |
| BA 4 | 265.4646 | 2 | 137.25 | 130 |
| BA 5 | 265.4646 | 2 | 137.25 | 130 |
| BA 6 | 265.4646 | 2 | 137.25 | 130 |

6.3.5 Pengangkatan Balok Anak Pracetak

Dalam proses instalasi balok pracetak menuju titik pemasangan, perlu adanya pengangkatan untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi. Oleh karena itu, perlu adanya penentuan diameter tulangan angkat, dengan menggunakan dua titik angkat.



Gambar 6.7 Pengangkatan Balok Anak Pracetak

a) Penentuan Diameter Tulangan Angkat Balok Anak Pracetak

$$W = 2400 \times 0.4 \text{ m} \times 0.35 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 2688 \text{ Kg}$$

$$k = 1.2$$

$$T = \frac{1.4 \times k \times W}{2 \sin \theta} = \frac{1.4 \times 1.2 \times 2688}{2} = 3193.181 \text{ Kg}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{4000}{1.5} = 2666.667 \text{ Kg/cm}^2$$

$$D > \sqrt{\frac{4 \times T}{6i_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$> \sqrt{\frac{4 \times 3193.181}{2666.67 \times \pi}}$$

$$D > 12.345 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}$$

D pakai 13 mm

b) Penentuan Diameter Tulangan Angkat

$$i_{\text{ijin}} = \frac{0.75 \times \sqrt{30}}{1.5} = 2.73861 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi,

$$+M = 773.7576832 \text{ Kgm}$$

$$-M = 773.7576832 \text{ Kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times bh^2 = \frac{1}{6} \times 400 \times 350^2$$

$$= 8166666.667 \text{ mm}^3$$

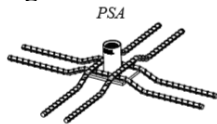
$$F_t = \frac{My}{Sx} = \frac{773.7576832 \text{ kgm}}{8166666.667} = 0.9475 \text{ Mpa}$$

$F_t \text{ ijin} > f_t$

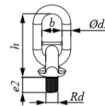
$$0.947458 \text{ Mpa} > 2.73861 \text{ Mpa (OK)}$$

c) Pemilihan Profil Tulangan Angkat Tulangan Angkat

Jenis tulangan angkat yang digunakan, diambil dari tipe Jenka Lifting System yang berasal dari Peikko Group. Tipe yang digunakan merupakan Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Profil yang digunakan memiliki kapasitas pengangkatan beban sebesar 40 kN dengan sudut kemiringan 0-45 derajat



Gambar 6.8 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 6.9 Kait JL

6.4 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan struktur tangga pada gedung Isabella Tower, tangga dimodelkan menggunakan program bantu SAP2000. Sehingga menggunakan jepit. Perlataan jepit diletakkan pada

ujung bordes dan sisi samping anak tangga. Contoh perhitungan menggunakan tangga dengan ketinggian 3.5 m.

6.4.1 Data Perencanaan Tangga

- Tinggi : 3.5 m
- Tinggi Injakan (t) : 190 mm
- Lebar Injakan (i) : 270 mm
- Lebar Tangga : 2.4 m
- Tebal Pelat Tangga : 150 mm
- Jumlah Tanjakan : 9
- Jumlah Injakan : 10
- Elevasi Bordes : 1.75 m
- Panjang Bordes : 1 m
- Lebar Bordes : 2.4 m
- Tebal Bordes: : 150 mm
- Panjang Horizontal Tangga : 2.4 m
- Panjang Tangga : 2.97 m
- Kemiringan Tangga : $\text{arc tan } \alpha$
 $: \text{arc tan } \frac{1.75}{2.4}$
 $: 36.098$
- Tebal Pelat Rata Rata : $\frac{i}{2} \sin \alpha + \text{Tebal plat}$
 $: \frac{27}{2} \sin 36 + 150 \text{ mm}$
 $: 79.538 + 150$
 $: 229.538 \approx 230 \text{ mm}$
- Lebar Anak Tangga : 1.1 m
- Tebal Tangga Plat Beton : 160 mm

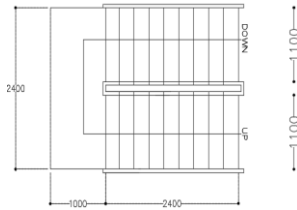
Cek Kemiringan Sudut

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

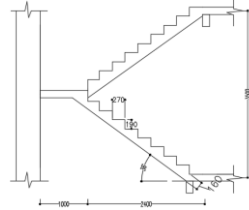
$$2 \times 190 + 270 = 650 \text{ mm (OK)}$$

$$25 \leq \alpha \leq 40$$

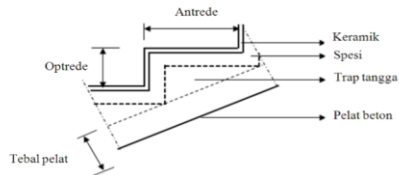
$$\alpha = 35.34 \text{ (OK)}$$



Gambar 6.10 Denah Tangga



Gambar 6.11 Potongan Tangga



Gambar 6.12 Komponen Plat Tangga

6.4.2 Pembebanan Tangga dan Plat Bordes

➤ Pembebanan Pada Plat Tangga

Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Keramik} &= (24 \text{ Kg/m}^2 \times 0.27 \text{ m} \times 1.1 \text{ m} \times 9) + (24 \text{ Kg/m}^2 \times \\ &0.19 \text{ m} \times 1.1 \text{ m} \times 9) \\ &= 109.296 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesi (1cm)} &= (21 \text{ Kg/m}^2 \times 0.27 \text{ m} \times 1.1 \text{ m} \times 9) + (42 \text{ Kg/m}^2 \times \\ &0.19 \text{ m} \times 1.1 \text{ m} \times 9) \\ &= 191.268 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Railing} = 50 \text{ Kg/m} \times 2.97 \text{ m} \times 2 = 297 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Trap Beton} &= 2400 \times 0.5 \times 0.27 \text{ m} \times 0.19 \text{ m} \times 1.1 \text{ m} \times 9 \\ &= 609.44 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total Beban} = 1111.374 \text{ Kg}$$

$$\text{Luas Plat Tangga} = 1.1 \text{ m} \times 2.97 \text{ m} = 3.267 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat Uniform} = 340.182 \text{ Kg/m}^2$$

Beban Hidup

Beban hidup tangga = 479 Kg/m²

➤ Pembebanan Pada Plat Bordes

Beban Mati

Keramik = 24 Kg/m²

Spesi (2cm) = 21 Kg/m²

Railing = (50 Kg/m x 0.2 m) : (2.4 m x 1m)
= 4.167 Kg/m²

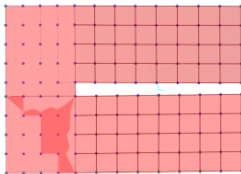
Berat uniform = 49.167 Kg/m²

Beban Hidup

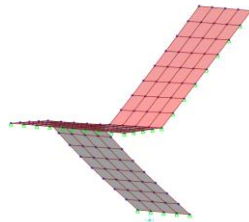
Beban hidup tangga = 479 Kg/m²

6.4.3 Permodelan dan Hasil Output SAP 2000

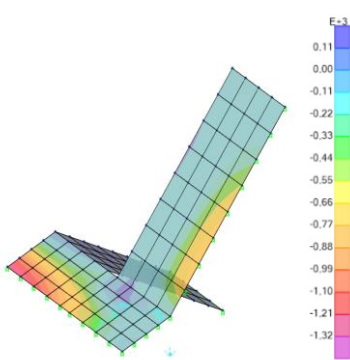
Perletakkan tangga menggunakan jepit-jepit yang menumpu pada balok dan dinding geser. Pembebanan yang telah dihitung sebelumnya, diinput ke dalam program bantu dengan menggunakan *area loads* untuk beban *uniform*. Kombinasi beban yang digunakan adalah 1.2D+1.6L. Penulangan lentur diperoleh dari nilai momen M11 dan M22



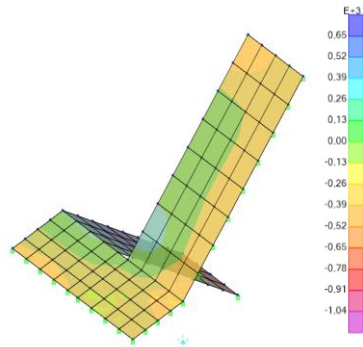
Gambar 6.13 Permodelan
Tampak Atas Tangga



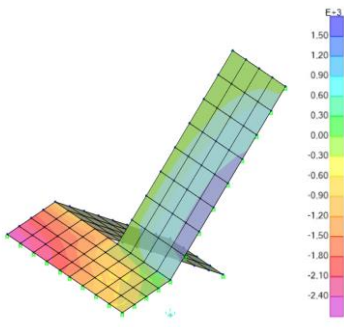
Gambar 6.14 Tampak 3D
Tangga dan Perletakkan



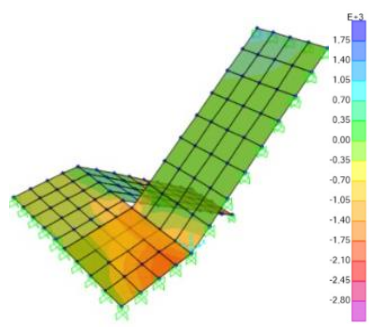
Gambar 6.15 Hasil Momen
M11



Gambar 6.16 Hasil Momen
M22



Gambar 6.17 Hasil Geser
V13



Gambar 6.18 Hasil Geser
V23

6.4.4 Perhitungan Tulangan Tangga

a) Anak Tangga (Up)

Berikut merupakan data perencanaan penulangan anak tangga:

f'_c : 40 Mpa
 f_y : 400 Mpa
 Tulangan (D) : 13 mm
 Cover : 20 mm

d : $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - \frac{d}{2}$

$$\begin{aligned}
 & : 160 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{13}{2} = 133.5 \text{ mm} \\
 \rho_{\min} & : 0.0018 \frac{420}{400} = 0.00189 \\
 B1 & : 0.85 - 0.05 \frac{f'c-28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)} \\
 B1 & : 0.85 - 0.05 \frac{40-28}{7} = 0.764
 \end{aligned}$$

Penulangan Longitudinal M11(Up)

$$M11 = 1373.831 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1373.831 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 133.5^2} = 0.857 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 P & = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 & = \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.857}{400}} \right) \\
 & = 0.00217 > \rho_{\min} = 0.00189
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00217$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$= 0.00217 \times 1000 \times 133.5 = 289.552 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{289.552}{132.732} = 2.181 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{3} = 333.33 \approx 300 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan longitudinal D13-300 mm

Penulangan Longitudinal M22 (Up)

$$M22 = 879.431 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{879.431 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 133.5^2} = 0.548 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 P & = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 & = \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.548}{400}} \right) \\
 & = 0.00138 < \rho_{\min} = 0.00189
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00189$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.00189 \times 1000 \times 133.5 = 252.315 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{252.315}{132.732} = 1.9 \approx 3 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{3} = 333.333 \approx 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan longitudinal D13-300 mm

Penulangan Longitudinal M11(Down)

$$\begin{aligned}
 M11 &= 542.146 \text{ Kgm} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{542.146 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 133.5^2} = 0.338 \text{ Mpa} \\
 P &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.338}{400}} \right) \\
 &= 0.000849 < \rho \text{ min} = 0.00189
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00189$$

$$\begin{aligned}
 As \text{ perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\
 &= 0.00189 \times 1000 \times 133.5 = 252.315 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{252.315}{132.732} = 1.9 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{3} = 333.333 \approx 300 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan longitudinal D13-300 mm

Penulangan Longitudinal M22 (Down)

$$\begin{aligned}
 M22 &= 2785.135 \text{ Kgm} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2785.135 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 133.5^2} = 1.736 \text{ Mpa} \\
 P &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 1.736}{400}} \right) \\
 &= 0.00446 > \rho \text{ min} = 0.00189
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00446$$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b_w \times dx \\
 &= 0.00446 \times 1000 \times 133.5 = 595.117 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{595.117}{132.732} = 4.484 \approx 5 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{5} = 200 \approx 200 \text{ mm}$$

∴ **maka digunakan tulangan longitudinal D13-200 mm**

Penulangan Transversal V13 (Up)

$$Vu \leq Vc$$

$$\begin{aligned} Vc &= 0.17 \times \lambda \sqrt{f'c} \times bw \times d \\ &= 0.17 \times 1 \sqrt{40} \times 1000 \times 133.5 \\ &= 10765.18372 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$Vu = 2942 \text{ Kg} \leq Vc = 10765.18372 \text{ Kg}$, sehingga tidak diperlukan tulangan transversal

Penulangan Transversal V23 (Up)

$$Vu \leq Vc$$

$$\begin{aligned} Vc &= 0.17 \times \lambda \sqrt{f'c} \times bw \times d \\ &= 0.17 \times 1 \sqrt{40} \times 1000 \times 133.5 \\ &= 10765.18372 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$Vu = 2352.06 \text{ Kg} \leq Vc = 10765.18372 \text{ Kg}$, sehingga tidak diperlukan tulangan transversal

Penulangan Transversal V13 (Up)

$$Vu \leq Vc$$

$$\begin{aligned} Vc &= 0.17 \times \lambda \sqrt{f'c} \times bw \times d \\ &= 0.17 \times 1 \sqrt{40} \times 1000 \times 133.5 \\ &= 10765.18372 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$Vu = 2271.038 \text{ Kg} \leq Vc = 10765.18372 \text{ Kg}$, sehingga tidak diperlukan tulangan transversal

Penulangan Transversal V23 (Up)

$$Vu \leq Vc$$

$$\begin{aligned} Vc &= 0.17 \times \lambda \sqrt{f'c} \times bw \times d \\ &= 0.17 \times 1 \sqrt{40} \times 1000 \times 133.5 \\ &= 10765.18372 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$Vu = 5369.929 \text{ Kg} \leq Vc = 10765.18372 \text{ Kg}$, sehingga tidak diperlukan tulangan transversal

Penulangan Susut

$$\rho \text{ pakai} = 0.00189$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b_w \times dx \\ &= 0.00189 \times 1000 \times 133.5 = 252.315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{252.315}{78.5398} = 3.213 \approx 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{4} = 250 \approx 250 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan longitudinal D10-250 mm

b) Plat Bordes

Berikut merupakan data perencanaan penulangan anak tangga:

$$f'_c \quad : 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y \quad : 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan (D)} \quad : 13 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} \quad : 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &: t_{\text{tangga}} - \text{cover} - \frac{d}{2} \\ &: 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{13}{2} = 123.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} \quad : 0.0018 \frac{420}{400} = 0.00189$$

$$B1 \quad : 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)}$$

$$B1 \quad : 0.85 - 0.05 \frac{40 - 28}{7} = 0.764$$

Penulangan Longitudinal M11

$$M11 = 2890.546 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2890.546 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 0.877 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.877}{400}} \right) \\ &= 0.00222 > \rho_{\text{min}} = 0.00189 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00222$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b_w \times d_x \\ &= 0.00222 \times 1000 \times 123.5 = 274.482 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{274.482}{132.732} = 2.067 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{3} = 333.333 \approx 300 \text{ mm}$$

∴ **maka digunakan tulangan longitudinal D13-300 mm**

Penulangan Longitudinal M22

$$M22 = 914.946 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{914.946 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 0.278 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.278}{400}} \right) \\ &= 0.000697 < \rho \text{ min} = 0.00189 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00189$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b_w \times d_x \\ &= 0.00189 \times 1000 \times 123.5 = 233.415 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{233.415}{132.732} = 1.7586 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{3} = 333.333 \approx 300 \text{ mm}$$

∴ **maka digunakan tulangan longitudinal D13-300 mm**

Penulangan Transversal V13 (Up)

$$V_u \leq V_c$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 123.5 \\ &= 9958.802921 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$V_u = 5115.16 \text{ Kg} \leq V_c = 9958.802921 \text{ Kg}$, sehingga tidak diperlukan tulangan transversal

Penulangan Transversal V23 (Up)

$$V_u \leq V_c$$

$$V_c = 0.17 \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times 1 \sqrt{40} \times 1000 \times 123.5$$

$$= 9958.802921 \text{ Kg}$$

$V_u = 1949.464 \text{ Kg} \leq V_c = 9958.802921 \text{ Kg}$, sehingga tidak diperlukan tulangan transversal

Penulangan Susut

ρ pakai = 0.00189

As perlu = $\rho \times b_w \times dx$

$$= 0.00189 \times 1000 \times 123.5 = 233.415 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{233.415}{78.53981634} = 2.97 \approx 4 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{4} = 250 \approx 250 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan longitudinal $\phi 10$ -250 mm

Tabel 6.18 Rekapitulasi Penulangan Tangga

| Nama Struktur | h (m) | Tulangan | | |
|------------------|-------|--------------|--------------|----------------|
| | | Longitudinal | Longitudinal | Susut |
| Plat Tangga Up | 3.5 | D13-300 | D13-300 | $\phi 10$ -250 |
| Plat Tangga Down | | D13-300 | D13-200 | $\phi 10$ -250 |
| Plat bordes | | D13-300 | D13-300 | $\phi 10$ -250 |

6.5 Perencanaan Balok Penggantung Lift

6.5.1 Data Desain

Desain pada lift meliputi balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada struktur gedung ini direncanakan menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Sigma Elevator dengan spesifikasi sebagai berikut:

L balok : 8 m

Tipe Lift : *passenger lift*

Brand : sigma elevator

Kapasitas : 750 Kg

Kecepatan : 1 m/s

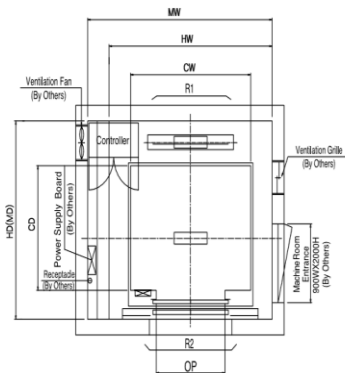
Dimensi Sangkar (car size)

- Car wide (CW) : 2000 mm
- Car Depth (CD) : 1750 mm

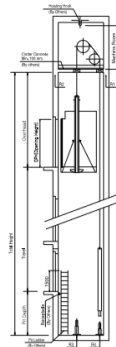
- Opening : 1100 mm
- Dimensi Ruang Luncur (Hoistway)
- Hoistway width (HW) : 2550 mm
 - Hoistway depth (HD) : 2450 mm
- Beban reaksi ruang mesin
- R1 : 10200 Kg
 - R2 : 7000 Kg
 - R3 : 10950 Kg
 - R4 : 8700 Kg

Berikut merupakan tabel spesifikasi lift yang digunakan dalam merencanakan balok lift.

[Simplex]



Gambar 6.19 Denah Lift
(sumber: Brosur Sigma Elevator)



Gambar 6.20 Potongan Melintang Denah Lift
(sumber: Brosur Sigma Elevator)

[Standard] (Unit: mm)

| Speed (m/s) | Capacity | | Opening Width (mm) | Car Size | | Hoistway Size | | | | Machine Room Size | | | | Reaction Lead | | | | |
|----------------|----------|----------|--------------------------|----------|------|---------------|------|--------|------|-------------------|------|--------|------|---------------|-------|------|-------|------|
| | | | | | | Simplex | | Duplex | | Simplex | | Duplex | | Machine Room | | Pit | | |
| | Person | Load(kg) | | CW | CD | HW | HD | HW | HD | MW | MD | MW | MD | R1 | R2 | R3 | R4 | |
| 1.0 | 6 | 450 | 800 | 1400 | 850 | 1800 | 1500 | 3750 | 1500 | 1800 | 1500 | 3750 | 1500 | 3600 | 2000 | 3800 | 3150 | |
| | 8 | 550 | 800 | 1400 | 1030 | 1800 | 1700 | 3750 | 1700 | 1800 | 1700 | 3750 | 1700 | 4050 | 2500 | 4550 | 3350 | |
| | 9 | 600 | 800 | 1400 | 1130 | 1800 | 1750 | 3750 | 1750 | 1800 | 1750 | 3750 | 1750 | 4100 | 2500 | 4700 | 3450 | |
| | 10 | 680 | 800 | 1400 | 1250 | 1800 | 1900 | 3750 | 1900 | 1800 | 1900 | 3750 | 1900 | 4200 | 2850 | 5000 | 3650 | |
| | 11 | 750 | 800 | 1400 | 1350 | 1800 | 2000 | 3750 | 2000 | 1800 | 2000 | 3750 | 2000 | 4550 | 2900 | 5200 | 3750 | |
| | 13 | 900 | 900 | 1600 | 1350 | 2000 | 2000 | 4150 | 2000 | 2000 | 2000 | 4150 | 2000 | 5100 | 3800 | 6300 | 4500 | |
| | 15 | 1000 | 900 | 1600 | 1500 | 2000 | 2150 | 4150 | 2150 | 2000 | 2150 | 4150 | 2150 | 5450 | 4300 | 6600 | 4700 | |
| | 17 | 1150 | | 1000 | 1800 | 1500 | 2350 | 2200 | 4850 | 2200 | 2350 | 2200 | 4850 | 2200 | 8000 | 5200 | 9550 | 7150 |
| | | | | 1100 | 2000 | 1350 | 2550 | 2050 | 5250 | 2050 | 2550 | 2050 | 5250 | 2050 | | | | |
| | 20 | 1350 | | 1000 | 1800 | 1700 | 2350 | 2400 | 4850 | 2400 | 2350 | 2400 | 4850 | 2400 | 8900 | 6000 | 10200 | 7500 |
| | | | | 1100 | 2000 | 1500 | 2550 | 2200 | 5250 | 2200 | 2550 | 2200 | 5250 | 2200 | | | | |
| | 24 | 1600 | 1100 | | 2000 | 1750 | 2550 | 2450 | 5250 | 2450 | 2550 | 2450 | 5250 | 2450 | 10200 | 7000 | 10950 | 8700 |
| | | | | | 2150 | 1600 | 2700 | 2300 | 5550 | 2300 | 2700 | 2300 | 5550 | 2300 | | | | |

Gambar 6.21 Tabel Spesifikasi Lift
(sumber: Brosur Sigma Elevator)

6.5.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 15

$$\begin{array}{ll}
 W = 114 & \text{kg/m} & I_y = 6760 & \text{cm}^4 \\
 A = 145.5 & \text{cm}^2 & H = 400 & \text{mm} \\
 d = 482 & \text{mm} & S_x = 2500 & \text{cm}^3 \\
 bf = 300 & \text{mm} & Z_x = 2663 & \text{cm}^3 \\
 tw = 11 & \text{mm} & L_p = 339.502 & \text{cm} \\
 tf = 15 & \text{mm} & L_r = 980.654 & \text{cm} \\
 r = 26 & \text{mm} & F_u = 410 & \text{MPa} \\
 I_x = 60400 & \text{cm}^4 & F_y = 250 & \text{MPa}
 \end{array}$$

6.5.3 Pembebanan Balok Lift

Beban Hidup Terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1+50\%) = 8900 (1+50\%) = 13350 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1+50\%) = 6000 (1+50\%) = 9000 \text{ kg}$$

Beban Merata

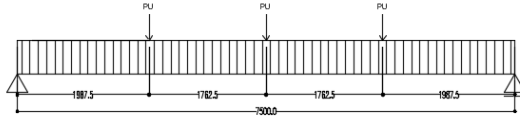
$$\text{Berat profil} = 114 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan (10\%)} &= \frac{11.4 \text{ kg/m}}{10} \\ q_D &= 125.4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban ultimate :

$$q_u = 1.4 q_D = (1.4 \times 125.4) = 175.56 \text{ kg/m}$$

6.5.4 Perhitungan Gaya Dalam



Gambar 6.22 Pembebanan Balok Lift

Reaksi perletakan

$$R_A = R_B = \frac{3P_u + q_u L}{2} = \frac{3 \times 13350 + 175.56 \times 7.5}{2} = 20683.35 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= R_a(3.75) - q(3.75)0.5(3.75) - P_u(1.7625) \\ &= 20683.35(3.75) - 175.56(3.75)0.5(3.75) - 13350(1.7625) \\ &= 52798.78125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V_u = R_A = 20683.35 \text{ kg}$$

6.5.5 Kontrol Balok Lift

a. Kontrol terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36.36$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak)

Merupakan penampang kompak, sehingga $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2663 \times 2500 = 6657500 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 66575 \text{ kgm} = 59917.5 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$52798.78125 \text{ kgm} \leq 59917.5 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 750 \text{ cm}$$

$$L_p = 339.502 \text{ cm}$$

$$L_r = 980.654 \text{ cm}$$

Karena $L_p < L_b < L_r$, maka termasuk bentang menengah, maka

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$M_{max} = 52798.78125 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_A &= \frac{1}{4} R_A L - \frac{1}{32} q_u L^2 \\ &= \frac{1}{4} 20683.35 \times 7.5 - \frac{1}{32} \times 175.56 \times 7.5^2 \\ &= 38472.679 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_C = M_A = 38472.679 \text{ kgm}$$

$$M_B = M_{max} = 52798.78125 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12.5 \times 52798.78}{2.5 \times 52798.78 + 3 \times 38472.679 + 4 \times 52798.78 + 3 \times 38472.679} \\ &= 1.15 \end{aligned}$$

$$M_p = Z_x F_y = 2663 \times 2500 = 6657500 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 1.15 \left[6657500 - (6657500 - 0.7 \times 2500 \times 2500) \left(\frac{750 - 339.50}{980.654 - 339.50} \right) \right] \\ &= 5975547.013 \text{ kgcm} < M_p, \text{ maka digunakan } M_n \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0.9 M_n = 0.9 \times 5975547.013 = 5377992.311 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$53779.923 \text{ kgm} > 52798.78125 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

b. Kontrol terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{11} \leq 2.24 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$36.36 \leq 63.36 \rightarrow$ plastis, sehingga $\phi_v = 1$ dan $C_v = 1$

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (48.2 \times 1.1) \times 1 = 79530 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n = 1 \times 79530 \text{ kg} = 79530 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n > V_u$$

$$79530 \text{ kg} > 20683.35 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol lendutan

$$L = 750 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{750}{360} = 2.083 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_d \times L^4}{E I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} P_u L^3 \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{125.4}{100} \right) \times 750^4}{2000000 \times 60400} \right) + \frac{8900 \times 750^3}{48 \times 2000000 \times 60400}$$

$$= 0.043 + 0.648 \text{ cm} = 0.691 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.691 \text{ cm} < 2.083 \text{ cm (OK)}$$

BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

7.1 Umum

Struktur primer merupakan suatu elemen utama yang kekakuan dan kekuatan penampangannya mempengaruhi integritas suatu struktur bangunan. Sehingga struktur utama mempunyai peranan penting dalam memikul atau menahan gaya momen, geser, aksial, dan torsi yang diakibatkan oleh beban mati, tambahan, hidup, dan gempa. Elemen struktur utama terdiri dari, balok induk, kolom dan dinding geser (*shear wall*). Berikut merupakan proses perhitungan kebutuhan tulangan untuk masing-masing elemen struktur primer.

7.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak

Pada perencanaan balok induk pracetak, beban yang diterima oleh balok induk berupa beban persegi panjang ataupun beban terpusat yang berasal dari balok anak. Berikut merupakan beberapa tipe balok dengan dimensi dan bentang yang berbeda.

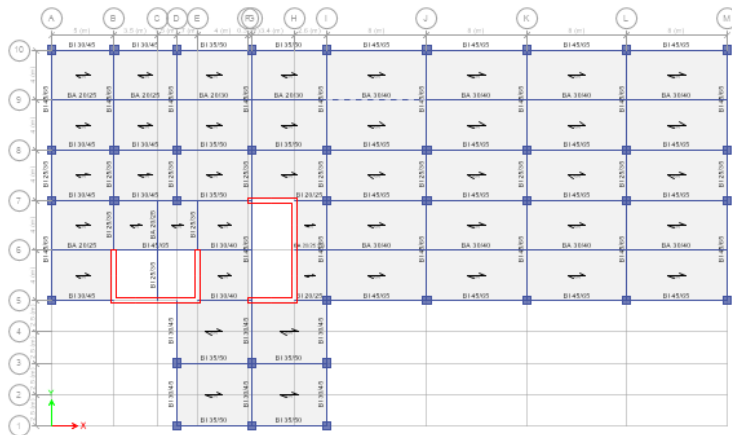
Tabel 7.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

| Balok | Tipe | Dimensi | | Bentang |
|-------|----------------------------|-----------|-----------|---------|
| | | b (cm) | h (cm) | (m) |
| BI 1 | Balok Induk Memanjang 8m | 50 | 70 | 8 |
| BI 2 | Balok Induk Memanjang 6m | 40 | 60 | 6 |
| BI 3 | Balok Induk Memanjang 5m | 40 | 60 | 5 |
| BI 4 | Balok Induk Memanjang 4.2m | 40 | 60 | 4.2 |
| BI 5 | Balok Induk Memanjang 2.6m | 40 | 60 | 2.6 |
| BI 6 | Balok Induk Melintang 4m | 40 | 60 | 4 |
| BI 7 | Balok Induk Memanjang 5m | 40 | 70 | 5 |
| BI 8 | Balok Induk Memanjang 6m | 40 | 70 | 6 |

7.2.1 Data Perencanaan Balok Induk Pracetak

Dalam perhitungan balok induk pracetak akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi, yakni pada saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk balok induk tipe BI 1

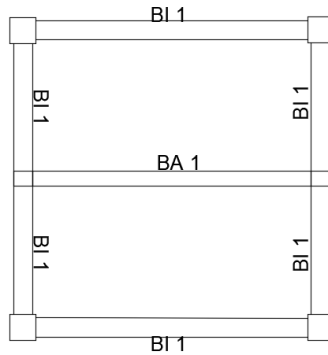
- Dimensi komposit : 50 x 70
- Dimensi halfbeam : 50 x 55
- Tebal overtopping balok: 15 cm
- f'_c : 40 Mpa
- f_y : 400 Mpa
- L : 8 m
- D longitudinal : 25 mm
- D transversal : 13 mm
- Decking (d') : 50 mm



Gambar 7.1 Denah Balok Induk Pracetak

7.2.2 Pembebanan Balok Induk Pracetak

Beban yang bekerja pada balok induk pracetak yang ditinjau, berupa berat sendiri balok induk dan beban terpusat yang berasal dari balok anak Berikut merupakan distribusi pembebanan balok anak pada balok induk (BI 1).



Gambar 7.2 Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit

➤ Pembebanan pada Saat Pengangkatan

Beban mati :

$$q \text{ balok induk} : 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.5 \text{ m} \times 0.55 \text{ m} = 660 \text{ Kg/m}$$

Beban hidup :

$$q = 0$$

Beban total terfaktor :

$$q = 1.4 q \text{ balok induk} = 1.4 \times 660 \text{ Kg/m} = 924 \text{ Kg/m}$$

➤ Pembebanan pada Saat Sebelum Komposit

Beban mati :

$$\begin{aligned} P \text{ balok anak 1} &= 2400 \times 0.4 \text{ m} \times 0.55 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 0.5 \\ &= 1920 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1.4 P_1 \\ &= 1.4 \times 1920 \text{ Kg} \\ &= 2688 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ balok induk} &= 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.5 \text{ m} \times 0.55 \text{ m} \\ &= 660 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ topping} &= 2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.5 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \\ &= 180 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1.4 (660 \text{ Kg/m} + 180 \text{ Kg/m}) \\ &= 1176 \text{ Kg/m} \\ \text{Beban hidup} &: \\ q_L &= 0 \end{aligned}$$

7.2.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk

a) Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur untuk balok induk pracetak, perlu adanya perhitungan untuk menentukan rasio tulangan maksimum dan minimum. Berikut merupakan contoh perhitungan rasio tulangan maksimum dan minimum:

$$\begin{aligned} \rho \text{ minimum 1} &: \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)} \\ &: \frac{0.25 \sqrt{40}}{400} = 0.003953 \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ minimum 2} &: \frac{1.4}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)} \\ &: \frac{1.4}{400} = 0.0035 \end{aligned}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{40 - 28}{7} = 0.764$$

$$\rho \text{ maksimum 1} : 0.025 \text{ (RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1) (menentukan)}$$

$$m : \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.7647$$

$$dx : 700 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 624.5 \text{ mm}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada balok induk setelah komposit, diasumsikan balok induk pracetak merupakan balok menerus. Sehingga, perolehan besar momen dapat menggunakan program bantu ETABS 2013:

$$M \text{ lapangan (+)} : 30691.77 \text{ Kgm}$$

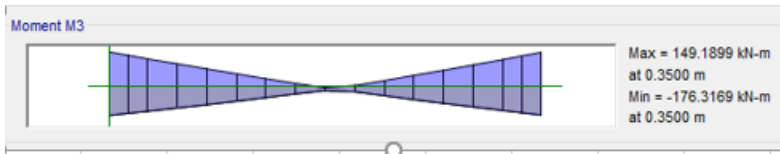
$$M \text{ lapangan (-)} : 15345.885 \text{ Kgm}$$

$$M \text{ tumpuan (+)} : 14918.99 \text{ Kgm}$$

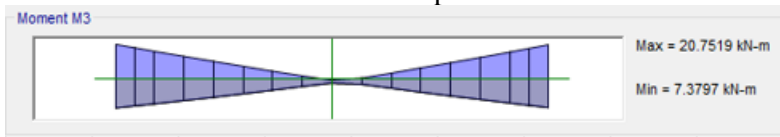
$$M \text{ tumpuan (-)} : 17631.69 \text{ Kgm}$$



Gambar 7.3 Diagram Momen Kombinasi 1.4D+1.4SD



Gambar 7.4 Diagram Momen Tumpuan Kombinasi Beban Hidup dan Gempa



Gambar 7.5 Diagram Momen Lapangan Kombinasi Beban Hidup dan Gempa

Tabel 7.2 Rekapitulasi Momen Setelah Komposit

| Balok | dx | d' | Tulangan Lentur Setelah Komposit | | | | | | | |
|-------|-------|------|----------------------------------|----------|-------------------|---------|-------------------|----------|------------------|----------|
| | | | Tumpuan (LL+RSP) | | Lapangan (LL+RSP) | | Lapangan (DL+SDL) | | Lapangan (Total) | |
| | | | Mu- | Mu+ | Mu- | Mu+ | Mu- | Mu+ | Mu- | Mu+ |
| BI 1 | 624.5 | 75.5 | 17631.69 | 14918.99 | 1037.595 | 2075.19 | 14308.29 | 28616.58 | 15345.89 | 30691.77 |
| BI 2 | 524.5 | 75.5 | 5128.5 | 3781 | 485.02 | 970.04 | 3943.045 | 7886.09 | 4428.065 | 8856.13 |
| BI 3 | 524.5 | 75.5 | 4301.25 | 3592.14 | 171.095 | 342.19 | 3505.925 | 7011.85 | 3677.02 | 7354.04 |
| BI 4 | 524.5 | 75.5 | 12692.5 | 12002.93 | 597.625 | 1195.25 | 1775.615 | 3551.23 | 2373.24 | 4746.48 |
| BI 5 | 524.5 | 75.5 | 14778.2 | 14848.21 | 75.845 | 151.69 | 600.2 | 1200.4 | 676.045 | 1352.09 |
| BI 6 | 524.5 | 75.5 | 13376.3 | 12961.9 | 44.88 | 89.76 | 1862.035 | 3724.07 | 1906.915 | 3813.83 |
| BI 7 | 624.5 | 75.5 | 7367.19 | 6312.5 | 452.07 | 904.14 | 4928.08 | 9856.16 | 5380.15 | 10760.3 |
| BI 8 | 624.5 | 75.5 | 12001.69 | 10274.75 | 670.265 | 1340.53 | 6040.265 | 12080.53 | 6710.53 | 13421.06 |

➤ Tulangan Negatif Tumpuan

Mtumpuan (-) = 17631.69 Kgm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{17631.69 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 624.5^2} = 1.005 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{11.765} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 11.765 x 1.005}{400}} \right) \\
 &= 0.002549882 < \rho \text{ min} = 0.00395 \\
 \rho \text{ pakai} &= 0.00395 \\
 \text{As perlu} &= \rho x b_w x dx \\
 &= 0.0025 x 500 x 624.5 = 1234.276499 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{1234.276499}{490.874} = 2.52 \approx 4 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b-2 x \emptyset-n x D \text{ mm}-2 x d' \text{ mm}}{n-1} \\
 S &= \frac{500-2 x 13 \text{ mm}-4 x 25 \text{ mm}-2 x 50 \text{ mm}}{4-1} = 91.33 \\
 &\approx 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 4D25-90 m

Tabel 7.3 Rekapitulasi Penulangan Tumpuan Negatif

| Balok | Tulangan Tumpuan - | | | | | |
|-------|--------------------|----------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| | Rn (Mpa) | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| Bl 1 | 1.004654 | 0.003953 | 1234.276499 | 4 | 25 | 91.33333 |
| Bl 2 | 0.517842 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 3 | 0.434311 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 4 | 1.281604 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 5 | 1.492203 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 6 | 1.350649 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 7 | 0.524728 | 0.003953 | 987.4211994 | 4 | 25 | 58 |
| Bl 8 | 0.854821 | 0.003953 | 987.4211994 | 4 | 25 | 58 |

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{As}{bd} = \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2}{500 x 624.5} = 0.006288216 \\
 a &= \frac{As x fy}{0.85 x f'c x b} = \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2 x 400}{0.85 x 40 x 500} = 46.1999 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta 1} = \frac{46.1999}{0.764} = 60.449 \text{ mm} \\
 \epsilon t &= 0.003 x \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0.003 x \left(\frac{624.5-60.449}{60.449} \right) \\
 &= 0.027993347 > 0.005 \text{ (OK)} \\
 \emptyset M_n &= \emptyset As x fy \left(d - \frac{a}{2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0.9 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400 \left(624.5 - \frac{46.1999}{2} \right)$$

$$= 42510.46481 \text{ Kgm} > 17302.78 \text{ Kgm (OK)}$$

Tabel 7.4 Kontrol Regangan

| Balok | ppakai | Kontrol Regangan | | | | Kontrol | Kontrol |
|-------|----------|------------------|-------------|----------|-----------------------|----------|---------|
| | | a mm | c mm | et | $\frac{\phi Mn}{Kgm}$ | | |
| Bl 1 | 0.006288 | 46.19989 | 60.44845678 | 0.027993 | OK | 42510.46 | OK |
| Bl 2 | 0.007019 | 43.3124 | 56.67042823 | 0.024766 | OK | 26657.95 | OK |
| Bl 3 | 0.007019 | 43.3124 | 56.67042823 | 0.024766 | OK | 26657.95 | OK |
| Bl 4 | 0.007019 | 43.3124 | 56.67042823 | 0.024766 | OK | 26657.95 | OK |
| Bl 5 | 0.007019 | 43.3124 | 56.67042823 | 0.024766 | OK | 26657.95 | OK |
| Bl 6 | 0.007019 | 43.3124 | 56.67042823 | 0.024766 | OK | 26657.95 | OK |
| Bl 7 | 0.00786 | 57.74986 | 75.56057097 | 0.021795 | OK | 42102.26 | OK |
| Bl 8 | 0.00786 | 57.74986 | 75.56057097 | 0.021795 | OK | 42102.26 | OK |

➤ Tulangan Positif Tumpuan

$$M_{tumpuan} = 14918.99 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{14918.99 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 624.5^2} = 0.85 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.85}{400}} \right)$$

$$= 0.002152464 < \rho_{\min} = 0.00395$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00395$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$= 0.00395 \times 500 \times 624.5 = 1234.276499 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{1234.276499}{490.874} = 2.51 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D}{n - 1} = \frac{490.874}{3 - 1} = 245.437 \text{ mm}$$

$$S = \frac{500 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1} = 149.5$$

$$\approx 140 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan positif tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.5 Rekapitulasi Penulangan Tumpuan Positif

| Tulangan Tumpuan + | | | | | | |
|--------------------|-------------|----------|--------------------|---------|---------|---------|
| Balok | Rn (Mpa) | ppakai | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| Bl 1 | 0.850084 | 0.003953 | 1234.276499 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.38178 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.36271 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 1.211975 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 1.499273 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 1.308806 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.449608 | 0.003953 | 987.4211994 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 8 | 0.731819 | 0.003953 | 987.4211994 | 3 | 25 | 99.5 |

Kontrol Tulangan Rangkap:

$$\rho = \frac{As}{bd} = \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2}{500 x 624.5} = 0.006288216$$

$$\rho' = \frac{A's}{bd} = \frac{3 x \frac{1}{4} x \pi 25^2}{500 x 624.5} = 0.004716162$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 x f'c x d'}{bd} x \frac{600}{600 - f_y}$$

$$= \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2 x 72.5}{500 x 637.5} x \frac{600}{600 - 400} = 0.0236$$

$\rho - \rho' \geq \rho_{cy}$, $0.00157 < 0.0225$, tulangan tekan belum leleh

$$f's = 600 x \left| 1 - \frac{0.85 x \beta_1 x f'c}{(\rho - \rho') x fy} x \frac{d'}{d} \right| \leq fy$$

$$= 600 x \left| 1 - \frac{0.85 x 0.764 x 40}{0.00157 x 400} x \frac{75.5}{624.5} \right| \leq 400$$

$$= 2397.595136 \leq 400$$

$$F's \text{ pakai} = 400 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{As x fy - A's x f's}{0.85 x b x f'c}$$

$$= \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2 x 400 - 3 x \frac{1}{4} x \pi 25^2 x 400}{0.85 x 500 x 40}$$

$$= 11.54997299 \text{ mm}$$

$$Mn = 0.85 x f'c x ab x \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's (fy - 0.85 f'c) (d - d')$$

$$= 0.85 x 40 x 11.55 x 500 x \left(624.5 - \frac{11.55}{2} \right)$$

$$+ A's (400 - 0.85 \cdot 40) (624.5 - 75.5)$$

$$= 41738.61121 \text{ Kgm}$$

$$\phi Mn = 37564.75009 \text{ Kgm} > 17631.69 \text{ Kgm (OK)}$$

Tabel 7.6 Kontrol Tulangan Rangkap

| Kontrol Tulangan Rangkap | | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|-------------|----------|-----------|-------------------|---------|
| Balok | pcy | p-p' | Kontrol | a | Mn Kgm | ϕM_n Kgm | Kontrol |
| BI 1 | 0.023562 | 0.001572 | Tidak Leleh | 11.54997 | 41738.61 | 37564.75 | OK |
| BI 2 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 3 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 4 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 5 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 6 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 7 | 0.023562 | 0.001965 | Tidak Leleh | 14.43747 | 41710.26 | 37539.24 | OK |
| BI 8 | 0.023562 | 0.001965 | Tidak Leleh | 14.43747 | 41710.26 | 37539.24 | OK |

Kontrol Balok T tumpuan:

Balok induk yang ditinjau (50/70) merupakan balok eksterior, sehingga persyaratan lebar efektif sebagai berikut:

$$be \leq bw + \frac{l}{12}, 500 + \frac{8000}{12} = 1166.667 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 6hf, 500 + 6 \cdot 150 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 0.5 l, 500 + 0.5 \cdot 8000 = 4500 \text{ mm}$$

$$be \text{ pakai} = 1166.67 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times b \times f'c} = \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400}{0.85 \times 500 \times 40} = 19.8 \text{ mm} < hf, \text{ analisa seperti balok biasa}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400 \left(624.5 - \frac{19.8}{2} \right) \\ &= 43443.51565 \text{ Kgm} > 17631.69 \text{ Kgm (OK)} \end{aligned}$$

Tabel 7.7 Kontrol Balok T Tumpuan

| Kontrol Balok T | | | | | | |
|-----------------|------------|----------|------------------|-----------|-------------------|---------|
| Balok | beff pakai | a mm | analyze as | Mn Kgm | ϕM_n Kgm | Kontrol |
| BI 1 | 1166.667 | 19.79995 | Rectangular Beam | 48270.57 | 43443.52 | OK |
| BI 2 | 1500 | 11.54997 | Rectangular Beam | 30555.43 | 27499.88 | OK |
| BI 3 | 816.6667 | 21.21424 | Rectangular Beam | 30270.79 | 27243.71 | OK |
| BI 4 | 1050 | 16.49996 | Rectangular Beam | 30409.64 | 27368.67 | OK |
| BI 5 | 650 | 26.65378 | Rectangular Beam | 30110.58 | 27099.52 | OK |
| BI 6 | 733.3333 | 23.62494 | Rectangular Beam | 30199.79 | 27179.81 | OK |
| BI 7 | 1250 | 18.47996 | Rectangular Beam | 48322.41 | 43490.17 | OK |
| BI 8 | 1500 | 15.39996 | Rectangular Beam | 48443.36 | 43599.02 | OK |

➤ Tulangan Negatif Lapangan
M lapangan (-) = 15345.885 Kgm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{15345.885 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 624.5^2} = 0.8744 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.8744}{400}} \right)$$

$$= 0.002214879 < \rho_{\min} = 0.00395$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00395$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$= 0.00395 \times 500 \times 624.5 = 1234.277 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{1234.277}{490.874} = 2.514 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D \text{ mm} - 2 \times d' \text{ mm}}{n - 1}$$

$$S = \frac{500 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1} = 149.5$$

$$\approx 140 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan positif tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.8 Rekapitulasi Penulangan Lapangan Negatif

| Tulangan Lapangan - | | | | | | |
|---------------------|----------|----------|--------------------|---------|---------|---------|
| Balok | Rn | ppakai | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | (Mpa) | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| Bl 1 | 0.874409 | 0.003953 | 1234.276499 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.447116 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.371281 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 0.239634 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 0.068262 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 0.192547 | 0.003953 | 829.3073164 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.383201 | 0.003953 | 987.4211994 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 8 | 0.477958 | 0.003953 | 987.4211994 | 3 | 25 | 99.5 |

➤ Tulangan Positif Lapangan

$$M \text{ lapangan (+)} = 30691.77 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{30691.77 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 624.5^2} = 1.749 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{11.765} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 11.765 x 1.749}{400}} \right) \\
 &= 0.004490668 > \rho_{\min} = 0.00395 \\
 \rho \text{ pakai} &= 0.004490668 \\
 \text{As perlu} &= \rho x b_w x dx \\
 &= 0.00449 x 500 x 624.5 = 1402.211188 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{1402.211188}{490.8738521} = 2.857 \approx 4 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b-2 x \phi-n x D \text{ mm}-2 x d' \text{ mm}}{n-1} \\
 S &= \frac{500-2 x 13 \text{ mm}-4 x 25 \text{ mm}-2 x 50 \text{ mm}}{4-1} = 91.33 \\
 \therefore \text{ maka digunakan tulangan positif lapangan } & \mathbf{4D25-90 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Tabel 7.9 Rekapitulasi Penulangan Lapangan Positif

| Balok | Rn (Mpa) | ppakai | Tulangan Lapangan + | | | |
|-------|-------------|----------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| | | | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| Bl 1 | 1.748818 | 0.004491 | 1402.211188 | 4 | 25 | 91.33333 |
| Bl 2 | 0.894233 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 3 | 0.742562 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 4 | 0.479268 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 5 | 0.136525 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 6 | 0.385095 | 0.003953 | 829.3073164 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 7 | 0.766403 | 0.003953 | 987.4211994 | 4 | 25 | 58 |
| Bl 8 | 0.955915 | 0.003953 | 987.4211994 | 4 | 25 | 58 |

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{As}{bd} = \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2}{500 x 624.5} = 0.00626 \\
 a &= \frac{As x fy}{0.85 x f'c x b} = \frac{4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2 x 400}{0.85 x 40 x 500} = 46.2 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{46.2}{0.764} = 60.449 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.003 x \left(\frac{d-c}{c} \right) = 0.003 x \left(\frac{624.5-60.449}{60.449} \right) \\
 &= 0.027993347 > 0.005 \text{ (OK)} \\
 \phi M_n &= \phi As x fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0.9 x 4 x \frac{1}{4} x \pi 25^2 x 400 \left(624.5 - \frac{46.1999}{2} \right) \\
 &= 42510.46481 \text{ Kgm} > 29655.53 \text{ Kgm (OK)}
 \end{aligned}$$

Tabel 7.10 Kontrol Regangan

| Kontrol Regangan | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|---------|------------|---------|
| Balok | ppakai | a | c | et | Kontrol | ϕM_n | Kontrol |
| | | mm | mm | | | Kgm | |
| BI 1 | 0.006288216 | 46.19989 | 60.44846 | 0.027993 | OK | 42510.4648 | OK |
| BI 2 | 0.007019169 | 43.3124 | 56.67043 | 0.024766 | OK | 26657.9503 | OK |
| BI 3 | 0.007019169 | 43.3124 | 56.67043 | 0.024766 | OK | 26657.9503 | OK |
| BI 4 | 0.007019169 | 43.3124 | 56.67043 | 0.024766 | OK | 26657.9503 | OK |
| BI 5 | 0.007019169 | 43.3124 | 56.67043 | 0.024766 | OK | 26657.9503 | OK |
| BI 6 | 0.007019169 | 43.3124 | 56.67043 | 0.024766 | OK | 26657.9503 | OK |
| BI 7 | 0.00786027 | 57.74986 | 75.56057 | 0.021795 | OK | 42102.2551 | OK |
| BI 8 | 0.00786027 | 57.74986 | 75.56057 | 0.021795 | OK | 42102.2551 | OK |

Kontrol Tulangan Rangkap:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{500 \times 624.5} = 0.006288216$$

$$\rho' = \frac{A's}{bd} = \frac{3 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{500 \times 624.5} = 0.004716162$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times f'c \times d'}{bd} \times \frac{600}{600 - fy}$$

$$= \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 72.5}{500 \times 624.5} \times \frac{600}{600 - 400} = 0.023561907$$

$\rho - \rho' \geq \rho_{cy}$, $0.00157 < 0.0225$, tulangan tekan belum leleh

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta 1 \times f'c}{(\rho - \rho') \times fy} \times \frac{d'}{d} \right| \leq fy$$

$$= 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{0.00157 \times 400} \times \frac{75.5}{624.5} \right| \leq 400$$

$$= 2397.595136 \leq 400$$

$$F's \text{ pakai} = 400 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{A_s \times fy - A's \times f's}{0.85 \times b \times f'c}$$

$$= \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400 - 3 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2 \times 400}{0.85 \times 500 \times 40}$$

$$= 11.54997299 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 \times f'c \times ab \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's(fy - 0.85 f'c)(d - d')$$

$$= 0.85 \times 40 \times 11.55 \times 500 \times \left(624.5 - \frac{11.55}{2} \right)$$

$$+ A's(400 - 0.85 \times 40)(624.5 - 75.5)$$

$$= 41738.61121 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = 37564.75009 \text{ Kgm} > 29655.53 \text{ Kgm (OK)}$$

Tabel 7.11 Kontrol Tulangan Rangkap

| Kontrol Tulangan Rangkap | | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|-------------|---------|
| Balok | pcy | p-p' | Kontrol | a | Mn | ϕ_{Mn} | Kontrol |
| | | | | | Kgm | Kgm | |
| BI 1 | 0.023562 | 0.001572 | Tidak Leleh | 11.54997 | 41738.61 | 37564.75 | OK |
| BI 2 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 3 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 4 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 5 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 6 | 0.028054 | 0.00234 | Tidak Leleh | 14.43747 | 26290.25 | 23661.22 | OK |
| BI 7 | 0.023562 | 0.001965 | Tidak Leleh | 14.43747 | 41710.26 | 37539.24 | OK |
| BI 8 | 0.023562 | 0.001965 | Tidak Leleh | 14.43747 | 41710.26 | 37539.24 | OK |

Kontrol Balok T Lapangan:

Balok induk yang ditinjau (50/70) merupakan balok eksterior, sehingga persyaratan lebar efektif sebagai berikut:

$$be \leq bw + \frac{l}{12}, 500 + \frac{8000}{12} = 1166.667 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 6hf, 500 + 6 \cdot 150 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 0.5 l, 500 + 0.5 \cdot 8000 = 4500 \text{ mm}$$

$$be \text{ pakai} = 1166.67 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times b \times x \times f'c} = \frac{4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400}{0.85 \times 500 \times 40}$$

$$= 19.799 \text{ mm} < hf, \text{ analisa seperti balok biasa}$$

$$\phi M_n = \phi As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0.9 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400 \left(624.5 - \frac{19.79995}{2} \right)$$

$$= 43443.51565 \text{ K gm} > 17302.78 \text{ Kgm (OK)}$$

Tabel 7.12 Kontrol Balok T

| Kontrol Balok T | | | | | | |
|-----------------|------------|----------|------------------|----------|-------------|---------|
| Balok | beff pakai | a | analyze | Mn | ϕ_{Mn} | Kontrol |
| | | mm | as | Kgm | Kgm | |
| BI 1 | 1166.667 | 19.79995 | Rectangular Beam | 48270.57 | 43443.52 | OK |
| BI 2 | 1500 | 11.54997 | Rectangular Beam | 30555.43 | 27499.88 | OK |
| BI 3 | 816.6667 | 21.21424 | Rectangular Beam | 30270.79 | 27243.71 | OK |
| BI 4 | 1050 | 16.49996 | Rectangular Beam | 30409.64 | 27368.67 | OK |
| BI 5 | 650 | 26.65378 | Rectangular Beam | 30110.58 | 27099.52 | OK |
| BI 6 | 733.3333 | 23.62494 | Rectangular Beam | 30199.79 | 27179.81 | OK |
| BI 7 | 1250 | 18.47996 | Rectangular Beam | 48322.41 | 43490.17 | OK |
| BI 8 | 1500 | 15.39996 | Rectangular Beam | 48443.36 | 43599.02 | OK |

b) Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur untuk balok induk pracetak, perlu adanya perhitungan untuk menentukan rasio

tulangan maksimum dan minimum. Diasumsikan kondisi sebelum komposit umur beton mencapai 14 hari, sehingga $f'c$ dikalikan dengan faktor pengali sebesar 0.8. Berikut merupakan contoh perhitungan rasio tulangan maksimum dan minimum:

$$\begin{aligned} \rho \text{ minimum 1} &: \frac{0.25 \sqrt{32}}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)} \\ &: \frac{0.25 \sqrt{32}}{400} = 0.00354 \text{ (menentukan)} \\ \rho \text{ minimum 2} &: \frac{1.4}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)} \\ &: \frac{1.4}{400} = 0.0035 \\ B1 &: 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)} \\ B1 &: 0.85 - 0.05 \frac{32 - 28}{7} = 0.821 \\ \rho \text{ maksimum 1} &: 0.025 \text{ (RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1)} \\ m &: \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{400}{0.85 \times 32} = 14.706 \\ dx &: h - d' - \phi - \frac{1}{2} D \\ &: 550 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 474.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada balok anak sebelum komposit, diasumsikan balok anak pracetak tertumpu pada tumpuan sederhana, sehingga berikut merupakan contoh perhitungan momen balok anak

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\ &= \frac{1}{8} \times 1176 \times 8^2 + \frac{1}{4} \times 2688 \times 8 \text{ m} \\ &= 14784 \text{ Kgm} \\ M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Tabel 7.13 Rekapitulasi Momen Sebelum Komposit

| Tulangan Lentur Sebelum Komposit | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|----|-------------|----------|-------|--------|---------|------|----------|-----|
| Balok | Dimensi (cm) | | | | dx | qU | qPlat | Pu | Mu+ | Mu- |
| | b | h | Overtopping | h aktual | | (kg/m) | (kg/m) | (Kg) | Kgm | Kgm |
| BI 1 | 50 | 70 | 15 | 55 | 474.5 | 1176 | 0 | 2688 | 14784 | 0 |
| BI 2 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 806.4 | 864.5 | 0 | 7519.05 | 0 |
| BI 3 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 806.4 | 0 | 0 | 2520 | 0 |
| BI 4 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 806.4 | 1383.2 | 0 | 4828.068 | 0 |
| BI 5 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 806.4 | 1123.85 | 0 | 1631.061 | 0 |
| BI 6 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 806.4 | 0 | 0 | 1612.8 | 0 |
| BI 7 | 40 | 70 | 15 | 55 | 474.5 | 940.8 | 691.6 | 1344 | 6781.25 | 0 |
| BI 8 | 40 | 70 | 15 | 55 | 474.5 | 940.8 | 691.6 | 1344 | 9361.8 | 0 |

➤ Tulangan Negatif Tumpuan

Pada daerah tumpuan momen yang bekerja adalah nol, hal ini dikarenakan balok anak masih tertumpu sederhana pada konsol balok induk. Namun, pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\rho_{\min} = 0.00354$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$= 0.00354 \times 500 \times 474.5 = 838.8054192 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{838.8054192}{490.8738521} = 1.71 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times d}{n - 2} = \frac{300 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1}$$

$$= 149.5 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.14 Penulangan Tumpuan Negatif

| Tulangan Tumpuan - | | | | | |
|--------------------|---------|--------------------|---------|---------|---------|
| Balok | ppakai | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| BI 1 | 0.00354 | 838.8054 | 3 | 25 | 149.5 |
| BI 2 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 3 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 4 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 5 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 6 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 7 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |
| BI 8 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |

Kontrol Regangan:

$$P = \frac{As}{bd} = \frac{3 \times \frac{1}{4} \times \pi 25^2}{500 \times 474.5} = 0.020690152$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400}{0.85 \times 32 \times 500} \\
 &= 43,312 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{43.312}{0.821} = 52.728 \text{ mm} \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times \left(\frac{d-c}{c}\right) = 0.003 \times \left(\frac{474.5-52.728}{52.728}\right) \\
 &= 0.023996971 > 0.005 \text{ (OK)} \\
 \phi M_n &= \phi As \times fy \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 0.9 \times 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400 \left(474.5 - \frac{43.312}{2}\right) \\
 &= 24007.23153 \text{ Kgm} > 0 \text{ Kgm (OK)}
 \end{aligned}$$

Tabel 7.15 Kontrol Regangan

| Kontrol Regangan | | | | | | | |
|------------------|------------|-------------|-------------|----------|---------|----------|---------|
| Balok | ppakai | a | c | et | Kontrol | Mn | Kontrol |
| | | mm | mm | | | Kgm | |
| Bl 1 | 0.02069015 | 43.31239872 | 52.72813757 | 0.023997 | OK | 24007.23 | OK |
| Bl 2 | 0.03276861 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.022569 | OK | 12598.09 | OK |
| Bl 3 | 0.03276861 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.022569 | OK | 12598.09 | OK |
| Bl 4 | 0.03276861 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.022569 | OK | 12598.09 | OK |
| Bl 5 | 0.03276861 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.022569 | OK | 12598.09 | OK |
| Bl 6 | 0.03276861 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.022569 | OK | 12598.09 | OK |
| Bl 7 | 0.02586269 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.029396 | OK | 16132.39 | OK |
| Bl 8 | 0.02586269 | 36.09366556 | 43.94011464 | 0.029396 | OK | 16132.39 | OK |

➤ Tulangan Positif Tumpuan

Pada daerah tumpuan momen yang bekerja adalah nol, hal ini dikarenakan balok anak masih tertumpu sederhana pada konsol balok induk. Namun, pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\rho_{\min} = 0.00354$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$= 0.00354 \times 500 \times 474.5 = 838.8054192 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{838.8054192}{490.8738521} = 1.71 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b-2 \times \phi - n \times D}{n-2} = \frac{500 - 2 \times 13 - 3 \times 25}{3-2} = 397 \text{ mm}$$

$$S = \frac{300 - 2 \times 13}{3-1} = 149.5 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.16 Penulangan Tumpuan Positif

| Tulangan Tumpuan + | | | | | |
|--------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Balok | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| Bl 1 | 0.00354 | 838.8054 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 8 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |

➤ Tulangan Negatif Lapangan

Pada perencanaan tulangan negatif lapangan balok anak pracetak momen menggunakan 0.5 M lapangan positif :

$$M_{tumpuan} = 14784 \text{ Kgm} \times 0.5 = 7392 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{7392 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 474.5^2} = 0.73 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14.706} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.706 \times 0.73}{400}} \right)$$

$$= 0.00185 < \rho_{\min} = 0.00354$$

$$\rho_{\min} = 0.00354$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$= 0.00354 \times 500 \times 474.5 = 838.8054192 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{838.8054192}{490.8738521} = 1.71 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D}{n - 1} = \frac{300 - 2 \times 13 - 3 \times 25}{3 - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2 \times 13 - 3 \times 25}{3 - 1} = 149.5 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.17 Penulangan Lapangan Negatif

| Tulangan Lapangan - | | | | | |
|---------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Balok | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| Bl 1 | 0.00354 | 838.8054 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 8 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |

➤ Tulangan Positif Lapangan

Mlapangan = 13440 Kgm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{13440 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 474.5^2} = 1.459 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{14.706} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.706 \times 1.459}{400}} \right)$$

$$= 0.003751413 < \rho \text{ min} = 0.00354$$

$$\rho \text{ min} = 0.00375$$

As perlu = $\rho \times b_w \times dx$

$$= 0.00375 \times 500 \times 474.5 = 890.0227427 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{890.0227427}{490.8738521} = 1.813 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D}{n - 1} = \frac{300 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm}}{3 - 1}$$

$$= \frac{300 - 26 - 75}{2} = \frac{199}{2} = 99.5 \text{ mm}$$

$$= 149.5 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.18 Penulangan Lapangan Positif

| Tulangan Lapangan + | | | | | |
|---------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Balok | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| BI 1 | 0.00375 | 890.0227 | 3 | 25 | 149.5 |
| BI 2 | 0.00383 | 573.8756 | 2 | 25 | 224 |
| BI 3 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 4 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 5 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 6 | 0.00354 | 529.623 | 2 | 25 | 224 |
| BI 7 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |
| BI 8 | 0.00354 | 671.0443 | 2 | 25 | 224 |

Kontrol Regangan:

$$P = \frac{A_s}{bd} = \frac{3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2}{500 \times 474.5} = 0.020690152$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400}{0.85 \times 32 \times 500} = 43,312 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{43.312}{0.821} = 52.728 \text{ mm}$$

$$et = 0.003 \times \left(\frac{d-c}{c}\right) = 0.003 \times \left(\frac{474.5-52.728}{52.728}\right) = 0.023996971 > 0.005 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= \emptyset A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0.9 \times 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 400 \left(474.5 - \frac{43.312}{2}\right) \\ &= 24007.23153 \text{ Kgm} > 14784 \text{ Kgm (OK)} \end{aligned}$$

Tabel 7.19 Kontrol Regangan

| Kontrol Regangan | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|---------|------------|---------|
| Balok | ppakai | a | c | et | Kontrol | Mn | Kontrol |
| | | mm | mm | | | Kgm | |
| BI 1 | 0.020690152 | 43.3124 | 52.72814 | 0.023997 | OK | 24007.2315 | OK |
| BI 2 | 0.032768615 | 36.09367 | 43.94011 | 0.022569 | OK | 12598.0948 | OK |
| BI 3 | 0.032768615 | 36.09367 | 43.94011 | 0.022569 | OK | 12598.0948 | OK |
| BI 4 | 0.032768615 | 36.09367 | 43.94011 | 0.022569 | OK | 12598.0948 | OK |
| BI 5 | 0.032768615 | 36.09367 | 43.94011 | 0.022569 | OK | 12598.0948 | OK |
| BI 6 | 0.032768615 | 36.09367 | 43.94011 | 0.022569 | OK | 12598.0948 | OK |
| BI 7 | 0.02586269 | 36.09367 | 43.94011 | 0.029396 | OK | 16132.3866 | OK |
| BI 8 | 0.02586269 | 36.09367 | 43.94011 | 0.029396 | OK | 16132.3866 | OK |

c) Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur untuk balok anak pracetak, perlu adanya perhitungan untuk menentukan rasio tulangan maksimum dan minimum. Diasumsikan kondisi saat pengangkatan umur beton mencapai 14 hari, sehingga $f'c$ dikalikan dengan faktor pengali sebesar 0.75. Berikut merupakan contoh perhitungan rasio tulangan maksimum dan minimum:

$$\begin{aligned} \rho \text{ minimum 1} & : \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)} \\ & : \frac{0.25 \sqrt{30}}{400} = 0.00342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ minimum 2} & : \frac{1.4}{f_y} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 9.6.1.2)} \\ & : \frac{1.4}{400} = 0.0035 \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{f'c - 28}{7} \text{ (RSNI 2847:2018 Pasal 22.2.2.4.3)}$$

$$B1 : 0.85 - 0.05 \frac{30 - 28}{7} = 0.836$$

$$\rho \text{ maksimum 1} : 0.025 \text{ (RSNI 2847:2013 Pasal 18.6.3.1) (menentukan)}$$

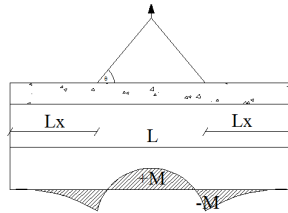
$$\rho \text{ maksimum 2} : 0.75 \times \rho b$$

$$\rho \text{ maksimum 2} : 0.75 \times 0.03196 = 0.023975$$

$$m : \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686$$

$$\begin{aligned} dx & : h - d' - \phi - \frac{1}{2} D \\ & : 550 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 474.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada balok anak pada saat pengangkatan, berdasarkan titik angkat yang terjadi pada balok anak pracetak, sehingga berikut merupakan contoh perhitungan momen balok induk:



Gambar 7.6 Titik Angkat Balok Induk Pracetak

$$+M = \frac{Wl^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2 l^2}{2}$$

$$Yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{550}{2} = 275 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I \text{ balok} &= \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 500 x 550^3 \\ &= 693229.1667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$Yc = yt + 5 = 27.5 \text{ cm} + 5 = 32.5 \text{ cm}$$

sDirencanakan sudut titik angkat 45 derajat

$$\Theta = 45$$

$$X = \frac{\left(1 + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right)}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{yt}{yb} \left(1 + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right)} \right]}$$

$$X = \frac{\left(1 + \frac{4 \cdot 32.5}{800 \tan 45} \right)}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{27.5}{27.5} \left(1 + \frac{4 \cdot 32.5}{800 \tan 45} \right)} \right]}$$

$$X = 0.235272058$$

$$W = qu = 660 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned} +M &= \frac{Wl^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right) \\ &= \frac{660 \cdot 8^2}{8} \left(1 - 4 \cdot 0.235 + \frac{4 \cdot 0.325}{8 \tan 45} \right) \\ &= 1169.054125 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -M &= \frac{WX^2l^2}{2} \\
 &= \frac{660 \cdot 0.235^2 \cdot 8^2}{2} \\
 &= 1169.054125 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Tabel 7.20 Rekapitulasi Momen Pengangkatan

| Balok | Dimensi (cm) | | | | dx | I balok | X | W | +M | -M |
|-------|--------------|----|-------------|----------|-------|----------|----------|-----|----------|----------|
| | b | h | Overtopping | h aktual | | | | | | |
| | BI 1 | 50 | 70 | 15 | | | | | | |
| BI 2 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 303750 | 0.238805 | 432 | 443.4497 | 443.4497 |
| BI 3 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 303750 | 0.244983 | 432 | 324.0906 | 324.0906 |
| BI 4 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 303750 | 0.251982 | 432 | 241.93 | 241.93 |
| BI 5 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 303750 | 0.278312 | 432 | 113.1003 | 113.1003 |
| BI 6 | 40 | 60 | 15 | 45 | 374.5 | 303750 | 0.254155 | 432 | 223.2398 | 223.2398 |
| BI 7 | 40 | 70 | 15 | 55 | 474.5 | 554583.3 | 0.251665 | 528 | 418.0122 | 418.0122 |
| BI 8 | 40 | 70 | 15 | 55 | 474.5 | 554583.3 | 0.244424 | 528 | 567.797 | 567.797 |

➤ Tulangan Negatif Tumpuan

Pada saat pengangkatan daerah titik angkat mengalami adanya momen negatif, sehingga perlu adanya peninjauan penulangan negatif, berikut merupakan perhitungan kebutuhan tulangan negatif:

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1169.054125 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 474.5^2} = 0.115 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 0.115}{400}} \right) \\
 &= 0.000289 < \rho_{\min} = 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\
 &= 0.0035 \times 500 \times 474.5 = 830.375 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} = \frac{830.375}{490.8738521} = 1.692 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D}{n - 1} = \frac{500 - 2 \times 13 - 3 \times 25}{3 - 1} = 149.5 \text{ mm}$$

$$S = \frac{300 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1} = 149.5 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 3D25-140 mm

Tabel 7.21 Penulangan Tumpuan Negatif

| Tulangan Tumpuan - | | | | | |
|--------------------|--------|--------------------|---------|---------|---------|
| Balok | ppakai | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| Bl 1 | 0.0035 | 830.375 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 8 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |

➤ Tulangan Positif Tumpuan

Pada daerah positif tumpuan momen yang bekerja pada titik angkat sangat kecil, sehingga pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\rho_{\min} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times d_x \\ &= 0.0035 \times 500 \times 474.5 = 830.375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{830.375}{490.8738521} = 1.692 \approx 3 \text{ buah}$$

$$S = \frac{b - 2 \times \phi - n \times D}{n - 1} = \frac{300 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 25 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}}{3 - 1} = 149.5 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan tumpuan 3D25-150 mm

Tabel 7.22 Penulangan Tumpuan Positif

| Tulangan Tumpuan + | | | | | |
|--------------------|--------|--------------------|---------|---------|---------|
| Balok | ppakai | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| Bl 1 | 0.0035 | 830.375 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 8 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |

➤ Tulangan Negatif Lapangan

Pada daerah negatif lapangan momen yang bekerja pada di luar titik angkat sangat kecil, sehingga pada perencanaan tulangan tumpuan menggunakan rasio tulangan minimum:

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 0.0035 \\ \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\ &= 0.0035 \times 500 \times 474.5 = 830.375 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} = \frac{830.375}{490.8738521} = 1.692 \approx 3 \text{ buah} \\ S &= \frac{b-2 \times \phi-n \times D}{n-1} = \frac{300-2 \times 13 \text{ mm}-3 \times 25 \text{ mm}-2 \times 50 \text{ mm}}{3-1} \\ S &= 149.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan lapangan 3D25-140 mm

Tabel 7.23 Penulangan Lapangan Negatif

| Tulangan Lapangan - | | | | | |
|---------------------|--------|--------------------|---------|---------|---------|
| Balok | ppakai | As perlu | n pakai | d pakai | s pakai |
| | | (mm ²) | | (mm) | (mm) |
| Bl 1 | 0.0035 | 830.375 | 3 | 25 | 149.5 |
| Bl 2 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 3 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 4 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 5 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 6 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| Bl 7 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |
| Bl 8 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |

➤ Tulangan Positif Lapangan

Pada saat pengangkatan daerah di luar titik angkat mengalami adanya momen positif, sehingga perlu adanya penijauan penulangan negatif, berikut merupakan perhitungan kebutuhan tulangan negatif:

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1169.054125 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 474.5^2} = 0.115 \text{ Mpa} \\ \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.686} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 0.115}{400}} \right) \\ &= 0.000289 < \rho \text{ min} = 0.0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 0.0035 \\ \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times dx \\ &= 0.0035 \times 500 \times 474.5 = 830.375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{As} = \frac{830.375}{490.8738521} = 1.692 \approx 3 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b-2 \times \phi-n \times D}{n-1} \\
 S &= \frac{300-2 \times 13 \text{ mm}-3 \times 25 \text{ mm}-2 \times 50 \text{ mm}}{3-1} \\
 &= 149.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ maka digunakan tulangan lapangan 3D25-140 mm

Tabel 7.24 Penulangan Lapangan Positif

| Tulangan Lapangan + | | | | | |
|---------------------|--------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Balok | ppakai | As perlu (mm ²) | n pakai | d pakai (mm) | s pakai (mm) |
| BI 1 | 0.0035 | 830.375 | 3 | 25 | 149.5 |
| BI 2 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| BI 3 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| BI 4 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| BI 5 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| BI 6 | 0.0035 | 524.3 | 2 | 25 | 224 |
| BI 7 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |
| BI 8 | 0.0035 | 664.3 | 3 | 25 | 99.5 |

7.2.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk

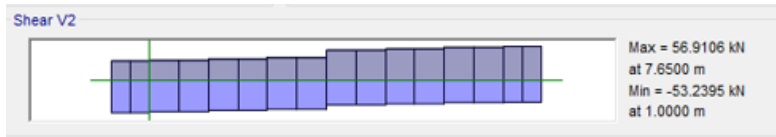
Nilai momen nominal maksimum dari tulangan nominal yang terpasang diasumsikan tumpuan kiri dan tumpuan kanan dipasang dengan jumlah yang sama. Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.5, persamaan yang digunakan dalam perhitungan tulangan geser adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M_{pr} &= As \times 1.25 f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 a &= \frac{As \times 1.25 f_y}{0.85 \times f'_{cx} \times bw}
 \end{aligned}$$

a) Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit



Gambar 7.7 Diagram Geser Kombinasi 1.4D+1.4SD



Gambar 7.8 Diagram Geser Kombinasi Beban Hidup dan Gempa

Tabel 7.25 Rekapitulasi Perhitungan Mpr

| Balok | Lokasi | | a (mm) | Mpr 1 | Mpr 2 | Vact (kN) | N (N) | Vu (kN) |
|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|---------|
| BI 1 | Kiri | Atas | 72.19 | 722.08 | 584.75 | 174.47 | 1247.20 | 353.49 |
| | | Bawah | 57.75 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 72.19 | | | | | |
| | | Bawah | 57.75 | | | | | |
| BI 2 | Kiri | Atas | 43.31 | 370.25 | 250.38 | 95.63 | 452.80 | 212.73 |
| | | Bawah | 28.87 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 43.31 | | | | | |
| | | Bawah | 28.87 | | | | | |
| BI 3 | Kiri | Atas | 57.75 | 486.58 | 370.25 | 91.95 | 324.40 | 291.21 |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 57.75 | | | | | |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| BI 4 | Kiri | Atas | 43.31 | 370.25 | 250.38 | 79.80 | 3385.40 | 257.12 |
| | | Bawah | 28.87 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 43.31 | | | | | |
| | | Bawah | 28.87 | | | | | |
| BI 5 | Kiri | Atas | 57.75 | 486.58 | 370.25 | 138.07 | 5399.50 | 589.03 |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 57.75 | | | | | |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| BI 6 | Kiri | Atas | 43.31 | 370.25 | 250.38 | 124.29 | 1067.00 | 312.36 |
| | | Bawah | 28.87 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 43.31 | | | | | |
| | | Bawah | 28.87 | | | | | |
| BI 7 | Kiri | Atas | 57.75 | 486.58 | 370.25 | 132.14 | 531.20 | 331.41 |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 57.75 | | | | | |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| BI 8 | Kiri | Atas | 57.75 | 486.58 | 370.25 | 139.99 | 651.70 | 301.65 |
| | | Bawah | 43.31 | | | | | |
| | Kanan | Atas | 57.75 | | | | | |
| | | Bawah | 57.75 | | | | | |

$$\begin{aligned}
 M_{pr1} &= 722.083 \text{ kNm} \\
 M_{pr2} &= 584.754 \text{ kNm} \\
 L_n &= 7.3 \text{ m} \\
 V_{act} &= 177.9098 \text{ kN (Analisa program bantu ETABS 2013)} \\
 V_u &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + V_{act} \\
 &= \frac{722.083 + 584.754}{7.3} + 177.9098 \\
 &= 356.9285332 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

➤ Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis
 Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.5.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$, apabila memenuhi kedua persyaratan berikut:

- $M_{pr} > 0.5 V_u$
 $\frac{722.083 + 584.754}{7.3} > 0.5 \times 177.9098$
 $179.0187332 > 88.9549$ (OK)
- $N < 0.2 A_g f'_c$
 $1247.2 \text{ N} < 0.2 \times 350000 \times 40 \text{ Mpa}$
 $1247.2 \text{ N} < 2800000$ (OK)

Karena kedua persyaratan memenuhi, maka V_c dianggap 0

$$V_s = \frac{V_u - V_c}{\phi} = \frac{356.9285332 - 0}{0.75} = 475.904711 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 kaki ($2D13 = 265.465 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 624.5}{475.904711 \text{ kN}} = 139.3410285 \text{ mm}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.4 disebutkan bahwa syarat untuk jarak sengkang di daerah sendi plastis harus kurang dari persyaratan berikut:

$$\frac{d}{4} = \frac{624.5}{4} = 156.125 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm}$$

∴ **maka digunakan tulangan sengkang 2D13-130 mm**

Tulangan geser yang dipasang 2D13 sejarak 130 mm, berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.4.2.4 akan dipasang sepanjang

- S maks sepanjang sendi plastis di ujung balok
 $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm}$
 $= 1400 \text{ mm} + 248 \text{ mm (peikko)}$
 $= 1648 \text{ mm} \approx 1650 \text{ mm}$
- Senggang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan
- Kontrol kuat geser balok induk, tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9

$$V_{s\max} = \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{f'c}$$

$$= \frac{2}{3} \times 500 \times 624.5 \times \sqrt{40}$$

$$= 1316.561599 \text{ kN} > 475.904711 \text{ kN (OK)}$$

Tabel 7.26 Penulangan Geser Daerah Sendi Plastis

| Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis | | | | | | | | | |
|--|------------|-------------|------------|---------------|--------|-----|------|----|----------|
| Balok | Kontrol Vc | Vs | s | Kontrol Spasi | | | Kaki | D | S pakai |
| | | | | d/4 | 6 x db | < | | | |
| BI 1 | Vc=0 | 475.904711 | 139.341028 | 156.125 | 150 | 150 | 2 | 13 | 139.341 |
| BI 2 | Vc=0 | 283.6335776 | 196.360633 | 131.125 | 150 | 150 | 2 | 13 | 131.125 |
| BI 3 | Vc=0 | 388.281793 | 143.43827 | 131.125 | 150 | 150 | 2 | 13 | 131.125 |
| BI 4 | Vc=0 | 342.8261604 | 162.456881 | 131.125 | 150 | 150 | 2 | 13 | 131.125 |
| BI 5 | Vc=0 | 785.3761981 | 70.9143833 | 131.125 | 150 | 150 | 2 | 13 | 70.91438 |
| BI 6 | Vc=0 | 416.4751802 | 133.728182 | 131.125 | 150 | 150 | 2 | 13 | 131.125 |
| BI 7 | Vc=0 | 441.8748596 | 150.072018 | 156.125 | 150 | 151 | 2 | 13 | 150 |
| BI 8 | Vc=0 | 402.2026346 | 164.874733 | 156.125 | 150 | 152 | 2 | 13 | 150 |

Tabel 7.27 Kntrol Geser Maksimum

| Kontrol Kuat Geser | | | |
|--------------------|-------------|-------------|---------|
| Balok | Vs pakai | Vs max | Kontrol |
| | (kN) | (kN) | |
| BI 1 | 475.904711 | 1316.561599 | OK |
| BI 2 | 424.7433268 | 884.5944708 | OK |
| BI 3 | 424.7433268 | 884.5944708 | OK |
| BI 4 | 424.7433268 | 884.5944708 | OK |
| BI 5 | 785.3761981 | 884.5944708 | OK |
| BI 6 | 424.7433268 | 884.5944708 | OK |
| BI 7 | 442.0870126 | 1053.249279 | OK |
| BI 8 | 442.0870126 | 1053.249279 | OK |

➤ Pemasangan Senggang Daerah Luar Sendi Plastis

$$V_c = \frac{1}{6} \times bw \times d \times \sqrt{f'c}$$

$$= \frac{1}{6} \times 500 \times 624.5 \times \sqrt{40}$$

$$\begin{aligned}
 &= 329.1403998 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= 246.8552998 \text{ kN} \\
 V_s \text{ min} &= \frac{1}{16} \times b w \times d \times \sqrt{f'c} \\
 &= \frac{1}{16} \times 500 \times 624.5 \times \sqrt{40} \\
 &= 123.4276499 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

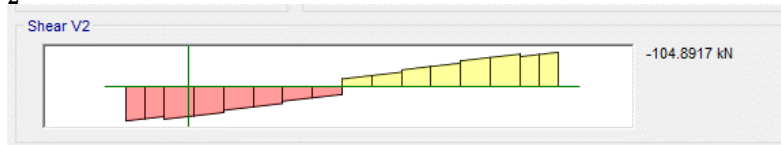
Syarat:

Kondisi 1 :

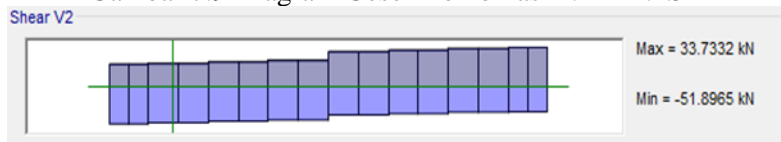
$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c, \text{ tidak perlu tulangan geser}$$

Kondisi 2 :

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ tulangan geser minimum (memenuhi)}$$



Gambar 7.9 Diagram Geser Kombinasi 1.4D+1.4SD



Gambar 7.10 Diagram Geser Kombinasi Beban Hidup dan Gempa

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{156.7882}{0.75} = 209.0509333 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 kaki (2D13 = 265.465 mm²)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 624.5}{209.0509333 \text{ kN}} \\
 &= 317.2100255 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.6 syarat jarak sengkang maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil syarat berikut:

$$\frac{d}{2} = \frac{624.5}{2} = 312.25 \text{ mm}$$

∴ maka digunakan tulangan sengkang 2D13-300 mm

Tabel 7.28 Pemasangan Senggang Luar Sendi Plastis

| Pemasangan Senggang Daerah Luar Sendi Plastis | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|
| Balok | Vu | Case 1 | case 2 | Vs | | S maks | S pakai |
| | (kn) | | | (kN) | (mm) | | |
| BI 1 | 156.7882 | ELSE CASE | OK | 209.05093 | 317.21003 | 312.25 | 312.25 |
| BI 2 | 76.1713 | OK | ELSE CASE | 101.56173 | 548.38045 | 262.25 | 262.25 |
| BI 3 | 63.4154 | OK | ELSE CASE | 84.553867 | 658.68624 | 262.25 | 262.25 |
| BI 4 | 103.6109 | ELSE CASE | OK | 138.14787 | 403.15113 | 262.25 | 262.25 |
| BI 5 | 126.6966 | ELSE CASE | OK | 168.9288 | 329.69197 | 262.25 | 262.25 |
| BI 6 | 102.1311 | ELSE CASE | OK | 136.1748 | 408.99248 | 262.25 | 262.25 |
| BI 7 | 87.9101 | OK | ELSE CASE | 117.21347 | 565.74602 | 312.25 | 312.25 |
| BI 8 | 97.4393 | OK | ELSE CASE | 129.91907 | 510.41817 | 312.25 | 312.25 |

Tabel 7.29 Kontrol Kuat Geser

| Kontrol Kuat Geser | | | |
|--------------------|-------------|----------|---------|
| Balok | Vs pakai | Vu | Kontrol |
| | (kN) | (kn) | |
| BI 1 | 212.3716634 | 156.7882 | OK |
| BI 2 | 212.3716634 | 76.1713 | OK |
| BI 3 | 212.3716634 | 63.4154 | OK |
| BI 4 | 212.3716634 | 103.6109 | OK |
| BI 5 | 212.3716634 | 126.6966 | OK |
| BI 6 | 212.3716634 | 102.1311 | OK |
| BI 7 | 212.3716634 | 87.9101 | OK |
| BI 8 | 212.3716634 | 97.4393 | OK |

b) Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

Tabel 7.30 Hasil Rekapitulasi Vu

| Tulangan Geser Sebelum Komposit | | | | | |
|---------------------------------|-----|--------|---------|------|----------|
| Balok | l | qU | qPlat | Pu | Vu |
| | (m) | (Kg/m) | (Kg/m) | (Kg) | (Kg) |
| BI 1 | 8 | 1176 | 0 | 2688 | 6048 |
| BI 2 | 6 | 806.4 | 864.5 | 0 | 5012.7 |
| BI 3 | 5 | 806.4 | 0 | 0 | 2016 |
| BI 4 | 4.2 | 806.4 | 1383.2 | 0 | 4598.16 |
| BI 5 | 2.6 | 806.4 | 1123.85 | 0 | 2509.325 |
| BI 6 | 4 | 806.4 | 0 | 0 | 1612.8 |
| BI 7 | 5 | 940.8 | 691.6 | 1344 | 4753 |
| BI 8 | 6 | 940.8 | 691.6 | 1344 | 5569.2 |

➤ Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis

$$Vu = qu \times \frac{l}{2} + \frac{Pu}{2}$$

$$Vu = 1176 \frac{kg}{m} \times \frac{8m}{2} + \frac{2016}{2} = 5712 \text{ Kg}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \lambda \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times 1 \times \sqrt{32} \times 500 \times 474.5 = 223.6814451 \text{ kN}$$

$$\phi Vc = 0.75 \times 223.6814451 \text{ kN} = 167.7610838 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi Vc = 0.5 \times 0.75 \times 167.7610838 \text{ kN} = 83.88054192 \text{ kN}$$

$$Vu = 6048 \text{ Kg} \leq 0.5 \phi Vc = 83.88054192 \text{ kN}$$

Syarat:

Kondisi 1 :

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c, \text{ tidak perlu tulangan geser (memenuhi)}$$

Kondisi 2 :

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ tulangan geser minimum}$$

Meskipun pada kondisi pertama, penulangan geser akan direncanakan menggunakan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{1}{16} \times b w \times d \times \sqrt{f'c} \\ &= \frac{1}{16} \times 500 \times 474.5 \times \sqrt{32} \\ &= 83.88054192 \text{ kN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 kaki (2D13 = 265.465 mm²)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 474.5}{83.88054192 \text{ kN}} \\ &= 600.6777732 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.4 disebutkan bahwa syarat untuk jarak sengkang di daerah sendi plastis harus kurang dari persyaratan berikut:

$$\frac{d}{4} = \frac{474.5}{4} = 118.625 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

150 mm

∴ maka digunakan tulangan sengkang 2D13-110 mm

Tabel 7.31 Penulangan Sengkang Sebelum Komposit

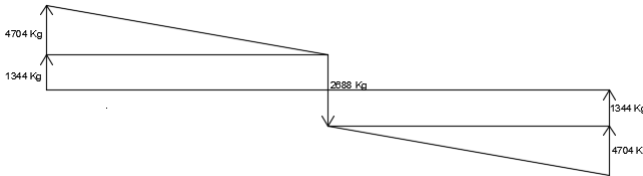
| Balok | Vu (kn) | Case 1 | case 2 | Vs | s | Kontrol Spasi | | | S pakai |
|-------|------------|--------|-----------|-----------|----------|---------------|--------|-----|---------|
| | | | | | | d/4 | 6 x db | < | |
| BI 1 | 60.48 | OK | ELSE CASE | 83.880542 | 600.6778 | 118.625 | 150 | 150 | 118.625 |
| BI 2 | 50.127 | OK | ELSE CASE | 66.836 | 594.9876 | 93.625 | 150 | 150 | 93.625 |
| BI 3 | 20.16 | OK | ELSE CASE | 52.962298 | 750.8472 | 93.625 | 150 | 150 | 93.625 |
| BI 4 | 45.9816 | OK | ELSE CASE | 61.3088 | 648.6278 | 93.625 | 150 | 150 | 93.625 |
| BI 5 | 25.09325 | OK | ELSE CASE | 52.962298 | 750.8472 | 93.625 | 150 | 150 | 93.625 |
| BI 6 | 16.128 | OK | ELSE CASE | 52.962298 | 750.8472 | 93.625 | 150 | 150 | 93.625 |
| BI 7 | 47.53 | OK | ELSE CASE | 67.104434 | 750.8472 | 118.625 | 150 | 151 | 118.625 |
| BI 8 | 55.692 | OK | ELSE CASE | 74.256 | 678.5334 | 118.625 | 150 | 152 | 118.625 |

Tabel 7.32 Kontrol Kuat Geser

| Balok | Kontrol Kuat Geser | | Kontrol |
|-------|--------------------|----------------|---------|
| | Vs pakai (kN) | Vs max (kN) | |
| BI 1 | 424.7433268 | 1000.333833 | OK |
| BI 2 | 424.7433268 | 631.612258 | OK |
| BI 3 | 424.7433268 | 631.612258 | OK |
| BI 4 | 424.7433268 | 631.612258 | OK |
| BI 5 | 424.7433268 | 631.612258 | OK |
| BI 6 | 424.7433268 | 631.612258 | OK |
| BI 7 | 424.7433268 | 800.2670665 | OK |
| BI 8 | 424.7433268 | 800.2670665 | OK |

➤ Pemasangan Senggang Daerah Luar Sendi Plastis

$V_u = 6048 \text{ Kg}$, gaya geser yang bekerja akan ditinjau pada jarak $2H = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$. Sehingga dalam perhitungannya menggunakan persamaan kesebangunan segitiga



Gambar 7.11 Diagram Geser BI 50/70 Sebelum Komposit

$$\frac{6048 \text{ kg} - \frac{2688 \text{ kg}}{2}}{x} = \frac{4 \text{ m}}{(4 \text{ m} - 1.4 \text{ m})}$$

$$x = 30.576 \text{ kN} + \frac{2688 \text{ kg}}{2} = 44.016 \text{ kN}$$

$$V_u = 44.016 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times 1 \times \sqrt{32} \times 500 \times 474.5 = 223.6814451 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times 223.6814451 \text{ kN} = 167.7610838 \text{ kN}$$

$$0.5 \emptyset V_c = 0.5 \times 0.75 \times 167.7610838 \text{ kN} = 83.88054192 \text{ kN}$$

$$V_u = 44.016 \text{ kN} \leq 0.5 \emptyset V_c = 83.88054192 \text{ kN}$$

Syarat:

Kondisi 1 :

$$V_u \leq \frac{1}{2} \emptyset V_c, \text{ tidak perlu tulangan geser (memenuhi)}$$

Kondisi 2 :

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c < V_u < \emptyset V_c, \text{ tulangan geser minimum}$$

Meskipun pada kondisi pertama, penulangan geser akan direncanakan menggunakan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{1}{16} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c} \\ &= \frac{1}{16} \times 500 \times 474.5 \times \sqrt{32} \\ &= 83.88054192 \text{ kN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 kaki (2D13 = 265.465 mm²)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 474.5}{83.88054192 \text{ kN}} \\ &= 600.6777732 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.6 syarat jarak sengkang maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil syarat berikut:

$$\frac{d}{2} = \frac{474.5}{2} = 237.25 \text{ mm}$$

∴ **maka digunakan tulangan sengkang 2D13-200 mm**

Tabel 7.33 Pemasangan Sengkang di Luar Sendi Plastis

| Pemasangan Sengkang Luar Sendi Plastis | | | | | | | |
|--|---------|--------|-----------|-----------|----------|---------------|---------|
| Balok | Vu (kn) | Case 1 | case 2 | Vs | s | Kontrol Spasi | |
| | | | | | | d/2 | S pakai |
| BI 1 | 44.016 | OK | ELSE CASE | 83.880542 | 600.6778 | 237.25 | 200 |
| BI 2 | 30.0762 | OK | ELSE CASE | 66.836 | 594.9876 | 187.25 | 150 |
| BI 3 | 10.4832 | OK | ELSE CASE | 52.962298 | 750.8472 | 187.25 | 150 |
| BI 4 | 19.7064 | OK | ELSE CASE | 61.3088 | 648.6278 | 187.25 | 150 |
| BI 5 | 1.93025 | OK | ELSE CASE | 52.962298 | 750.8472 | 187.25 | 150 |
| BI 6 | 6.4512 | OK | ELSE CASE | 52.962298 | 750.8472 | 187.25 | 150 |
| BI 7 | 24.6764 | OK | ELSE CASE | 67.104434 | 750.8472 | 237.25 | 200 |
| BI 8 | 32.8384 | OK | ELSE CASE | 74.256 | 678.5334 | 237.25 | 200 |

Tabel 7.34 Kontrol Kuat Geser

| Kontrol Kuat Geser | | | |
|--------------------|---------------|-------------|---------|
| Balok | Vs pakai (kN) | Vs max (kN) | Kontrol |
| | BI 1 | 251.9258857 | |
| BI 2 | 265.1106265 | 631.612258 | OK |
| BI 3 | 265.1106265 | 631.612258 | OK |
| BI 4 | 265.1106265 | 631.612258 | OK |
| BI 5 | 265.1106265 | 631.612258 | OK |
| BI 6 | 265.1106265 | 631.612258 | OK |
| BI 7 | 251.9258857 | 800.2670665 | OK |
| BI 8 | 251.9258857 | 800.2670665 | OK |

7.2.5 Perhitungan Tulangan Torsi

Pada perencanaan kebutuhan tulangan torsi contoh perhitungan menggunakan BI 50/70 pada lantai GF

a. Perhitungan Luas dan Keliling Penampang

- A_{cp} = Luas bruto penampang beton
 $= b \times h$
 $= 500 \times 700 = 350000 \text{ mm}^2$
- P_{cp} = keliling luar penampang beton
 $= 2 \times (b + h)$
 $= 2 \times (500 + 700) = 2400 \text{ mm}$
- X_1 = $(b - 2 \cdot \text{cover} - \emptyset_{\text{geser}})$
 $= 374 \text{ mm}$
- Y_1 = $(h - 2 \cdot \text{cover} - \emptyset_{\text{geser}})$
 $= 574 \text{ mm}$
- A_{oh} = Luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 $= X_1 \times Y_1 = 214676 \text{ mm}^2$
- P_{oh} = Keliling penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 $= 2 \times (X_1 + Y_1) = 1896 \text{ mm}$

b. Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi

. Pada perencanaan ini, balok induk termasuk torsi kompatibilitas, sehingga dapat terjadi redistribusi puntir. Berdasarkan RSNI 2847:2013 Pasal 22.7.5.1 momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut,

$$T_u < \emptyset. 0,33\lambda\sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 tabel 22.7.4.1 Kebutuhan tulangan torsi dapat diabaikan jika torsi kurang dari persamaan perhitungan berikut:

$$T_u < \emptyset. 0.083\lambda\sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang total

P_{cp} = Keliling penampang total

λ = 1 (beton normal) RSNI 2847:2018 tabel 25.4.9.3

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi) (RSNI 2847:2018 tabel 21.2.1)

Sehingga diperoleh,

$$Tu < \phi \cdot 0,33\lambda\sqrt{fc} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$$

$$57349700 \text{ Nmm} < 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1\sqrt{40} \left(\frac{350000^2}{2400}\right)$$

57349700 Nmm < 79896921.51 Nmm, maka torsi yang digunakan adalah sebesar 54621300 Nmm

$$Tu < \phi \cdot 0,0831\sqrt{40} \left(\frac{350000^2}{2400}\right)$$

57349700 Nmm < 20095286.32 Nmm (NOT OK), sehingga dibutuhkan tulangan torsi

Tabel 7.35 Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi

| Perhitungan Tulangan Torsi | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|--------|------|--|----------|---|------------------|
| Balok | ETABS (Nmm) | Acp | pcp | $-\phi 0,33\sqrt{fc} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$ | Jksi | $-\phi 0,083\sqrt{fc} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$ | Ket |
| BI 1 | 57349700 | 350000 | 2400 | 8E+07 | 57349700 | 2E+07 | Perlu Tul. Torsi |
| BI 2 | 7665100 | 240000 | 2000 | 4.5E+07 | 7665100 | 1E+07 | Diabaikan |
| BI 3 | 19739800 | 240000 | 2000 | 4.5E+07 | 19739800 | 1E+07 | Perlu Tul. Torsi |
| BI 4 | 6951100 | 240000 | 2000 | 4.5E+07 | 6951100 | 1E+07 | Diabaikan |
| BI 5 | 12140400 | 240000 | 2000 | 4.5E+07 | 12140400 | 1E+07 | Perlu Tul. Torsi |
| BI 6 | 10436500 | 240000 | 2000 | 4.5E+07 | 10436500 | 1E+07 | Diabaikan |
| BI 7 | 12747700 | 280000 | 2200 | 5.6E+07 | 12747700 | 1E+07 | Diabaikan |
| BI 8 | 11017300 | 280000 | 2200 | 5.6E+07 | 11017300 | 1E+07 | Diabaikan |

c. Cek penampang balok

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Poh}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \phi (0,83 \sqrt{fc})$$

Sehingga:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Poh}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{354.399}{500 \times 624.5}\right)^2 + \left(\frac{57349700 \times 1896}{1,7 \times 214676^2}\right)^2} = 1.798 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\phi 0,83 \sqrt{fc}}$$

$$0,75 \cdot 0,83 \sqrt{40} = 3.937 \text{ MPa}$$

$$1.798 \leq 3.937 \text{ (OK)}$$

Tabel 7.36 Kontrol Penampang Balok

| Kontrol Penampang Balok | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|--------|------|---|--------------|----|
| Balok | x1 | y1 | Aoh | Ph | $\sqrt{\frac{A_{oh}}{A_{oh}} \cdot \frac{I_{p,1}}{I_{p,2}}} \cdot \sqrt{0,83 \cdot f'_c}$ | Il penampang | |
| Bl 1 | 374 | 574 | 214676 | 1896 | 1.7980185 | 3.937 | OK |
| Bl 3 | 274 | 474 | 129876 | 1496 | 1.7283583 | 3.937 | OK |
| Bl 5 | 274 | 474 | 129876 | 1496 | 2.8781441 | 3.937 | OK |

d. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 22.7.6.1 perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$ dengan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0.85 \times A_{oh} = 0.85 \times 214676 \text{ mm}^2 = 182474.6 \text{ mm}^2$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta} = 0.523814456 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_t}{s} \text{ min} = 0.175 \times \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$= 0.175 \times \frac{500}{400} = 0.21875 \text{ mm}^2/\text{mm},$$

Sehingga digunakan $0.498894093 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Tabel 7.37 Kontrol At/s Minimum

| Kontrol At/s | | | | | | |
|--------------|----------|----------|--------------|---------|----------|--------------|
| Balok | Ao | θ | cot θ | At/s | At/s min | kontrol At/s |
| Bl 1 | 182474.6 | 45 | 1 | 0.52381 | 0.21875 | 0.5238 |
| Bl 3 | 110394.6 | 45 | 1 | 0.29802 | 0.175 | 0.298 |
| Bl 5 | 110394.6 | 45 | 1 | 0.18329 | 0.175 | 0.1833 |

Luas minimum tulangan torsi:

$$\frac{A_v}{s} + 2x \frac{A_t}{s} \geq 0.062 \times \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}$$

- Pada daerah sendi plastis ($< 2h = 1400 \text{ mm}$)

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{475.904711}{400 \times 624.5} = 1.905$$

$$\frac{A_v}{s} + 2x \frac{A_t}{s} = 1.905 + 2 \times 0.524 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 2.95277187 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$0.062 \times \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} = 0.062 \times \sqrt{40} \frac{500}{400}$$

$$\begin{aligned}
 A_{(v+t)} &= 0.490 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)} \\
 &= 2.95277187 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 90 \text{ mm} \\
 &= 265.716587 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jumlah kaki} &= \frac{265.716587}{0,25 \times \pi \times 13^2} = 2.0018986 \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan 3D13-90 pada daerah sendi plastis ($<2h = 1400 \text{ mm}$)

Tabel 7.38 Kebutuhan Tulangan Transversal Sendi Plastis

| Kontrol Tulangan Transversal | | | | |
|------------------------------|------------------|--------------|-------------|---------|
| Balok | di Sendi plastis | | | Kontrol |
| | Av/s | av/s +2 At/s | f'c^0.5 x b | |
| Bl 1 | 1.90514296 | 2.952406523 | 0.490153 | OK |
| Bl 3 | 1.85072351 | 2.446761121 | 0.392122 | OK |
| Bl 5 | 3.74345185 | 4.110027751 | 0.392122 | OK |

Tabel 7.39 Tulangan Transversal Daerah Sendi Plastis

| Sendi Plastis | | | | | |
|---------------|--------------------|-------------|---------|---------|---------|
| Balok | A | n perlu | n pakai | D pakai | s pakai |
| | (mm ²) | (buah) | (buah) | mm | mm |
| Bl 1 | 265.716587 | 2.001898617 | 3 | 13 | 90 |
| Bl 3 | 220.208501 | 1.659042434 | 2 | 13 | 90 |
| Bl 5 | 246.601665 | 1.857887525 | 2 | 13 | 60 |

- Di luar sendi plastis ($>2h = 1400 \text{ mm}$)

$$\begin{aligned}
 \frac{Av}{s} &= \frac{Vs}{fy \times d} = \frac{209.0509333}{400 \times 624.5} = 0.836873232 \\
 \frac{Av}{s} + 2x \frac{At}{s} &= 0.836873232 + 2 \times 0.499 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 &= 1.884136796 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0.062 \times \sqrt{f'c} \frac{bw}{fyt} &= 0.062 \times \sqrt{40} \frac{500}{400} \\
 &= 0.490 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{(v+t)} &= 1.884136796 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 130 \text{ mm} \\
 &= 244.9377835 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah kaki} = \frac{244.9377835}{0,25 \times \pi \times 13^2} = 1.845351905 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan 2D13-130 pada daerah sendi plastis ($>2h = 1400 \text{ mm}$)

Tabel 7.40 Kebutuhan Tulangan Transversal

| Kontrol Tulangan Transversal | | | | |
|------------------------------|-----------------------|--------------|-------------|---------|
| Balok | di luar Sendi plastis | | | Kontrol |
| | Av/s | av/s +2 At/s | f'c^0.5 x b | |
| BI 1 | 0.83687323 | 1.884136796 | 0.490153 | OK |
| BI 3 | 0.40302129 | 0.999058898 | 0.392122 | OK |
| BI 5 | 0.8051897 | 1.171765606 | 0.392122 | OK |

Tabel 7.41 Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis

| Luar Sendi Plastis | | | | | |
|--------------------|--------------------|-------------|---------|---------|---------|
| Balok | A | n perlu | n pakai | D pakai | s pakai |
| | (mm ²) | (buah) | (buah) | mm | mm |
| BI 1 | 244.937784 | 1.845351905 | 2 | 13 | 130 |
| BI 3 | 129.877657 | 0.978493305 | 2 | 13 | 130 |
| BI 5 | 152.329529 | 1.147644851 | 2 | 13 | 130 |

e. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$\begin{aligned}
 A_{1ss} &= \frac{At}{s} \cdot Poh \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cdot \cot^2 \theta \\
 &= 0.523631782 \cdot 1896 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \cdot \cot^2 45 \\
 &= 992.805859 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{1min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot poh \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \\
 &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{40} \cdot 350000}{400} - 0.524 \cdot 1896 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \\
 &= 1331.468221 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kanan, 25% ke kiri, 25% ke atas, dan 25% ke bawah bagian balok. Luasan tulangan torsi untuk kiri kanan = $0.5 \times 1331.468221 = 665.7341106 \text{ mm}^2$.

Dikarenakan tulangan minimum 2, maka digunakan tulangan 2D25 ($A_s = 981,774 \text{ mm}^2$), dipasang masing-masing 1 batang di sisi samping kanan dan kiri balok di sepanjang bentang balok.

Tabel 7.42 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal

| Tulangan Longitudinal | | | | | |
|-----------------------|--------|----|--------|---------|---------|
| Balok | Lokasi | db | n awal | n torsi | n total |

| | | | mm | buah | buah | buah |
|------|----------|--------|----|------|------|------|
| BI 1 | Tumpuan | atas | 25 | 4 | 1 | 5 |
| | | tengah | 25 | | 2 | 2 |
| | | bawah | 25 | 3 | 1 | 4 |
| | Lapangan | atas | 25 | 3 | 1 | 4 |
| | | tengah | 25 | | 2 | 2 |
| | | bawah | 25 | 4 | 1 | 5 |
| BI 3 | Tumpuan | atas | 25 | 3 | 1 | 4 |
| | | tengah | 25 | | 2 | 2 |
| | | bawah | 25 | 2 | 1 | 3 |
| | Lapangan | atas | 25 | 2 | 1 | 3 |
| | | tengah | 25 | | 2 | 2 |
| | | bawah | 25 | 3 | 1 | 4 |
| BI 5 | Tumpuan | atas | 25 | 3 | 1 | 4 |
| | | tengah | 25 | | 2 | 2 |
| | | bawah | 25 | 2 | 1 | 3 |
| | Lapangan | atas | 25 | 2 | 1 | 3 |
| | | tengah | 25 | | 2 | 2 |
| | | bawah | 25 | 3 | 1 | 4 |

Tabel 7.43 Kontrol Regangan Tumpuan Baru

| Kontrol Regangan Tumpuan - Baru | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|-------------|-------------|----------|----------|---------|------------|---------|
| Balok | dx baru | ppakai | a | c | et | Kontrol | ϕM_n | Kontrol |
| | | | mm | mm | | | Kgm | |
| BI 1 | 624.5 | 0.00786027 | 57.74986496 | 75.56057 | 0.021795 | OK | 52627.82 | OK |
| BI 3 | 524.5 | 0.009358891 | 57.74986496 | 75.56057 | 0.017824 | OK | 35033.67 | OK |
| BI 5 | 524.5 | 0.009358891 | 57.74986496 | 75.56057 | 0.017824 | OK | 35033.67 | OK |

Tabel 7.44 Kontrol Regangan Lapangan Baru

| Kontrol Regangan Lapangan + Baru | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|-------------|-------------|----------|----------|---------|------------|---------|
| Balok | dx baru | ppakai | a | c | et | Kontrol | ϕM_n | Kontrol |
| | | | mm | mm | | | Kgm | |
| BI 1 | 624.5 | 0.00786027 | 57.74986496 | 75.56057 | 0.021795 | OK | 52627.82 | OK |
| BI 3 | 524.5 | 0.009358891 | 57.74986496 | 75.56057 | 0.017824 | OK | 35033.67 | OK |
| BI 5 | 524.5 | 0.009358891 | 57.74986496 | 75.56057 | 0.017824 | OK | 35033.67 | OK |

7.2.6 Kontrol Lentutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar memiliki kekakuan yang cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat menerima gaya. Berdasarkan RSNI 2847:2018 9.3.3.1, yang

tertera pada tabel 9.3.3.1, syarat tebal minimum balok apabila lebdutan tidak diperhitungkan adalah sebagai berikut:

$$h \text{ min} = \frac{1}{16} \times lb$$

Lendutan tidak perlu diperhitungkan sebab pada saat dilakukan preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing masing tipe balok lebih besar dari persyaratan desain

7.2.7 Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.8.2.4 tulangan dari komponen struktur harus memberikan kekuatan desain

$$\emptyset Mn \geq Mcr$$

Dimana Mcr harus diperoleh menggunakan modulus hancur, f_r , yang berdasarkan pada RSNI 2847:2018 pasal 24.2.3.5 dan RSNI 2847:2018 pasal 19.2.3.1

$$Mcr = \frac{f_y I_g}{y_t} \text{ dan}$$

$$f_r = 0.62 \lambda \sqrt{f'_c}$$

dimana:

Mcr = momen retak

f_r = modulus hancur beton

I_g = momen inersia penampang beton bruto

y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke muka Tarik

λ = faktor modifikasi ($\lambda = 1,0$ untuk beton berat normal) f_r

$$= 0.62 \cdot 1 \sqrt{40} = 3.92 \text{ Mpa}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 500 \times 700^3 = 1.429 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

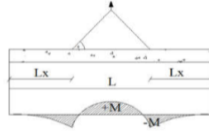
$$Mcr = \frac{3.92 \times 1.429 \times 10^{10}}{350} = 160066666.7 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn = 42722.52231 \text{ Kgm} = 427225223.1 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn \geq Mcr \text{ (OK)}$$

7.2.8 Pengangkatan Balok Induk Pracetak

Dalam proses instalasi balok pracetak menuju titik pemasangan, perlu adanya pengangkatan untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi. Oleh karena itu, perlu adanya penentuan diameter tulangan angkat, dengan menggunakan dua titik angkat.



Gambar 6.23 Pengangkatan Balok Anak Pracetak

a) Penentuan Diameter Tulangan Angkat Balok Induk Pracetak

$$W = 2400 \times 0.5 \text{ m} \times 0.55 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 5280 \text{ Kg}$$

$$k = 1.2$$

$$T = \frac{1.4 \times k \times W}{2 \sin \theta}$$

$$= \frac{1.4 \times 1.2 \times 5280}{2} = 5376.2743 \text{ Kg}$$

$$F_{kub} = 400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{4000}{1.5} = 2666.667 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$D > \sqrt{\frac{4 \times T}{6 \sigma_{ijin} \times \pi}}$$

$$> \sqrt{\frac{4 \times 5376.2743}{2666.67 \times \pi}}$$

$$D > 16.021 \text{ mm} \approx 19 \text{ mm}$$

D pakai 19 mm

b) Penentuan Diameter Tulangan Angkat

Tegangan tarik yang terjadi,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.75 \times \sqrt{30}}{1.5} = 2.73861 \text{ Mpa}$$

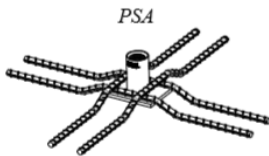
$$+M = 1169.054125 \text{ Kgm}$$

$$-M = 1169.054125 \text{ Kgm}$$

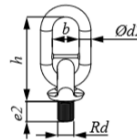
$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{1}{6} x bh^2 = \frac{1}{6} x 500 550^2 \\
 &= 0.025208333 \text{ m}^3 \\
 Ft &= \frac{My}{S_x} = \frac{1169.054 \text{ kgm}}{0.025208333 \text{ m}^3} = 0.4637 \text{ Mpa} \\
 Ft \text{ ijin} &> ft \\
 0.4637 \text{ Mpa} &> 2.73861 \text{ Mpa (OK)}
 \end{aligned}$$

c) Pemilihan Profil Tulangan Angkat Tulangan Angkat

Jenis tulangan angkat yang digunakan, diambil dari tipe Jenka Lifting System yang berasal dari Peikko Group. Tipe yang digunakan merupakan Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Profil yang digunakan memiliki kapasitas pengangkatan beban sebesar 40 kN dengan sudut kemiringan 0-45 derajat



Gambar 6.24 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 6.25 Kait JL

7.3 Perencanaan Struktur Kolom

Kolom merupakan salah satu elemen struktur primer yang berfungsi sebagai pemikul beban yang diterima oleh struktur, baik struktur sekunder maupun balok induk, serta berfungsi sebagai penyalur beban struktur bangunan ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 5 tipe sesuai dengan tipe lantai dan ketinggian lantai. Berikut merupakan data perencanaan tipe-tipe kolom.

Ketinggian Lantai dan Dimensi Kolom:

| | |
|-----------------|-----------------|
| Lantai Basement | : 3.3 m (70/70) |
| Lantai GF, 1-4 | : 3.5 m (60/60) |
| Lantai 5-9 | : 2.9 m (55/55) |

Lantai 10-14 : 2.9 m (50/50)

Lantai 15 : 2.9 m (50/50)

Contoh perhitungan akan menggunakan dimensi kolom paling besar yakni, kolom K5 (70/70). Berdasarkan hasil analisa program bantu ETABS 2013, gaya-gaya kolom yang meliputi gaya aksial, geser, torsi, dan momen dieksport untuk dilakukan analisa lebih lanjut. Berikut merupakan data perencanaan dan spesifikasi yang digunakan

Tabel 7.45 Data Perencanaan dan Dimensi Kolom

| Kolom | Dimensi | | Spesifikasi | | | | |
|-------|---------|----|-------------|---------|-----|-----|----|
| | b | h | D lentur | D geser | fy | f'c | d' |
| K1 | 50 | 50 | 25 | 13 | 400 | 45 | 40 |
| K2 | 50 | 50 | 25 | 13 | 400 | 45 | 40 |
| K3 | 55 | 55 | 25 | 13 | 400 | 45 | 50 |
| K4 | 60 | 60 | 25 | 13 | 400 | 45 | 50 |
| K5 | 70 | 70 | 25 | 13 | 400 | 45 | 50 |

Berdasarkan hasil analisa program bantu menggunakan ETABS 2013 diperoleh gaya-gaya sebagai berikut:

Pu maksimum : 9449.4202 kN

Vu maksimum : 141.7494 kN

Mx : 356.6754 kNm

My : 208.8321 kNm

T : 14.9817 kNm

7.3.1 Kontrol Dimensi Kolom

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.4.7, jika elemen struktur SRPMK menahan gaya aksial terfaktor akibat beban terkombinasi, beban atau gaya tersebut harus lebih besar dari $A_g \times f'c/10$, sehingga komponen struktur rangka ini harus memenuhi beberapa kondisi berikut:

$$P_u > A_g \times \frac{f'c}{10}$$

$$9449.4202 \text{ kN} > 700 \times 700 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000} = 2205 \text{ kN (OK)}$$

Sehingga, harus memenuhi kedua persyaratan berikut yang telah dijelaskan pada RSNI 2847:2018 pasal 18.7.2

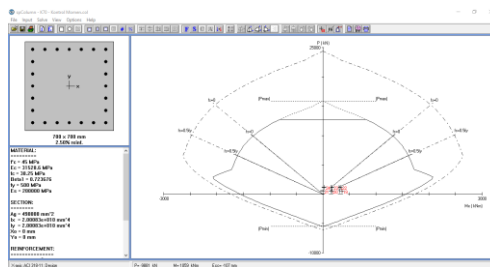
- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm
700 mm > 300 mm (OK)
- Rasio Dimensi harus lebih besar dari 0.4
 $\frac{700}{700} = 1 > 0.4$ (OK)

Tabel 7.46 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom

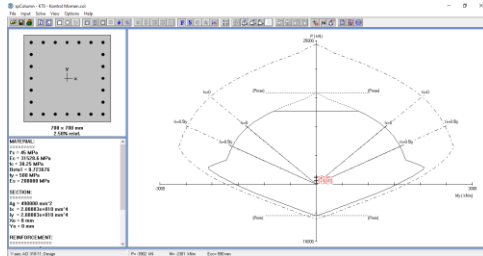
| Kontrol Dimensi Kolom | | | | | |
|-----------------------|---------|-----------|----------------------------|--------|----|
| Kolom | Ag f'c | Pu | Kontrol | Syarat | |
| | kN | kN | | 1 | 2 |
| K1 | 1125 | 418.5468 | Tidak Perlu syarat 1 dan 2 | OK | OK |
| K2 | 1125 | 3187.3462 | Perlu Syarat 1 dan 2 | OK | OK |
| K3 | 1361.25 | 5988.1097 | Perlu Syarat 1 dan 2 | OK | OK |
| K4 | 1620 | 8837.7515 | Perlu Syarat 1 dan 2 | OK | OK |
| K5 | 2205 | 9449.4202 | Perlu Syarat 1 dan 2 | OK | OK |

7.3.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang diperoleh dari analisa program bantu, kemudian dilakukan perhitungan penulangan longitudinal kolom menggunakan program bantu SPColumn, sehingga didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yakni sebagai berikut:



Gambar 7.12 Diagram P dan Mn Arah X



Gambar 7.13 Diagram P dan Mn Arah Y

Dari hasil analisa program bantu SP Column diperoleh jumlah tulangan sebesar 24D32. Sehingga berdasarkan grafik di atas diperoleh momen nominal yang terjadi pada kolom adalah sebesar

$$\phi Mn > Mux$$

$$1682.57 \text{ kNm} > 356.68 \text{ kNm (OK)}$$

$$\phi Mn > Muy$$

$$1682.57 \text{ kNm} > 208.3 \text{ kNm (OK)}$$

Tabel 7.47 Kontrol Momen Nominal Kolom

| Kolom | n | D | ϕMn | Mux | Muy | Kontrol Momen |
|-------|----|----|-----------|--------|--------|---------------|
| K1 | 24 | 25 | 841.05 | 53.24 | 41.59 | OK |
| K2 | 24 | 25 | 870.71 | 116.3 | 86.12 | OK |
| K3 | 24 | 25 | 989.75 | 146.58 | 108.13 | OK |
| K4 | 24 | 25 | 1146.7 | 157.83 | 103.6 | OK |
| K5 | 24 | 25 | 1425.3 | 356.68 | 208.3 | OK |

7.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.4.1, luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0.06 Ag

$$Ast = 24 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 11780.97245 \text{ mm}^2$$

$$Ag = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

Tabel 7.48 Kontrol Kebutuhan Tulangan Longitudinal

| Kolom | Ast | Ag | 0.01 Ag | 0.06 Ag | Kontrol |
|-------|-------------|--------|---------|---------|---------|
| K1 | 11780.97245 | 250000 | 2500 | 15000 | OK |
| K2 | 11780.97245 | 250000 | 2500 | 15000 | OK |
| K3 | 11780.97245 | 302500 | 3025 | 18150 | OK |
| K4 | 11780.97245 | 360000 | 3600 | 21600 | OK |
| K5 | 11780.97245 | 490000 | 4900 | 29400 | OK |

7.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 22.4.2.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur:

$$\begin{aligned}\phi P_o &= 0.8 \times \phi (0.85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + (f_y (A_{st}))) \\ &= 0.8 \times 0.65 (0.85 \times 45(490000 - 11780.97) + (400(11780.97))) \\ \phi P_o &= 11962.21873 > P_u = 9449.4202 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tabel 7.49 Kapasitas Beban Aksial terhadap Aksial Terfaktor

| Kolom | ϕP_o (N) | P_u | Kontrol |
|-------|----------------|-----------|---------|
| K1 | 7188.618728 | 418.5468 | OK |
| K2 | 7188.618728 | 3187.3462 | OK |
| K3 | 8232.843728 | 5988.1097 | OK |
| K4 | 9376.518728 | 8837.7515 | OK |
| K5 | 11962.21873 | 9449.4202 | OK |

7.3.5 Kontrol *Strong Column Weak Beam*

Berdasarkan filosofi desain kapasitas, sesuai RSNI 2847:2018 pasal 18.7.3.2 mensyaratkan bahwa:

$$\Sigma M_{nc} > 1.2 \Sigma M_{nb}$$

Dimana ΣM_{nc} merupakan momen nominal atau momen kapasitas kolom dan ΣM_{nb} merupakan momen kapasitas balok. M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor (P_u) yang memiliki kuat lentur paling rendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang

digunakan untuk memeriksa persyaratan *strong column weak beam*. Kombinasi yang digunakan dalam analisa momen nominal kolom, menggunakan kombinasi beban hidup dan beban gempa

Setelah mendapatkan jumlah tulangan untuk kolom, proses analisa selanjutnya adalah melakukan kontrol kapasitas kolom dengan persyaratan *strong column weak beam*. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan program bantu SPColumn diperoleh nilai momen nominal kolom untuk arah X dan arah Y, untuk momen nominal balok nilai diambil berdasarkan perhitungan sebelumnya

$$\text{Mnb 1 atas (Arah X)} = 584.754 \text{ kNm}$$

$$\text{Mnb 2 bawah (Arah X)} = 389.263 \text{ kNm}$$

$$\text{Mnb 1 atas (Arah Y)} = 584.754 \text{ kNm}$$

$$\text{Mnb 2 bawah (Arah Y)} = 389.263 \text{ kNm}$$

$$\Sigma \text{Mnc} > 1.2 \Sigma \text{Mnb (Arah X)}$$

$$(1425.3 + 1146.7)/0.65 > 1.2 (474.695 \text{ kNm} + 365.313 \text{ kNm})$$

$$3956.923077 \text{ kNm} > 1017.434 \text{ (OK)}$$

$$\Sigma \text{Mnc} > 1.2 \Sigma \text{Mnb (Arah Y)}$$

$$(1425.3 + 1146.7)/0.9 > 1.2 (584.754 \text{ kNm} + 389.263 \text{ kNm})$$

$$2857.778 \text{ kNm} > 1168.820 \text{ kNm (OK)}$$

Tabel 7.50 Kontrol *Strong Column Weak Beam* Arah X

| Kontrol Strong Column Weak Beam Arah X (Goyang Kanan) | | | | | | |
|---|-------------------|----------|---------|---------|------------------------|---------|
| Kolom | ϕMnc | Mnc | Mnb (1) | Mnb(2) | 1.2 (Mnb1 +Mnb2) | Kontrol |
| | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | |
| K1 | 841.05 | 934.500 | 245.810 | 245.810 | 589.944 | OK |
| K2 | 1736.11 | 1929.011 | 584.754 | 389.263 | 1168.820 | OK |
| K3 | 1974.85 | 2194.278 | 584.754 | 389.263 | 1168.820 | OK |
| K4 | 2288.56 | 2542.844 | 584.754 | 389.263 | 1168.820 | OK |
| K5 | 2572 | 2857.778 | 584.754 | 389.263 | 1168.820 | OK |

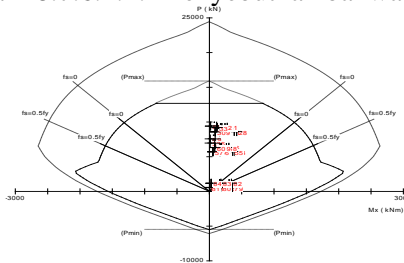
Tabel 7.51 Kontrol *Strong Column Weak Beam* Arah Y

| Kontrol Strong Column Weak Beam Arah Y (Goyang Kanan) | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
|---|--|--|--|--|--|--|

| Kolom | ϕM_{nc} | M_{nc} | $M_{nb} (1)$ | $M_{nb}(2)$ | 1.2 (M_{nb1} + M_{nb2}) | Kontrol |
|-------|---------------|----------|--------------|-------------|-------------------------------------|---------|
| | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | |
| K1 | 841.050 | 934.500 | 245.810 | 205.406 | 541.459 | OK |
| K2 | 1736.11 | 1929.011 | 584.754 | 296.199 | 1057.144 | OK |
| K3 | 1974.850 | 2194.278 | 584.754 | 296.199 | 1057.144 | OK |
| K4 | 2288.560 | 2542.844 | 584.754 | 296.199 | 1057.144 | OK |
| K5 | 2572.000 | 2857.778 | 584.754 | 296.199 | 1057.144 | OK |

7.3.6 Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser

Gaya geser rencana, V_e , dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan geser pada kolom berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.6.1.1 menyebutkan bahwa $f_s = 1.25 f_y$



Gambar 7.14 Diagram P-M Kolom dengan $f_s = 1.25 f_y$

$$V_{e1} = \frac{2 \times M_{pr}}{l_u} = \frac{2 \times 1682.57}{2.6 \text{ m}}$$

$$= 1294.285 \text{ kN}$$

$$V_u = 141.749 \text{ kN}$$

$$V_{e1} = 1294.285 \text{ kN} > V_u = 141.749 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Tabel 7.52 Kontrol terhadap Gaya Geser Rencana

| Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana | | | | | |
|--|-----|---------|----------|---------|---------|
| Kolom | ln | Mpr | Ve (kN) | Vu (kN) | Kontrol |
| | (m) | kNm | | | |
| K1 | 2.2 | 995.34 | 904.855 | 40.345 | OK |
| K2 | 2.2 | 1018.08 | 925.527 | 82.870 | OK |
| K3 | 2.2 | 1155.65 | 1050.591 | 102.712 | OK |

| | | | | | |
|----|-----|---------|----------|---------|----|
| K4 | 2.8 | 1602.76 | 1144.829 | 84.807 | OK |
| K5 | 2.6 | 1682.57 | 1294.285 | 141.749 | OK |

7.3.7 Perhitungan Tulangan Transversal untuk Pengekangan

- a. Menentukan Daerah Pemasangan Tulangan Sengking Persegi (Hoop)

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.5.1 tulangan hoop dibutuhkan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom dengan l_0 merupakan nilai terbesar dari

- Tinggi komponen struktur di joint $h = 700$ mm
- Satu per enam bentang bersih komponen struktur

$$\frac{l_n}{6} = \frac{2.6}{6} = 433.33 \text{ mm}$$

- Lebih dari 450 mm

Sehingga dipasang tulangan pengekan pada tumpuan sepanjang 700 mm

- b. Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.5.1, ujung ujung kolom sepanjang l_0 harus dikekang dengan tulangan transversal Ash dengan spasi sesuai RSNI 2847:2018 pasal 18.7.5.3

Pemasangan tulangan di daerah sendi plastis memiliki jarak maksimum sebesar:

- Satu per empat lebar komponen struktur

$$\frac{b}{4} = \frac{700 \text{ mm}}{4} = 175 \text{ mm}$$

- $6db = 6 \times 25 = 150$ mm
- Tidak perlu kurang dari 100 mm dan tidak lebih dari 150 mm

Sehingga direncanakan tulangan geser di daerah sendi plastis sebesar 100 mm

Tabel 7.53 Syarat Spasi Tulangan Transversal untuk Pengekangan

| Kolom | l_n | $l_n/6$ | ≥ 450 | l_0 pakai | syarat spasi | | | So pakai (mm) |
|-------|-------|---------|------------|-------------|--------------|-------|------------------|---------------|
| | (m) | (mm) | | (mm) | $1/4 b$ | $6db$ | $100 < So < 150$ | |
| K1 | 2.2 | 366.667 | 450 | 450 | 100 | 150 | 100 | 100 |
| K2 | 2.2 | 366.667 | 450 | 500 | 125 | 150 | 125 | 100 |
| K3 | 2.2 | 366.667 | 450 | 550 | 137.5 | 150 | 137.5 | 100 |

| | | | | | | | | |
|----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| K4 | 2.8 | 466.667 | 450 | 600 | 150 | 150 | 150 | 100 |
| K5 | 2.6 | 433.333 | 450 | 700 | 175 | 150 | 150 | 100 |

c. Penentuan Tulangan Luasan *Confinement*

RSNI 2847:2018 Pasal Tabel 18.7.5.4 mengatur luas tulangan geser yang perlu disediakan untuk memberikan pengekanan yang cukup. Luas tersebut harus diambil yang paling kecil antara :

$$A_{shx} = 0.3 \left(\frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana :

S = jarak spasi tulangan transversal (mm)

B_c = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekanan (mm)

A_g = luasan penampang kolom (mm^2)

A_{ch} = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

F_{yt} = kuat leleh tulangan transversal (MPa)

Untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara RSNI 2847:2018 Pasal Tabel 18.7.5.4:

- $A_{shx} = 0.3 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$
- $A_{sh1} = 0.09 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \right)$
- b_{cx} = lebar penampang inti beton (yang terkekang)
 $= b - (t_s + 2 \cdot d_s)$
 $= 700 \text{ mm} - (50 + 2 \times 13)$
 $= 624 \text{ mm}$
- $A_{ch} = b_{cx} \times b_{cx}$
 $= 624 \text{ mm} \times 624 \text{ mm}$
 $= 389376 \text{ mm}^2$
- $A_{shx} = 0.3 \cdot \left(\frac{100 \times 624 \times 45}{400} \right) \cdot \left(\frac{700 \times 700}{389376} - 1 \right)$
 $= 544.2404 \text{ mm}^2$

- $A_{sh1} = 0,09 \cdot \left(\frac{100 \times 624 \times 45}{400} \right) = 561.6 \text{ mm}^2$ (menentukan)

Jadi digunakan 5D13-100 dengan $As_{pasang} = 4 \times 0,25 \times \pi \times (13)^2 = 663.6615 \text{ mm}^2 > 561.6 \text{ mm}^2$

Tabel 7.54 Kebutuhan Luasan Pengekang

| Kolom | Ash perlu | n pakai | D | Ash pakai | Kontrol |
|-------|-----------------|---------|----|-----------------|---------|
| | mm ² | | mm | mm ² | |
| K1 | 479.374424 | 5 | 13 | 663.6614481 | OK |
| K2 | 479.374424 | 5 | 13 | 663.6614481 | OK |
| K3 | 554.1265823 | 5 | 13 | 663.6614481 | OK |
| K4 | 550.2022901 | 5 | 13 | 663.6614481 | OK |
| K5 | 561.6 | 5 | 13 | 663.6614481 | OK |

d. Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastik
Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.7.5.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari:

$$6 \times db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan spasi sebesar 150 mm

7.3.8 Perhitungan Tulangan Transversal untuk Beban Geser

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.5 gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (a), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (b) dan harus melebihi nilai (c)

$$(a) V_{e1} = \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prbawah}}{l_u}$$

$$(b) V_{e2} = \frac{M_{pr^+} + M_{pr^-}}{l_n}$$

(c) V_u hasil analisa struktur

Perhitungan Gaya Geser Desain

a. Menghitung Nilai V_{e1}

M_{prc} atas dan M_{prc} bawah didapatkan dari diagram interaksi P_n - M_{pr} kolom. Diagram interaksi tersebut diperoleh dengan menggunakan $f_s = 1.25 f_y$ dan $\phi = 1$. Besarnya M_{prc} bawah

dan M_{prc} atas adalah 1682.57 kNm dan 1682.57 kNm, sehingga dapat dihitung ,

$$V_{e1} = \frac{M_{prc \text{ bawah}} + M_{pr \text{ atas}}}{l_u} = \frac{1682.57 + 1682.57}{2.6 \text{ m}} = 1294.28 \text{ kN}$$

b. Menghitung Nilai V_{e2}

Nilai M_{pr} 1 dan M_{pr} 2 merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 584.75 kNm dan 389.26 kNm

$$V_{e2} = \frac{M_{pr^+} + M_{pr^-}}{l_n} = \frac{(584.75 \text{ kN.m} + 389.26 \text{ kN.m})}{(2.6) \text{ m}} = 374.62 \text{ kN}$$

c. V_u Hasil Analisa Program Bantu Etabs 2013

Berdasarkan output ETABS diperoleh nilai $V_u = 141.75$ kN, sedangkan didapatkan $V_{e_{maks}}$ hasil perhitungan sebesar 1294.28 kN, maka nilai $V_e > V_u$.

Berdasarkan persyaratan RSNI 2847:2018 pasal 18.6.5 yaitu nilai V_e tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisa struktur. Sehingga perencanaan geser memenuhi persyaratan (OK)

Tabel 7. 55 Kontrol Geser terhadap V_u

| Kolom | Mpr Bawah | Mpr Atas | V_e (kN) | Mpr+ | Mpr- | V_e (kN) |
|-------|-----------|----------|------------|--------|--------|------------|
| | kNm | kNm | | kNm | kNm | |
| K1 | 995.34 | 995.34 | 904.85 | 245.81 | 245.81 | 223.46 |
| K2 | 1018.08 | 1018.08 | 925.53 | 584.75 | 389.26 | 442.73 |
| K3 | 1155.65 | 1155.65 | 1050.59 | 584.75 | 389.26 | 442.73 |
| K4 | 1602.76 | 1602.76 | 1144.83 | 584.75 | 389.26 | 347.86 |
| K5 | 1682.57 | 1682.57 | 1294.28 | 584.75 | 389.26 | 374.62 |

Tabel 7.56 Kontrol Geser terhadap V_u (Lanjutan)

| V_e Pakai (kN) | V_u (kN) | Kontrol |
|------------------|------------|---------|
| 904.85 | 40.35 | OK |

| | | |
|---------|--------|----|
| 925.53 | 82.87 | OK |
| 1050.59 | 102.71 | OK |
| 1144.83 | 84.81 | OK |
| 1294.28 | 141.75 | OK |

- Perhitungan Tulangan Geser

a. Mengecek kontribusi beton diabaikan atau tidak

Berdasarkan RSNI 2847:2018, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila:

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_{sway} , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam lo.

$$50\% \cdot V_e > V_u$$

$$50\% \cdot 1294.28 \text{ kN} > 141.75 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya tekan aksial terfaktor, $P_u = \text{kN}$ harus kurang dari

$$\frac{A_g \times f'_c}{20} = \frac{700 \times 700 \times 45}{20} = 1102.5 \text{ kN} < P_u = 9449.42 \text{ (NOT OK)}$$

OK)

Sehingga V_c diperhitungkan.

Tabel 7.57 Rekapitulasi Pengecekan Kontribusi Beton Diabaikan atau Tidak

| Kolom | $0.5 V_e > V_u$ | $P_u < A_g f'_c / 20$ | Kontrol V_c |
|-------|-----------------|-----------------------|----------------|
| K1 | OK | NOT OK | Diperhitungkan |
| K2 | OK | NOT OK | Diperhitungkan |
| K3 | OK | NOT OK | Diperhitungkan |
| K4 | OK | NOT OK | Diperhitungkan |
| K5 | OK | NOT OK | Diperhitungkan |

- b. Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 22.5.6.1 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser, yaitu:

$$d = 700 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 624.5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \cdot \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0.17 \cdot \left(1 + \frac{9449.42 \times 10^3}{14 \times 700 \times 700} \right) \cdot 1\sqrt{45} \cdot 700.624.5$$

$$= 1185.223 \text{ kN}$$

c. Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai V_s dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 5 D13 -100 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$A_v = 5 \times 0.25 \times \pi \times 13^2 = 663.66 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = 2072.283 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 0.75(1185.223 + 2072.283) = 2443.13 \text{ kN}$$

Sehingga pada daerah sepanjang l_0 dipakai 5D13-100 mm

Tabel 7.58 Kontrol Tulangan Transversal Pasang

| Kolom | V_c | A_v | V_s | $\phi(V_c + V_s)$ | V_u | Kontrol |
|-------|-------------|-----------------|-------------|-------------------|--------|---------|
| | (kN) | mm ² | (kN) | | (kN) | |
| K1 | 277.3779646 | 530.9291585 | 1153.443597 | 1073.116171 | 40.35 | OK |
| K2 | 473.3699947 | 530.9291585 | 1153.443597 | 1220.110194 | 82.87 | OK |
| K3 | 718.4287291 | 663.6614481 | 1574.536786 | 1719.724136 | 102.71 | OK |
| K4 | 988.1900833 | 663.6614481 | 1740.452148 | 2046.481673 | 84.81 | OK |
| K5 | 1185.222991 | 663.6614481 | 2072.282872 | 2443.129397 | 141.75 | OK |

d. Berdasarkan RSNI 2847:2018 spasi minimum untuk tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_0 pada masing-masing ujung kolom) sebagai berikut:

- 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil
6 x 25 mm = 150 mm
- 150 mm

Jadi sengkang diluar daerah plastis adalah 5 D13-150 mm.

7.3.9 Kontrol Penulangan Torsi

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 22.7.5.1, pengaruh puntir untuk struktur non prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan apabila momen puntir kurang dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} T_u &= 14.9817 \text{ kNm} \\ A_{cp} &= 490000 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 2800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_n &= \phi 0.33 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{P_u}{0.33 \sqrt{f'c}}} \\ &= 0.65 \cdot 0.33 \sqrt{45} \left(\frac{490000^2}{2800} \right) \sqrt{1 + \frac{9449.42}{0.33 \sqrt{45}}} \\ &= 3303.592117 \text{ kNm} > T_u = 14.9817 \text{ kNm} \text{ (Diabaikan)} \end{aligned}$$

Tabel 7.59 Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi

| Kolom | Tu | Tn | Kontrol |
|-------|---------|-------------|-----------|
| | kNm | kNm | |
| K1 | 1.9332 | 131.6682714 | Diabaikan |
| K2 | 7.4244 | 700.1783207 | Diabaikan |
| K3 | 12.2 | 1276.138128 | Diabaikan |
| K4 | 15.2915 | 2012.034059 | Diabaikan |
| K5 | 14.9817 | 3303.592117 | Diabaikan |

7.3.10 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah 1.3 l_d (RSNI 2847:2018 pasal 25.5.2.1). Besarnya l_d ditetapkan berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.2.2 dengan menggunakan nilai $K_r = 0$ untuk penyederhanaan desain

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1.1 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{cb + K_{tr}} \right) \cdot db \text{ (RSNI 2847:2018 pasal 25.4.2.3)}$$

Dimana:

$\Psi_t = 1$ (situasi lainnya)

$\Psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s = 1$ (tulangan $\geq D22$)

$\lambda = 1$ (beton biasa)

$d = 29 \text{ mm}$

nilai cb merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini:

$$c_1 = 50 + 13 + \frac{25}{2} = 75.5 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{700 - 2 \times (50 + 13) - 25 \times 7}{7 - 1} = 70.5 \text{ mm}$$

maka $c_b = c_{\min} = 70.5 \text{ mm}$

$$(c_b + k_{tr})/d_b = 2.82 > 2.5 \text{ sehingga gunakan } 2.5$$

$$l_d = \left(\frac{400}{1.1 \times 1 \times \sqrt{45}} \frac{1.1 \cdot 1}{2.5} \right) \times 25 = 542.077 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \times 542.077 \text{ mm} = 704.7 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm}$$

Tabel 7.60 Rekapitulasi Sambungan Lewatan Kolom

| Kolom | C pakai | $(c_b + k_{tr})/d_b$ pakai | ld | 1.3 ld |
|-------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------|
| | | | mm | mm |
| K1 | 40.5 | 1.62 | 836.5387121 | 1087.500326 |
| K2 | 40.5 | 1.62 | 836.5387121 | 1087.500326 |
| K3 | 45.5 | 1.82 | 744.6113811 | 967.9947955 |
| K4 | 53.83333333 | 2.153333333 | 629.3464614 | 818.1503999 |
| K5 | 70.5 | 2.5 | 542.0770855 | 704.7002111 |

7.4 Perencanaan Struktur Dinding Geser (*Shear Wall*)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi dinding geser arah X dan dinding geser arah Y. Pada perhitungan ini akan diberikan contoh perhitungan dinding geser tipe 2

7.4.1. Data Perencanaan

Dinding geser arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah X. Terdapat 2 tipe dinding geser dengan panjang total masing masing sebesar 1610 cm dan 1650 cm.

- Tebal dinding (t) : 50 cm
- Lebar dinding (l) : 1610 cm
- Tinggi dinding (h) : 3.3 m
- F'_c : 40 Mpa
- F_y : 400 Mpa
- D longitudinal : 25 mm
- D transversal : 13 mm
- Cc : 50 mm

Tabel 7.61 Data Perencanaan Arah X dan Y

| Data Perencanaan Arah X dan Y | | | | | | | |
|-------------------------------|------|----|--------|-------|-------|-------|----|
| Shearwall | t | d' | h | Lebar | Lebar | Lebar | D |
| | (cm) | | lantai | X | Y | Total | |
| SW 1 | 50 | 50 | 330 | 900 | 710 | 1610 | 25 |
| SW 2 | 50 | 50 | 330 | 800 | 850 | 1650 | 25 |

Berdasarkan hasil analisa dengan program bantu ETABS 2013 diperoleh gaya aksial dan momen yang berkerja pada dinding geser, sebagai berikut:

Tabel 7.62 Rekapitulasi Hasil Program Bantu Etabs

| Shearwall | P | Vx | Vy | Mux | Muy | T |
|-----------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|
| | kN | kN | kN | kNm | kNm | kNm |
| SW 1 | 23875.26 | 2534.64 | 3432.85 | 60923.66 | 26922.77 | 8961.94 |
| SW 2 | 25640.40 | 2922.69 | 4192.25 | 77633.91 | 23132.72 | 7865.35 |

7.4.2. Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut RSNI 2847:2018 Pasal 11.3.1.1, ketebalan dinding tidak boleh kurang dari:

$$\frac{l}{25} \lambda c < \text{Tebal dinding (t)}$$

$$\frac{l}{25} 8500 = 340 \text{ mm} < 500 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 7.63 Kontrol Ketebalan Minimum

| Kontrol Ketebalan Minimum | | | |
|---------------------------|----------|----------|---------|
| Shearwall | Syarat X | Syarat Y | Kontrol |
| | l/25 | l/25 | |
| SW 1 | 36 | 28.4 | OK |
| SW 2 | 32 | 34 | OK |

7.4.3. Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 21.9.4.4, kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi

$$V_n < 0.83 A_{cv} \sqrt{f'c}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{2922.69}{0.75} = 3896.920267 \text{ kN}$$

$$0.83 \cdot 500 \times 8000 \sqrt{40} = 20997.52366 \text{ kN}$$

$$V_n = 3896.92027 \text{ kN} < 20997.52366 \text{ kN (OK)}$$

Tabel 7.64 Kontrol Penampang terhadap Gaya Geser X

| Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser X | | | |
|---|-------------|------------------|---------|
| Shearwall | Vn | 0.83 Acv f'c^0.5 | Kontrol |
| | (kN) | | |
| SW 1 | 3379.526 | 23622.21412 | OK |
| SW 2 | 3896.920267 | 20997.52366 | OK |

Tabel 7.65 Kontrol Penampang terhadap Gaya Geser Y

| Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser Arah Y | | | |
|--|---------|------------------|---------|
| Shearwall | Vn | 0.83 Acv f'c^0.5 | Kontrol |
| | (kN) | | |
| SW 1 | 3432.85 | 18635.30225 | OK |
| SW 2 | 4192.25 | 22309.86889 | OK |

7.4.4. Penulangan Geser Shearwall

Berdasarkan RSNI 2847:2018 terdapat dua kondisi dalam menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu:

- Dalam RSNI 2847:2018 pasal 18.10.2.2 menyebutkan bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi gaya geser nominal

$$Vu < 0.17 Acv \sqrt{f'c}$$

$$2922.69 < 0.17 \cdot 500 \times 800 \sqrt{40}$$

$$2922.69 < 4300.698 \text{ kN (1 Lapis Tulangan)}$$

- Dalam RSNI 2847:2018 pasal 11.7.2.3 menyebutkan bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan

$$500 \text{ mm} > 250 \text{ mm (2 lapis tulangan)}$$

Sehingga berdasarkan peraturan RSNI 2847:2018, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.12.9.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila memenuhi kondisi berikut:

$$V_u < \Phi V_n$$

$$V_n = A_c v (\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y)$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{50.3 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 6.2875 > 2, \text{ maka digunakan } \alpha = 0.17$$

Dinding geser direncanakan menggunakan tulangan geser 2D16 ($A_s = 402.12 \text{ mm}^2$) dengan $s = 120 \text{ mm}$ pada arah vertikal dan horizontal

$$\begin{aligned} \rho_n &= \frac{A_s}{d' x s} \\ &= \frac{2 \times 0.25 \times \pi \times 16^2}{421.5 \times 120} = 0.007950254 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 500 \times 8000 (0.17 \sqrt{40} + 0.007950254 \times 400) \\ &= 6463.166772 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 2922.69 \text{ kN} < V_n = 6463.166772 \text{ kN (OK)}$$

Tabel 7.66 Kontrol Penulangan Geser X

| Shearwall | Direncanakan | D | s | ρ | V_n | Kontrol |
|-----------|--------------|----|-----|-------------|-------------|---------|
| SW 1 | 2 | 16 | 120 | 0.007950254 | 7271.062619 | OK |
| SW 2 | 2 | 16 | 120 | 0.007950254 | 6463.166772 | OK |

Tabel 7.67 Kontrol Penulangan Geser Y

| Shearwall | Direncanakan | D | s | ρ | V_n | Kontrol |
|-----------|--------------|----|-----|-------------|-------------|---------|
| SW 1 | 2 | 16 | 120 | 0.007950254 | 5736.06051 | OK |
| SW 2 | 2 | 16 | 120 | 0.007950254 | 6867.114695 | OK |

7.4.5. Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal

- Berdasarkan RSNI 2847:2013 pasal 11.6.1: Rasio tulangan vertikal (ρ_l) tidak boleh kurang dari 0.0025
 - Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 11.6.2: Rasio tulangan horizontal (ρ_t) tidak boleh kurang dari 0.0025
- Dipakai tulangan vertikal dan horizontal 2D16 ($A_s = 402.12 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan

$$P_n = \frac{A_s}{d' x s}$$

$$= \frac{2 \times 0.25 \times \pi \times 16^2}{421.5 \times 120} = 0.007950254 > 0.0025 \text{ (OK)}$$

Tabel 7.68 Kontrol Rasio Tulangan Arah X dan Y

| Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal | | | | |
|--|----------|----------|-------------|---------|
| Shearwall | ρ_l | ρ_t | ρ_n | Kontrol |
| SW 1 | 0.0025 | 0.0025 | 0.007950254 | OK |
| SW 2 | 0.0025 | 0.0025 | 0.007950254 | OK |

7.4.6. Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal

- Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 11.7.2: Spasi tulangan vertikal dan horizontal tidak boleh lebih dari:

$$S \text{ transversal} = 120 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S \text{ longitudinal} = 120 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 11.7.2.1: Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari

$$s < \frac{l}{3} = \frac{8000}{3} = 2666.67 \text{ mm}$$

$$S < 3h = 3 \times 500 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$$

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 120 \text{ mm (OK)}$$

- Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 11.7.2.1: Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari

$$s < \frac{l}{3} = \frac{8000}{3} = 2666.67 \text{ mm}$$

$$S < 3h = 3 \times 500 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$$

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 120 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 7.69 Kontrol Spasi Tulangan Arah X

| Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal | | | | | | | |
|--|--------|-------------------|------|-----------------|------|---------|---------|
| Shearwall | Syarat | Syarat Horizontal | | Syarat Vertikal | | S pakai | Kontrol |
| | <450 | <lw/5 | <3t | <lw/3 | <3t | | |
| SW 1 | 450 | 1800 | 1500 | 3000 | 1500 | 120 | OK |
| SW 2 | 450 | 1600 | 1500 | 2666.667 | 1500 | 120 | OK |

Tabel 7.70 Kontrol Spasi Tulangan Arah Y

| Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal Arah Y | | | | | | | |
|---|--------|-------------------|-------|-----------------|--------|---------|---------|
| Shearwall | Syarat | Syarat Horizontal | | Syarat Vertikal | | S pakai | Kontrol |
| | | <450 | <lw/5 | <3t | < lw/3 | | |
| SW 1 | 450 | 1420 | 1500 | 2366.666667 | 1500 | 120 | OK |
| SW 2 | 450 | 1700 | 1500 | 2833.333333 | 1500 | 120 | OK |

7.4.7. Kontrol Komponen Batas

- a) Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari $0.2 f'c$ (RSNI 2847:2018 pasal 18.10.6.3)

Tabel 7.71 Rekapitulasi Titik Berat dan Inersia

| Tipe | Titik Berat X | Titik Berat Y | Ix (mm ⁴) | Iy (mm ⁴) |
|------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| SW 1 | 3.55 | 1.442 | 14,930,000,000,000.00 | 58,560,000,000,000.00 |
| SW 2 | 1.153 | 4.25 | 81,660,000,000,000.00 | 11,330,000,000,000.00 |

$$\frac{Mu y}{I} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f'c$$

(Atas)

$$\frac{58845030000}{19,214,117,647.06} + \frac{25640.40}{7500000} > 0.2 \cdot 40$$

3.81 Mpa + 3.419 Mpa = 7.229 Mpa < 8 Mpa (tidak perlu komponen batas)

Tabel 7.72 Kontrol Komponen Batas Arah X

| Shearwall | Section | Pendekatan tegangan | | | Kontrol |
|-----------|---------|---------------------|-------|----------------|----------------------|
| | | Mu y/I | Pu/Ac | Mu y/I + Pu/Ac | |
| SW 1 | Bawah | 5.68 | 3.485 | 9.17 | Butuh Komponen Batas |
| | Atas | 10.08 | 3.743 | 13.83 | Butuh Komponen Batas |
| SW 2 | Bawah | 3.81 | 3.419 | 7.23 | Tidak Perlu |
| | Atas | 3.81 | 3.419 | 7.23 | Tidak Perlu |

Tabel 7.73 Kontrol Komponen Batas Arah Y

| Shearwall | Section | Pendekatan tegangan | Kontrol |
|-----------|---------|---------------------|---------|
|-----------|---------|---------------------|---------|

| | | Mu y/I | Pu/Ac | Mu y/I + Pu/Ac | |
|------|-------|--------|-------------|----------------------|-------------|
| SW 1 | Kanan | 1.18 | 3.485438861 | 4.66 | Tidak Perlu |
| | Kiri | 1.18 | 3.485438861 | 4.66 | Tidak Perlu |
| SW 2 | Kanan | 1.65 | 3.418719747 | 5.07 | Tidak Perlu |
| | Kiri | 4.08 | 3.418719747 | 7.50 | Tidak Perlu |

- b) Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.10.6.2 penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (Displacement Method) dimana elemen pembatas diperlukan apabila:

$$c > \frac{lw}{600} \times \frac{\delta}{ht} > 0.007$$

$$\frac{\delta}{hw} = \frac{88.5}{\frac{50300}{8000}} = 0.00176, \text{ maka digunakan } 0.007$$

$$c > \frac{1904.762}{600} = 1904.762 \text{ mm}$$

Berdasarkan output SPColumn, diperoleh nilai $c = 507 \text{ mm}$ $1904 > 507 \text{ mm}$ (Tidak perlu komponen Batas)

Tabel 7.74 Kontrol Pendekatan Displacements X

| Shearwall | Section | Pendekatan Displacements | | | Kontrol |
|-----------|---------|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| | | $\delta / hw \times \text{pakai}$ | c x | c sp column x | |
| SW 1 | Bawah | 0.007 | 2142.857143 | 1997 | Tidak Butuh |
| | Atas | 0.007 | 2142.857143 | 273 | Tidak Butuh |
| SW 2 | Bawah | 0.007 | 1904.761905 | 507 | Tidak Butuh |
| | Atas | 0.007 | 1904.761905 | 507 | Tidak Butuh |

Tabel 7.75 Kontrol Pendekatan Displacements Y

| Shearwall | Section | Pendekatan Displacements | | | Kontrol |
|-----------|---------|-----------------------------------|-------------|---------------|----------------------|
| | | $\delta / hw \times \text{pakai}$ | c y | c sp column y | |
| SW 1 | Kanan | 0.007 | 1690.47619 | 445 | Tidak Butuh |
| | Kiri | 0.007 | 1690.47619 | 445 | Tidak Butuh |
| SW 2 | Kanan | 0.007 | 2023.809524 | 242 | Tidak Butuh |
| | Kiri | 0.007 | 2023.809524 | 2081 | Butuh Komponen Batas |

- c) Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya komponen batas diperlukan pada SW 1 pada bagian atas dan SW 2 pada bagian kanan dan kiri. Sehingga perlu adanya perhitungan panjang komponen batas. Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 18.10.6.4, bahwa komponen batas harus dipasang dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari. Berikut merupakan contoh perhitungan SW 2 ujung kiri

$$C - 0.1 L_w = 2081 - 0.1 \times 8000 = 1281 \text{ mm}$$

$$C/2 = 2081/2 = 1040.5 \text{ mm}$$

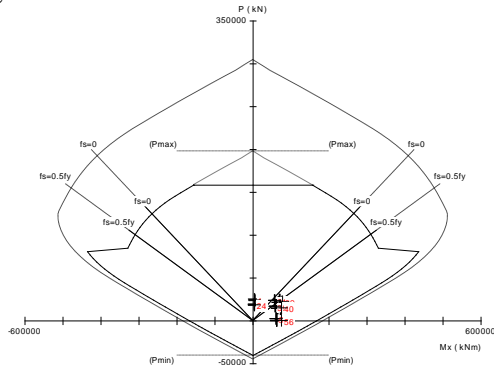
Sehingga digunakan jarak *boundary element* sebesar 1300 mm

Tabel 7.76 Panjang Elemen Batas X dan Y

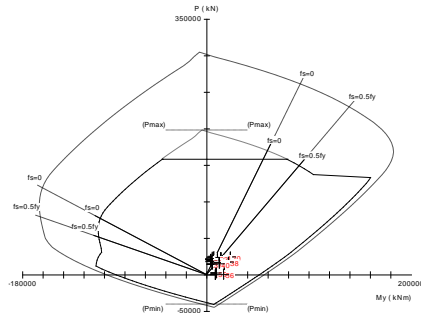
| Komponen Batas X dan Y | | | | | |
|------------------------|---------|----------------------|----------|---------|------|
| Shearwall | Section | Panjang Elemen batas | | | |
| | | Syarat 1 | syarat 2 | c pakai | |
| SW 1 | Bawah | 1097 | 998.5 | 1097 | 1100 |
| | Atas | -627 | 136.5 | 136.5 | 500 |
| SW 2 | Kiri | 1281 | 1040.5 | 1281 | 1300 |

7.4.8. Kontrol Tulangan Longitudinal *Shearwall*

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan penulangan *shearwall* menggunakan program bantu SpColumn, sehingga diperoleh diagram interaksi untuk shearwall tipe 2 sebagai berikut:



Gambar 7.15 Diagram P-Mn Shearwall tipe 2 Arah X



Gambar 7.16 Diagram P-Mn Shearwall tipe 2 Arah Y
Sehingga diperoleh kapasitas momen untuk masing
masing arah pada dinding geser sebagai berikut:

Tabel 7.77 Kontrol Tulangan Longitudinal Arah X

| Pengecekan dengan SPColumn Arah X | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|
| Shearwall | Mux | Mnx | Kontrol |
| | (kNm) | (kNm) | |
| SW 1 | 58845.03 | 60065.3 | OK |
| SW 2 | 73213.44 | 168393.48 | OK |

Tabel 7.78 Kontrol Tulangan Longitudinal Arah Y

| Pengecekan dengan SPColumn Arah Y | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|
| Shearwall | Muy | Mny | Kontrol |
| | (kNm) | (kNm) | |
| SW 1 | 19416.38 | 147039.14 | OK |
| SW 2 | 16238.12 | 51478.99 | OK |

| Rekapitulasi Penulangan | | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|---------|
| Shearwall | Longitudinal | Longitudinal | Transversal | Kontrol |
| | X | Y | (kNm) | |
| SW 1 | D25-120 | D25-120 | D16-120 | OK |
| SW 2 | D25-120 | D25-120 | D16-120 | OK |

BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1 Umum

Perencanaan sambungan merupakan hal yang penting dalam penentuan integritas suatu sistem struktur pracetak. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya yang dipikul oleh suatu elemen struktur dengan elemen struktur lain, mulai dari plat, balok, kolom, dan pondasi. Tak hanya itu desain sambungan direncanakan untuk mendapatkan kestabilan dalam suatu sistem struktur khususnya sistem pracetak. Suatu sambungan diharapkan mampu mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Pada perencanaan tugas akhir ini, direncanakan dengan menggunakan sambungan mekanis untuk penyambungan antar tulangnya.

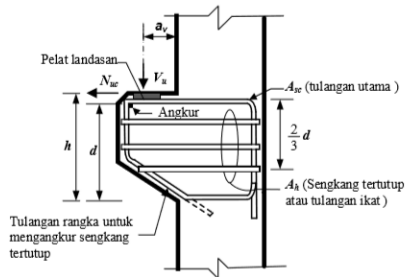
Pada daerah *joint*, diberikan tulangan yang dianalisa berdasarkan panjang penyaluran. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai kekuatan, kekakuan, dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Baik sambungan cor in situ maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu alternatif pemecahan, asal dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*Cast in situ*)

8.2 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dengan kolom, maupun balok induk dengan balok anak, sambungan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada

konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan, hal tersebut berlaku pula pada sambungan antara balok induk dan balok anak. Perencanaan konsol tersebut mengacu pada RSNI 2847:2018 pasal 16.5, mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang digunakan sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 8.1 Potongan Melintang dan Geometrk Konsol Pendek

a.) Data perencanaan

Dalam perencanaan konsol pendek, contoh perhitungan konsol menggunakan konsol antara kolom dan balok induk (50/70). Berikut merupakan contoh perhitungan konsol pendek:

$$V_u : 147.9909 \text{ kN}$$

$$F'_c : 40 \text{ Mpa}$$

$$F_y : 400 \text{ Mpa}$$

$$C_c : 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ lentur} : 16 \text{ mm}$$

$$D \text{ geser} : 13 \text{ mm}$$

$$b : 50 \text{ cm}$$

$$h : 50 \text{ cm}$$

$$d_x : 500 \text{ mm} - 40 - 0.5 (16) = 442 \text{ mm}$$

$$a : 140 \text{ mm}$$

Persyaratan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan RSNI 2847:2018 pasal 16.5. Untuk dapat

menggunakan RSNI 2847:2018 pasal 16.5, geometrik konsol serta gaya yang bekerja pada konsol tersebut harus sesuai dengan syarat berikut:

$$a/d = 140/442 = 0.317 < 1 \text{ (OK)}$$

$$N_{uc} \leq V_u$$

$$N_{uc} = 0.2 \times 147.9909 \text{ kN} = 29.59818 \text{ kN}$$

Tabel 8.1 Data Perencanaan Konsol

| Konsol | Vu | Nu | Dimensi konsol | | D lentur | D geser | dx | a |
|-------------------------|----------|----------|----------------|----|----------|---------|-----|-----|
| | kN | kN | bw | h | mm | mm | mm | mm |
| K3 (55/55)-BI (50/70) | 147.9909 | 29.59818 | 50 | 50 | 16 | 13 | 442 | 140 |
| K3 (55/55)-BI 2 (40/60) | 121.9397 | 24.38794 | 40 | 50 | 16 | 13 | 442 | 140 |
| BI (50/70)-BA 1 (40/50) | 48.9887 | 9.79774 | 40 | 20 | 16 | 13 | 142 | 140 |
| SW-BI 1 (50/70) | 96.2876 | 19.25752 | 50 | 50 | 16 | 13 | 442 | 140 |
| SW-BI 2 (40/60) | 232.3441 | 46.46882 | 40 | 50 | 16 | 13 | 442 | 140 |
| SW-BA | 49.2491 | 9.84982 | 40 | 20 | 16 | 13 | 142 | 140 |

b.) Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 16.5.2,4 untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{147.9909 \text{ kN}}{0.75} = 197.3212 \text{ kN}$$

$$0.2 \times f'_c \times b_w \times d = 0.2 \times 40 \times 500 \times 442 = 1768 \text{ kN (OK)}$$

$$(3.3 + 0.08 f'_c) \times b_w \times d = (3.3 + 0.08 \times 40) \times 500 \times 442 = 1436.5 \text{ (OK)}$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 500 \times 442 = 2431 \text{ kN (OK)}$$

$$V_n \text{ pakai} = 197.321 \text{ kN}$$

$$A_v f = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{197.321}{400 \times 1.4} = 352.3591 \text{ mm}^2$$

Tabel 8.2 Rekapitulasi Luas Tulangan Geser Friksi

| Konsol | Vn | | 0.2 f'c bw d | (3.3 + 0.08 f'c)bw dx | 11 bw dx | Vn pakai | | Avf |
|-------------------------|------------|--------|--------------|-----------------------|----------|----------|-----------------|-----|
| | kN | kN | kN | kN | kN | φ | mm ² | |
| K3 (55/55)-BI (50/70) | 197.3212 | 1768 | 1436.5 | 2431 | 197.3212 | 1.4 | 352.3593 | |
| K3 (55/55)-BI 2 (40/60) | 162.586267 | 1414.4 | 1149.2 | 1944.8 | 162.5863 | 1.4 | 290.3326 | |
| BI (50/70)-BA 1 (40/50) | 65.3182667 | 454.4 | 369.2 | 624.8 | 65.31827 | 1.4 | 116.6398 | |
| SW-BI 1 (50/70) | 128.383467 | 1768 | 1436.5 | 2431 | 128.3835 | 1.4 | 229.2562 | |
| SW-BI 2 (40/60) | 309.792133 | 1414.4 | 1149.2 | 1944.8 | 309.7921 | 1.4 | 553.2002 | |
| SW-BA | 65.6654667 | 454.4 | 369.2 | 624.8 | 65.66547 | 1.4 | 117.2598 | |

c.) Menentukan Luas Tulangan Lentur

Perletakan yang digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi rol yang memperbolehkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, sehingga gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Perhitungan berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 16.5.3.1 yang menggunakan nilai Nuc minimum sebagai berikut:

$$Mu = Vu \times a + Nuc (h - dx)$$

$$Mu = 197.3212 \text{ kN} \times 1000 \times 140 + 29.59818 \text{ kN} \times 1000 (500-442)$$

$$= 22435420.44 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.765$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b d^2} = \frac{22435420.44}{\phi \times 500 \times 442^2} = 0.306237525$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.306}{400}} \right)$$

$$= 0.000769073 < \rho_{\min} = 0.00395$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.00395$$

$$Af 1 = \frac{Mu}{\phi \times fy \times jd} = \frac{25395238.44}{0.75 \times 400 \times 0.85 \times 442} = 199.0543913 \text{ mm}^2$$

$$Af 2 = \rho \times bw \times d = 872.95 \text{ mm}^2$$

$$Af_{\text{pakai}} = 872.95 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As

$$An = \frac{Nuc}{\phi \times fy} = \frac{29.98 \text{ kN}}{\phi \times 400} = 98.6606 \text{ mm}^2$$

Tabel 8.3 Kebutuhan Luasan Tulangan Lentur

| Konsol | Mu | af1 | af2 | af pakai | An |
|-------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Nmm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| K3 (55/55)-BI (50/70) | 22435420.44 | 199.0543913 | 872.95 | 872.95 | 98.6606 |
| K3 (55/55)-BI 2 (40/60) | 18486058.52 | 164.01436 | 698.36 | 698.36 | 81.29313333 |
| BI (50/70)-BA 1 (40/50) | 10366008.92 | 286.2747561 | 249.7956237 | 286.2747561 | 32.65913333 |
| SW-BI 1 (50/70) | 14597200.16 | 129.5111362 | 872.95 | 872.95 | 64.19173333 |
| SW-BI 2 (40/60) | 35223365.56 | 312.5132247 | 698.36 | 698.36 | 154.8960667 |
| SW-BA | 10421109.56 | 287.7964529 | 251.1598419 | 287.7964529 | 32.83273333 |

Pemilihan Tulangan yang Digunakan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 16.5.5.1

$$\begin{aligned} Asc &= Af + An = 872.95 \text{ mm}^2 + 98.6606 \text{ mm}^2 \\ &= 971.61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{2 \times 352.3591}{3} + 98.6606 \text{ mm}^2 \\ &= 333.5667905 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 16.5.5.1

$$\begin{aligned} Asc \text{ min} &= 0.04 \frac{f'c}{fy} \times bw \times d = 0.04 \frac{40}{400} \times 500 \times 442 \\ &= 884 \text{ mm}^2 < Asc = 971.61 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan utama 5D16 ($A_s = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Berdasarkan untuk luasan tulangan horizontal tertutup RSNI 2847:2018 pasal 16.5.5.2

$$\begin{aligned} Ah &= 0.5 (Asc - An) = 0.5 (971.61 - 98.6606) \\ &= 436.48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

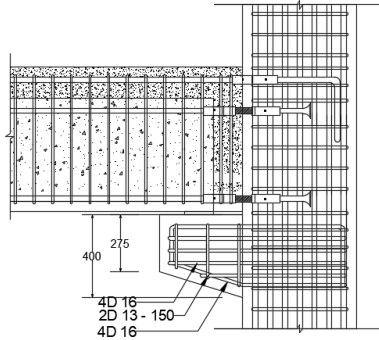
∴ Maka digunakan tulangan 4D16 ($A_s = 804.248 \text{ mm}^2$) sepanjang $2/3d$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{149.9068 \text{ kN}}{0.75} = 199.876 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan geser 2D13 ($A_v = 265.465 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265.465 \times 400 \times 442}{199.876} = 237.86 \text{ mm} \\ &\approx 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ Sehingga dipasang sengkang 2D13-200



Gambar 8.2 Detail Penulangan Konsol Pendek

Tabel 8.4 Rekapitulasi Tulangan Pakai

| Konsol | Tulangan Primer | | | Tulangan Horizontal | | | Tulangan Geser | | |
|-------------------------|-----------------|---------|----|---------------------|---------|----|----------------|----|--------|
| | Asc pakai | n pakai | D | Ah | n pakai | D | Vs | 2D | s |
| K3 (55/55)-BI (50/70) | 971.61 | 5 | 16 | 436.48 | 4 | 16 | 197321.2 | 13 | 237.86 |
| K3 (55/55)-BI 2 (40/60) | 779.65 | 4 | 16 | 349.18 | 4 | 16 | 162586.2667 | 13 | 288.67 |
| BI (50/70)-BA 1 (40/50) | 318.93 | 4 | 16 | 143.14 | 4 | 16 | 65318.26667 | 13 | 230.84 |
| SW-BI 1 (50/70) | 937.14 | 5 | 16 | 436.48 | 4 | 16 | 128383.4667 | 13 | 365.58 |
| SW-BI 2 (40/60) | 853.26 | 5 | 16 | 349.18 | 4 | 16 | 309792.1333 | 13 | 151.50 |
| SW-BA | 320.63 | 4 | 16 | 143.90 | 4 | 16 | 65665.46667 | 13 | 229.62 |

d.) Luas Plat Landasan

$$A1 = \frac{Vu}{\phi \times 0.85 \times f'c} = \frac{149.9068}{\phi \times 0.85 \times 40} = 5878.698 \text{ mm}^2$$

∴ Maka digunakan plat landasan a = 140 mm dan b = 500 mm dengan tebal 15 mm

Tabel 8.5 Rekapitulasi Luasan Plat Landasan

| Konsol | Vu | A1 | a | b | t |
|--------|----|----|---|---|---|
|--------|----|----|---|---|---|

| | kN | mm ² | | mm | mm | mm |
|-------------------------|--------|-----------------|-------|-----|-----|----|
| K3 (55/55)-BI (50/70) | 147.99 | 5803.56 | 11.61 | 140 | 500 | 15 |
| K3 (55/55)-BI 2 (40/60) | 121.94 | 4781.95 | 11.95 | 140 | 400 | 15 |
| BI (50/70)-BA 1 (40/50) | 48.99 | 1921.13 | 4.80 | 140 | 400 | 15 |
| SW-BI 1 (50/70) | 96.29 | 3775.98 | 7.55 | 140 | 500 | 15 |
| SW-BI 2 (40/60) | 232.34 | 9111.53 | 22.78 | 140 | 400 | 15 |
| SW-BA | 49.25 | 1931.34 | 4.83 | 140 | 400 | 15 |

8.3 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom

Sambungan antara balok dengan kolom menggunakan panjang penyaluran pada tulangan balok yang telah direncanakan. Tulangan balok nantinya akan diteruskan dan dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran atas akan menerima tarik. Sehingga panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yakni tekan dan tarik. Pada sambungan balok dan kolom terdapat dua kondisi yakni, sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Berdasarkan bab yang telah disebutkan sebelumnya, dalam perencanaan sambungan pada tugas akhir ini akan menggunakan produk sambungan dari Peikko Group yakni dengan menggunakan Modix Rebar Coupler. Diketahui bahwa Modix Rebar Coupler didesain untuk sambungan elemen pracetak yang mampu menahan gaya tekan dan tarik yang terjadi pada serat penampang beton. Kekuatan leleh yang dimiliki Modix Rebar Coupler adalah 550 Mpa, sehingga sambungan modix ini dapat digunakan karena kekuatan leleh pada baja tulangan hanya 400 Mpa. Dalam perencanaan tulangan atas dan bawah digunakan Modix Rebar Coupler type PM. Untuk kait standar juga menggunakan produk Peikko Group. Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan balok untuk kolom.

➤ Data Perencanaan Sambungan

db : 25 mm

f'c : 40 Mpa

f_y : 400 Mpa

Perencanaan Sambungan balok kolom contoh perhitungan diambil antara BI 1 dan K2

➤ *Single Sided Connection*

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldh = \frac{0.24 \times f_y \times db}{\sqrt{f_{rc}}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldh = 400 \text{ mm}$, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan Modix Coupler SM25A-P12-700(400) – SM25B-P-1650

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut:

Dluar : 41 mm

Ddalam : 25 mm

F_y : 550 Mpa

Kontrol:

$$N_{rd} \geq 1.25 A_s f_y$$

$$(41^2 - 25^2) \times 0.25 \pi \times 550 \geq 1.25 \times 490.874 \times 400$$

$$456159.2533 \text{ N} \geq 245436.926 \text{ N (OK)}$$

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dc} \geq \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$l_{dc} = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan $l_{dh} = 450 \text{ mm}$, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25A-L-450-PM25 – SM25B-P-1650

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut:

| | |
|--------|-----------|
| Dluar | : 41 mm |
| Ddalam | : 25 mm |
| Fy | : 550 Mpa |

Kontrol:

| | |
|--|---------------------------------------|
| Nrd | $\geq 1.25 A_s f_y$ |
| $(41^2 - 25^2) \times 0.25 \pi \times 550$ | $\geq 1.25 \times 490.874 \times 400$ |
| 456159.2533 N | $\geq 245436.926 \text{ N (OK)}$ |

➤ *Double Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan balok kolom pada BI 1 – K2 – BI 1:

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{fc}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldh = 400 \text{ mm}$, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan Modix Coupler SM25B-P-1650-SM25A-D-550 – SM25B-P-1650. Sedangkan apabila terdapat bagian tulangan yang tidak memiliki pasangan dapat menggunakan profil SM25A-P12-700(400)-SM25B-P-1650

- **Kontrol Kekuatan Sambungan**

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut:

| | |
|--------|-----------|
| Dluar | : 41 mm |
| Ddalam | : 25 mm |
| Fy | : 550 Mpa |

Kontrol:

$$\begin{aligned} Nrd & \geq 1.25 A_s f_y \\ (41^2 - 25^2) \times 0.25 \pi \times 550 & \geq 1.25 \times 490.874 \times 400 \\ 456159.2533 \text{ N} & \geq 245436.926 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNi 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dc} \geq \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$l_{dc} = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan $l_{dc} = 450 \text{ mm}$, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-550 – PM25-SM25B-P-1650

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut:

| | |
|--------|-----------|
| Dluar | : 41 mm |
| Ddalam | : 25 mm |
| Fy | : 550 Mpa |

Kontrol:

| | |
|--|---------------------------------------|
| Nrd | $\geq 1.25 A_s f_y$ |
| $(41^2 - 25^2) \times 0.25 \pi \times 550$ | $\geq 1.25 \times 490.874 \times 400$ |
| 456159.2533 N | $\geq 245436.926 \text{ N (OK)}$ |

8.4 Perencanaan Sambungan Balok Induk-Balok Anak

Sama halnya dengan sambungan balok-kolom, sambungan balok anak-balok induk pada perencanaan tugas akhir ini dapat dilihat sebagai berikut:

➤ Data Perencanaan Sambungan

db : 25 mm

$f'c$: 40 Mpa

f_y : 400 Mpa

Perencanaan Sambungan balok kolom contoh perhitungan diambil antara BI 1 dan BA 1

➤ *Single Sided Connection*

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldh = \frac{0.24 \times f_y \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldh = 400 \text{ mm}$, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

• Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan sambungan manual seperti biasa tanpa menggunakan produk Peikko

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldc \geq \frac{0.24 \times f_y \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldc \geq 0.043 f_y db$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$l_{dc} = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan $l_{dc} = 200 \text{ mm}$, dikarenakan balok anak merupakan balok sekunder dengan dimensi 30/50

- Pemilihan Profil Sambungan
Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25A-L-200-PM25 – SM25B-P-1250

- Kontrol Kekuatan Sambungan
Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut:

Dluar : 41 mm
Ddalam : 25 mm
Fy : 550 Mpa

Kontrol:

$$\begin{aligned} N_{rd} &\geq 1.25 A_s f_y \\ (41^2 - 25^2) \times 0.25 \pi \times 550 &\geq 1.25 \times 490.874 \times 400 \\ 456159.2533 \text{ N} &\geq 245436.926 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

➤ *Double Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan balok kolom pada BA 1 – BI 1 – BA 1:

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dh} = \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldh = 250 \text{ mm}$, karena balok anak hanya sebagai balok sekunder dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan sambungan tulangan manual biasa

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldc \geq \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldc = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldc = 250 \text{ mm}$, karena balok anak hanya sebagai balok sekunder

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25B-P-1250-PM25-SM25A-D-500 – PM25-SM25B-P-1250

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Rebar Coupler SM 25 memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut:

Dluar : 41 mm
 Ddalam : 25 mm
 Fy : 550 Mpa

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{Nrd} &\geq 1.25 A_s f_y \\ (41^2 - 25^2) \times 0.25 \pi \times 550 &\geq 1.25 \times 490.874 \times 400 \\ 456159.2533 \text{ N} &\geq 245436.926 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

8.5 Perencanaan Sambungan Tangga-Shearwall

Pada perencanaan tangga maupun perencanaan shearwall, pada tugas akhir ini kedua elemen struktur tersebut menggunakan metode cast in situ, sehingga pada perencanaan sambungannya, dihitung panjang penyaluran dari tangga ke shearwall

➤ Data Perencanaan Sambungan

db : 10 mm
 f'c : 40 Mpa
 fy : 400 Mpa

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldh = \frac{0.24 \times f_y \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 10}{\sqrt{40}} = 151.789 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 10 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $l_{dh} = 200$ mm, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 10 = 120$ mm

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dc} \geq \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$l_{dc} = \frac{0.24 \times 400 \times 10}{\sqrt{40}} = 151.789 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 \times 400 \times 10 = 172 \text{ mm (menentukan)}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan $l_{dc} = 200$ mm,.

8.6 Perencanaan Sambungan Balok Induk-Shearwall

Pada perencanaan sambungan ini akan digunakan sambungan cast in situ dimana merupakan sambungan basah (*wet connection*) dimana pengaplikasiannya di lapangan adalah dengan mengecor panjang penyaluran tulangan dari balok yang terhubung ke shearwall, hal ini dimungkinkan karena shearwall merupakan elemen yang cast in situ, selain itu sambungan cast in situ lebih dapat menjamin bahwa sambungan antara shearwall dan balok merupakan perletakan jepit sehingga dapat menahan momen maupun gaya gaya gempa.

➤ *Double Sided Connection*

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.3.4.1 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldh = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldh = 400 \text{ mm}$, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam shearwall dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan RSNI 2847:2018 pasal 25.4.9.2 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$ldc \geq \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Diperoleh:

$$ldc = \frac{0.24 \times 400 \times 25}{\sqrt{40}} = 379.473 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 \times 400 \times 25 = 430 \text{ mm (menentukan)}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan $ldc = 200 \text{ mm}$

8.7 Perencanaan Sambungan Balok – Plat

Berdasarkan ACI code, panjang penyaluran atau transfer untuk kawat strands dapat diasumsikan sama dengan 50 kali diameter strands. Untuk strands dengan diameter 7 mm, panjang penyaluran atau transfer adalah sebagai berikut:

$$\text{Transfer Length (Lt)} = 50 \phi = 50 \times 7 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

Panjang transmisi dari tendon yang dirilis oleh pemotongan secara terus menerus dapat diperkirakan sekitar 20-30% lebih besar dari tendon yang dirilis bertahap (Libby, Jr):

Transfer Length (Lt) = $1.2 \times 350 \text{ mm} = 420 \text{ mm}$

Direncanakan menggunakan kait $\phi 10$ Grade 300 Mpa

BAB IX

METODE PELAKSANAAN

9.1 Umum

Metode konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi terbaru saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kekuatan sistem struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan salah satu faktor penting yang sangat berkaitan dalam desain beton pracetak. Sebelum adanya perencanaan, terlebih dahulu perlu adanya pertimbangan apakah struktur yang akan dibangun dapat terealisasi di lapangan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak

9.2 Fabrikasi Beton Pracetak

Proses produksi elemen pracetak dilakukan secara fabrikasi di dalam suatu industri beton pracetak. Berikut merupakan hal hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses fabrikasi:

- a.) Perlunya standarisasi khusus, sehingga produk pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b.) Adanya keterbatasan fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk produk pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang telah disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul
- c.) Dengan cara ini terdapat kemungkinan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik

9.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane

Berikut merupakan elemen struktur pracetak yang direncanakan:

1. Balok Induk (50/70) dengan bentang 8 m
 $W = 2400 \times 0.5 \times 0.7 \times 8 \text{ m} = 6720 \text{ Kg}$

2. Balok Anak (30/50) dengan bentang 8 m
 $W = 2400 \times 0.3 \times 0.5 \times 8 \text{ m} = 2880 \text{ Kg}$
3. *Hollow core slab* 15 cm dengan bentang 6 m
 $W = 247 \text{ Kg/m}^2 \times 1.2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 1482 \text{ Kg}$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yakni balok induk sebesar 6720 Kg = 7 ton. Berikut merupakan hal hal yang perlu dipertimbangkan dalam pengangkatan elemen pracetak adalah:

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik angkat pada elemen pracetak

Hal-hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetka di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak. Berikut merupakan spesifikasi crane yang digunakan dalam perencanaan:

1. Jenis crane POTAIN MC 310 K12
2. Jarak jangkauan maksimum 35 m dengan beban maksimum 7.95 ton
3. Tower crane yang digunakan sebanyak 1 buah

9.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak

Sistem transportasi meliputi:

1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penyimpanan di proyek
3. Pemindahan dari area stockyard di proyek ke posisi akhir

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi fabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk

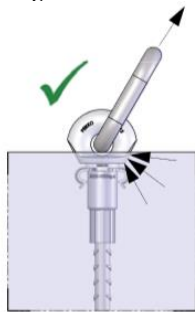
pengangkutan berukuran lebar 2.4 m x 16 m atau 2.4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk teme dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Di areal lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak mempergunakan tower crane

9.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

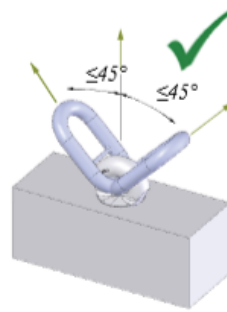
9.5.1 Pemasangan Elemen Balok Induk

Setelah dilakukan pengecoran kolom, balok induk pracetak dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane untuk menunjang pemasangan balok induk. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulangan utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang akan dilakukan pengecoran.

Sambungan pada balok induk ke kolom menggunakan panjang penyaluran tulangan yang kemudian akan dilakukan *overlapping*



Gambar 9.1 Penggunaan Kait JL
(sumber: Jenka Lifting System)



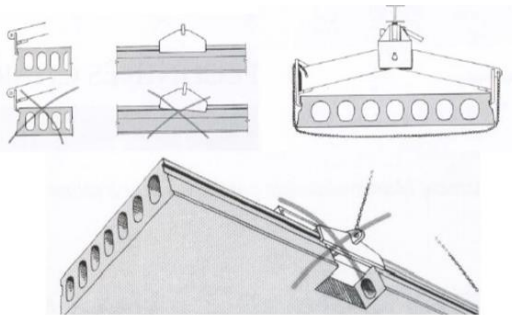
Gambar 9.2 Penggunaan Sudut Kait
(sumber: Jenka Lifting System)

9.5.2 Pemasangan Elemen Balok Anak

Dalam meletakkan balok anak ke balok induk, digunakan konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol kolom. Sedangkan tulangan utama balok anak khususnya tulangan atas dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan peraturan SNI

9.5.3 Pemasangan Elemen Plat

Pemasangan plat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi plat yang sudah ditentukan. Elemen plat diletakkan atau ditumpukan pada selimut beton sepanjang 5 cm. Setelah semua tulangan pada balok induk dan balok anak terpasang dilakukan pengecoran atau *overtopping* sebagai penutup tulangan. Selain itu juga berfungsi sebagai perekat komponen plat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan yang komposit dan monolit.

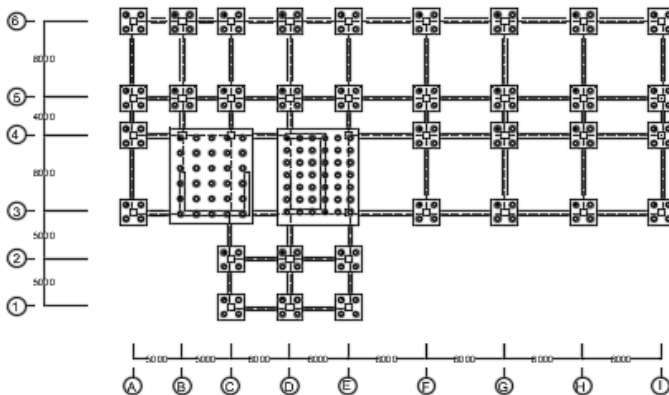


Gambar 9.3 Pengangkatan Hollow Core Slabs
(sumber: Consolis Betonika)

BAB X PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

10.1 Umum

Perencanaan struktur bawah bangunan, meliputi perencanaan pondasi dan perencanaan Basement. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung struktur atas, yang berfungsi sebagai elemen struktur yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam perencanaan poer (pile cap)



Gambar 10.1 Rencana Denah Pondasi

10.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. Beban struktur disalurkan melalui kolom dan dinding geser kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dianalisa berdasarkan SNI 1726:2012 yang mensyaratkan kombinasi

beban untuk metoda tegangan ijin. Berikut merupakan kombinasi pembebanan pada tiang pancang.

- D
- D+L
- D+0.75L
- D+0.7E
- D+0.75:+0.75(0.7E)
- 0.6D+0.7E

Berdasarkan kombinasi di atas selanjutnya akan dilakukan kontrol dari masing masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi, dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan

Output dari joint reactions tersebut kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan Pijin 1 tiang. Berikut merupakan output joint reation pada pondasi.

Tabel 10.1 Pembebanan Pondasi Tipe 1

| Kombinasi | HX (kN) | HY (kN) | P (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) |
|----------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 54.21 | 115.50 | 4242.26 | 181.49 | 145.86 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | -57.69 | -52.07 | 3838.79 | -248.21 | -154.36 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 57.51 | 124.42 | 4261.98 | 206.10 | 155.08 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | -60.99 | -60.99 | 3819.06 | -272.83 | -163.58 |
| 1D+1L+1SW | -3.30 | 61.27 | 7606.67 | -64.70 | -8.06 |
| 1D+1SW | -2.90 | 52.86 | 6734.20 | -55.61 | -7.08 |
| 1D+1SW+0.75L Max | 60.58 | 152.19 | 6971.48 | 200.96 | 163.63 |
| 1D+1SW+0.75L Min | -66.38 | -46.47 | 6496.92 | -312.18 | -177.79 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 38.76 | 122.00 | 7539.85 | 98.71 | 104.76 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | -45.16 | -3.67 | 7237.25 | -223.56 | -120.40 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 41.24 | 128.70 | 7554.64 | 117.17 | 111.68 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | -47.64 | -10.37 | 7222.45 | -242.03 | -127.31 |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 53.05 | 136.64 | 6935.94 | 159.24 | 143.03 |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | -58.85 | -30.93 | 6532.47 | -270.46 | -157.19 |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 56.35 | 145.57 | 6955.66 | 183.86 | 152.25 |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | -62.15 | -39.85 | 6512.74 | -295.07 | -166.41 |

Tabel 10.2 Pembebanan Pondasi Tipe 2

| Kombinasi | HX (kN) | HY (kN) | P (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 2390.22 | 1616.06 | 21776.91 | 21167.88 | 1399.45 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | -2699.97 | -1595.10 | -1025.70 | -5756.42 | 3895.77 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 2407.63 | 1674.42 | 21985.58 | 21508.97 | 1414.07 |

| | | | | | |
|----------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | -2717.37 | -1653.45 | -1234.36 | -5365.62 | 3880.26 |
| 1D+1L+1SW | -274.19 | 19.16 | 18696.19 | -3792.11 | -743.86 |
| 1D+1SW | -258.12 | 17.47 | 17292.68 | -2327.35 | -802.53 |
| 1D+1SW+0.75L Max | 2487.42 | 1800.26 | 29731.94 | 22214.13 | 1228.46 |
| 1D+1SW+0.75L Min | -3003.66 | -1765.31 | 4853.43 | -23106.64 | 3797.39 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 1638.65 | 1222.93 | 26896.29 | 13497.30 | 652.19 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | -2179.00 | -1185.44 | 9794.34 | -20377.22 | -1958.64 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 1651.70 | 1266.69 | 27052.79 | 13753.11 | 663.16 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | -2192.05 | -1229.21 | 9637.84 | -20693.20 | -1518.36 |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 2286.97 | 1623.05 | 28693.99 | 20236.94 | 1078.43 |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | -2803.22 | -1588.11 | 5891.38 | -23072.60 | 1531.43 |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 2304.38 | 1681.40 | 28902.65 | 20578.03 | 1093.06 |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | -2820.62 | -1646.46 | 5682.71 | -23434.74 | 2210.95 |

Tabel 10.3 Pembebanan Pondasi Tipe 3

| Kombinasi | HX (kN) | HY (kN) | P (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) |
|----------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 2300.63 | 2992.18 | 31622.67 | -28810.00 | -7961.34 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | -2100.11 | -2630.50 | 1926.00 | -3685.85 | -6057.03 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 2355.78 | 3094.14 | 31923.89 | -29002.10 | -7529.44 |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | -2155.26 | -2732.45 | 1624.78 | -4040.02 | -5606.43 |
| 1D+1L+1SW | 180.76 | 322.38 | 30558.81 | -28187.74 | -19493.96 |
| 1D+1SW | 167.10 | 301.41 | 27957.22 | -25286.39 | -17625.96 |
| 1D+1SW+0.75L Max | 2583.73 | 3422.79 | 44188.89 | -40104.53 | -14362.24 |
| 1D+1SW+0.75L Min | -2249.53 | -2819.98 | 11725.56 | -6471.98 | -17281.95 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 1827.63 | 2425.64 | 41044.66 | -37691.03 | -17066.29 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | -1472.93 | -1791.37 | 18772.16 | -17233.78 | -20987.64 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 1868.99 | 2502.10 | 41270.58 | -37835.11 | -16742.36 |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | -1514.29 | -1867.83 | 18546.25 | -17089.70 | -21311.57 |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 2367.47 | 3112.75 | 42805.56 | -38924.56 | -15011.73 |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | -2033.27 | -2509.94 | 13108.89 | -8451.60 | -17354.36 |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 2422.62 | 3214.70 | 43106.78 | -39116.66 | -14579.82 |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | -2088.42 | -2611.89 | 12807.67 | -8372.60 | -17888.38 |

10.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

Berikut merupakan spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan berdasarkan produk PT. Wijaya Karya Beton

- Diameter : 600 mm
- Wall Thickness : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- Concrete Cross Section : 1570.8 cm²

| | |
|---------------------------------|------------|
| ➤ Berat | : 393 Kg/m |
| ➤ <i>Bending Movement Crack</i> | : 17 tm |
| ➤ <i>Bending Momen Ultimate</i> | : 25.5 tm |
| ➤ <i>Allowable Axial Load</i> | : 252.7 t |

10.4 Daya Dukung Pondasi

10.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$

- a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$
- b. $N_1 = 0.6 N$

Kemudian pilih harga N_1 yang terkecil

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 \times \tilde{N} \times A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

\tilde{N} = Harga rata – rata N_2 4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

C_{li} = $N/2$ untuk tanah lempung atau lanau dan $N/5$ untuk tanah pasir

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen $i = O_i \times h_i$

O_i = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

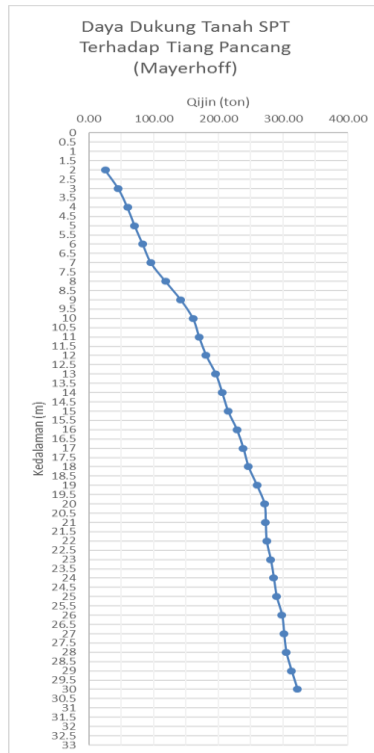
$$P_{ijing \ 1 \ tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana : SF = safety factor = 3

Tabel 10.4 Daya Dukung Tanah Kedalaman 30 m

| Depth (m) | N | Cn ujung = 40N | $\sum C_{li} \cdot A_{si}$ (ton) | Pult (ton) | Pijin (t) |
|-----------|------|----------------|----------------------------------|------------|-----------|
| 2 | 2.00 | 260.00 | 1.88 | 75.40 | 25.13 |
| 3 | 1.50 | 464.00 | 5.18 | 136.38 | 45.46 |
| 4 | 1.00 | 603.46 | 7.54 | 178.16 | 59.39 |

| | | | | | |
|----|-------|---------|--------|--------|--------|
| 5 | 8.50 | 691.75 | 16.49 | 212.08 | 70.69 |
| 6 | 16.00 | 741.99 | 39.58 | 249.38 | 83.13 |
| 7 | 17.00 | 769.55 | 69.99 | 287.57 | 95.86 |
| 8 | 18.00 | 902.31 | 99.70 | 354.82 | 118.27 |
| 9 | 18.00 | 1057.59 | 126.98 | 426.00 | 142.00 |
| 10 | 18.00 | 1169.64 | 151.53 | 482.23 | 160.74 |
| 11 | 28.00 | 1172.76 | 179.15 | 510.74 | 170.25 |
| 12 | 38.00 | 1169.46 | 212.99 | 543.65 | 181.22 |
| 13 | 28.50 | 1218.80 | 243.69 | 588.30 | 196.10 |
| 14 | 19.00 | 1247.59 | 264.86 | 617.60 | 205.87 |
| 15 | 34.50 | 1263.24 | 287.93 | 645.10 | 215.03 |
| 16 | 50.00 | 1282.33 | 323.21 | 685.78 | 228.59 |
| 17 | 44.00 | 1253.35 | 361.21 | 715.59 | 238.53 |
| 18 | 38.00 | 1225.40 | 393.20 | 739.67 | 246.56 |
| 19 | 37.00 | 1263.04 | 421.43 | 778.54 | 259.51 |
| 20 | 36.00 | 1292.11 | 448.01 | 813.34 | 271.11 |
| 21 | 43.00 | 1213.46 | 475.81 | 818.91 | 272.97 |
| 22 | 50.00 | 1117.00 | 507.54 | 823.36 | 274.45 |
| 23 | 35.00 | 1084.55 | 535.78 | 842.42 | 280.81 |
| 24 | 20.00 | 1071.72 | 553.59 | 856.61 | 285.54 |
| 25 | 33.00 | 1059.63 | 570.31 | 869.91 | 289.97 |
| 26 | 46.00 | 1061.40 | 594.64 | 894.74 | 298.25 |
| 27 | 44.50 | 998.35 | 621.82 | 904.10 | 301.37 |
| 28 | 43.00 | 944.73 | 647.41 | 914.53 | 304.84 |
| 29 | 46.50 | 941.17 | 672.90 | 939.01 | 313.00 |
| 30 | 50.00 | 1007.62 | 681.42 | 966.32 | 322.11 |



Gambar 10.2 Grafik Daya Dukung Tanah terhadap Kedalaman

Beban ijin aksial 1 tiang (sesuai brosur) = 252.7 ton
 Pada kedalaman 20 m daya dukung tanah = 271.11 ton

10.4.2 Pengaturan Jarak Antar Tiang Pancang

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jaraknya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang grup setebal 1.5 m

Jarak Antar Tiang

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$120 \leq S \leq 180$$

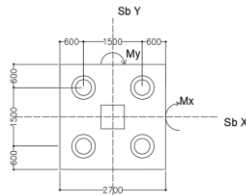
Jarak Tepi Tiang

$$1D \leq S \leq 2D$$

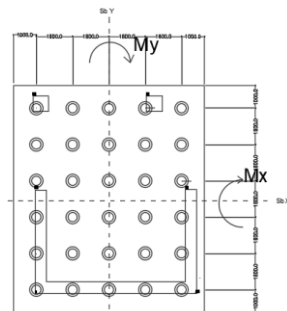
$$60 \leq S \leq 120$$

dipakai $S = 150$ cm

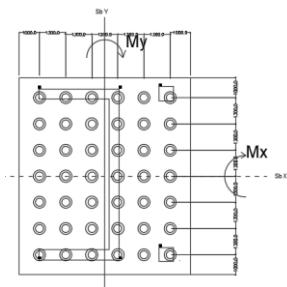
dengan $S =$ jarak tepi
dipakai $S = 60$ cm



Gambar 10.3 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 1



Gambar 10.4 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 2



Gambar 10.5 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 3

Berdasarkan gambar di atas, pondasi tipe 1 menggunakan 4 tiang pancang.

10.4.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang. Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikunya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left(1 - \frac{36S(m+n-2)}{(75S^2-7)(m+n-1)}\right) + \frac{0.3}{m+n}$$

Dimana:

D = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Pondasi Tipe 1

Untuk contoh perhitungan, digunakan Pondasi Tipe 1 dengan keterangan sebagai berikut.

- D = 0.6 m
- m = 2
- n = 2
- s = 1.5 m

Maka, nilai koefisien efisiensi:

$$\eta = \left(1 - \frac{36 \times 2(2+2-2)}{(75(1.5)^2-7)(2+2-1)}\right) + \frac{0.3}{2+2} = 0.852434312$$

Besar Q_{ijin} daya dukung tanah untuk satu tiang pancang pada kedalaman 22 m adalah 416.24 ton. Nilai tersebut perlu dikalikan dengan koefisien efisiensi sehingga daya dukung tanah tiang dalam kelompok pada Pondasi tipe P1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin(grup)} &= Q_{ijin(grup)} \times \eta \\
 &= 271.11 \text{ ton} \times 0.852 \times 4 \\
 &= 924.4266353 \text{ ton} > P = 760.667 \text{ t (OK)}
 \end{aligned}$$

Tabel 10.5 Kontrol Tiang Pancang Dalam Grup Tipe 1

| Kombinasi | P (ton) | η | n | P ijin tiang (ton) | QI (ton) | Kontrol |
|----------------------------|---------|--------|---|--------------------|-------------|---------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 424.226 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | 383.879 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 426.198 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | 381.906 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1L+1SW | 760.667 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW | 673.420 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 697.148 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 649.692 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 753.985 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 723.725 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 755.464 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 722.245 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 693.594 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 653.247 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 695.566 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 651.274 | 0.852 | 4 | 271.11 | 924.4266353 | OK |

Tabel 10.6 Kontrol Tiang Pancang Dalam Grup Tipe 2

| Kombinasi | P (ton) | η | n | P ijin tiang (ton) | QI (ton) | Kontrol |
|------------------------|---------|--------|-------|--------------------|----------|---------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 2177.69 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | -102.57 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |

| | | | | | | |
|----------------------------|---------|------|-------|--------|---------|----|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 2198.56 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | -123.44 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1L+1SW | 1869.62 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW | 1729.27 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 2973.19 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 485.34 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 2689.63 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 979.43 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 2705.28 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 963.78 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 2869.40 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 589.14 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 2890.27 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 568.27 | 0.75 | 30.00 | 271.11 | 6076.12 | OK |

Tabel 10.7 Kontrol Tiang Pancang Dalam Grup Tipe 3

| Kombinasi | P (ton) | η | n | P ijin tiang (ton) | QI (ton) | Kontrol |
|----------------------------|---------|--------|-------|--------------------|----------|---------|
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 3162.27 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | 192.60 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 3192.39 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | 162.48 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1L+1SW | 3055.88 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW | 2795.72 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 4418.89 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 1172.56 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 4104.47 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 1877.22 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 4127.06 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 1854.62 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 4280.56 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 1310.89 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 4310.68 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 1280.77 | 0.66 | 42.00 | 271.11 | 7570.28 | OK |

10.4.4 Kontrol Beban Maksimum Satu Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari

beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan sebagai berikut:

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin tanah} \text{ (1 tiang)}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan dengan kombinasi beban aksial terbesar yakni 1D+1SW+1L

P = 7606.6652 kN

N = 4 tiang

M_x = M_x + (H_y x t poer) = -64.7 + (61.27 x 1.5) = 2.72 tm

M_y = M_y + (H_x x t poer) = -8.06 + (-3.3 x 1.5) = -1.3 tm

X_{max} = 0.75 m

Y_{max} = 0.75 m

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{max} = \frac{760.67}{4} \pm \frac{-2.72 \times 0.75}{2.25} \pm \frac{-1.3 \times 0.75}{2.25}$$

P_{max} = 190.6396 t ≤ 313 t (1 tiang) OK

Tabel 10.8 Rekapitulasi Kontrol Beban Maks. Tipe 1

| Kombinasi | P max ++ | P max +- | P max -+ | P max -- | P ijin Tekan | Kontrol |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| | ton | ton | ton | ton | ton | |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 125.5 | 245.2 | 241.8 | 242.9 | 271.1 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | 77.1 | 243.9 | 240.6 | 241.7 | 271.1 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 127.7 | 246.1 | 230.5 | 207.9 | 271.1 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | 74.8 | 246.1 | 230.5 | 207.9 | 271.1 | OK |
| 1D+1L+1SW | 190.6 | 244.2 | 231.0 | 209.7 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW | 168.8 | 244.2 | 231.0 | 209.7 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 197.1 | 219.7 | 226.7 | 250.0 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 140.4 | 219.7 | 226.7 | 250.0 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 203.3 | 217.9 | 227.1 | 251.8 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 167.0 | 217.9 | 227.1 | 251.8 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 205.0 | 221.0 | 218.0 | 219.0 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 165.3 | 173.2 | 158.7 | 135.8 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 193.0 | 173.2 | 158.7 | 135.8 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 144.6 | 171.4 | 159.2 | 137.6 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 195.2 | 171.4 | 159.2 | 137.6 | 271.1 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 142.3 | 146.9 | 154.9 | 177.9 | 271.1 | OK |

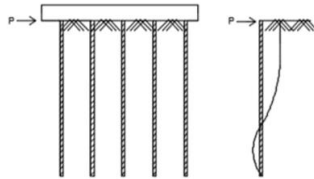
Tabel 10.9 Rekapitulasi Kontrol Beban Maks. Tipe 2

| Kombinasi | P max ++ | P max +- | P max -+ | P max -- | P ijin Tekan | Kontrol |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| | ton | ton | ton | ton | ton | |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 125.10 | 104.33 | 40.85 | 20.08 | 271.11 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | -18.29 | -17.65 | 10.81 | 11.45 | 271.11 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 126.65 | 105.71 | 40.86 | 19.92 | 271.11 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | -18.53 | -17.72 | 9.49 | 10.30 | 271.11 | OK |
| 1D+1L+1SW | 53.19 | 58.01 | 66.63 | 71.45 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW | 51.05 | 56.01 | 59.27 | 64.23 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 153.93 | 133.26 | 64.95 | 44.28 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | -31.29 | -28.34 | 60.69 | 63.64 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 123.51 | 110.55 | 68.76 | 55.80 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | -17.81 | 3.97 | 61.32 | 83.10 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 124.67 | 111.58 | 68.77 | 55.68 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | -18.13 | 1.89 | 62.36 | 82.38 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 145.53 | 126.74 | 64.56 | 45.77 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | -31.39 | -20.25 | 59.52 | 70.66 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 147.07 | 128.11 | 64.57 | 45.61 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | -31.52 | -23.11 | 60.99 | 69.41 | 271.11 | OK |

Tabel 10.10 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksi Tipe 3

| Kombinasi | P max ++ | P max +- | P max -+ | P max -- | P ijin Tekan | Kontrol |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| | ton | ton | ton | ton | ton | |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 34.80 | 48.96 | 101.62 | 115.78 | 271.11 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | -20.35 | 8.56 | 0.61 | 29.52 | 271.11 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 36.27 | 48.82 | 103.20 | 115.74 | 271.11 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | -21.19 | 6.57 | 1.17 | 28.92 | 271.11 | OK |
| 1D+1L+1SW | 4.53 | 64.88 | 80.64 | 140.99 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW | 5.18 | 59.73 | 73.40 | 127.95 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 40.71 | 73.64 | 136.79 | 169.71 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | -19.21 | 45.64 | 10.19 | 75.05 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 28.46 | 73.44 | 122.01 | 166.99 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | -19.08 | 53.75 | 35.64 | 108.48 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 29.57 | 73.33 | 123.20 | 166.96 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | -20.19 | 53.86 | 34.46 | 108.50 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 36.87 | 72.86 | 130.98 | 166.96 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | -17.60 | 46.46 | 15.96 | 80.02 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 38.34 | 72.71 | 132.56 | 166.93 | 271.11 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | -19.39 | 46.61 | 14.38 | 80.38 | 271.11 | OK |

10.4.5 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral



Gambar 10.6 Defleksi Akibat Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang

$$\delta = fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

- δ = defleksi yang terjadi
- Fd = koefisien defleksi
- P = Gaya lateral satu tiang
- T = *relative stiffness factor*

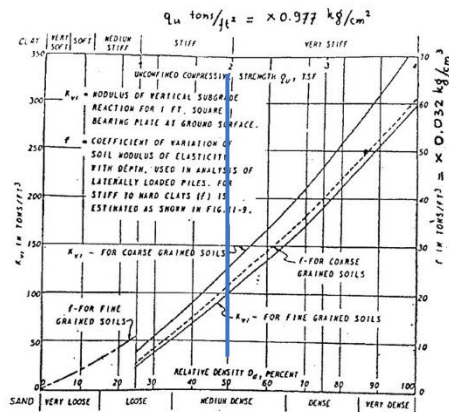
Tipe 1

Jumlah tiang = 4 tiang

H max 1 tiang = 15.316725 kN

C_u = 0.95 Kg/cm²

$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times 0.95 = 1.9 \text{ Kg/cm}^2 = 1.945 \text{ t/ft}^2$



1.3. Kurva untuk menentukan harga f dari berbagai jenis tanah (NAVFAC DM-7,19)

Gambar 10.7 Grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*

Dari grafik *immediate settlement of isolate footing* maka didapatkan $F = 22 \text{ t/ft}^2 = 0.706 \text{ Kg/cm}^2$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$E = 4700 \sqrt{f/c} = 33892.18199 \text{ Mpa} = 338921.8199 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I = 1527869.6 \text{ cm}^4 \text{ (brosur wika beton)}$$

$$T = \left(\frac{(338921.8199)(1527869.6)}{0.706}\right)^{\frac{1}{3}} = 236.223 \text{ cm}$$

$$F_d = (\text{deflection coefficient})$$

$$L = 20 \text{ m} = 2000 \text{ cm (kedalaman tiang pancang)}$$

$$T = 236.223 \text{ cm}$$

$$L/T = 8.466567274$$

Dari grafik *influence value for laterally loaded pile* maka didapatkan $F_m = 0.25$

$$M = 0.25 (15.317 \text{ kN} \times 236.223 \text{ cm}) = 0.889 \text{ tm}$$

$$0.905 \text{ tm} \leq 20 \text{ tm (OK)}$$

Tabel 10.11 Kontrol Gaya Lateral Tipe 1

| Kombinasi | H maks | H | $\delta \leq$ | Kontrol | M | Mcrack |
|----------------------------|---------|--------|---------------|---------|-------|--------|
| | maks | maks 1 | 2.5 | | maks | |
| | kN | tiang | cm | | tm | tonm |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 115.499 | 28.875 | 0.068 | OK | 1.705 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | 57.693 | 14.423 | 0.034 | OK | 0.852 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 124.424 | 31.106 | 0.074 | OK | 1.837 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | 60.994 | 15.248 | 0.036 | OK | 0.901 | OK |
| 1D+1L+1SW | 61.267 | 15.317 | 0.036 | OK | 0.905 | OK |
| 1D+1SW | 52.859 | 13.215 | 0.031 | OK | 0.780 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 152.190 | 38.047 | 0.090 | OK | 2.247 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 66.383 | 16.596 | 0.039 | OK | 0.980 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 122.003 | 30.501 | 0.072 | OK | 1.801 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 45.164 | 11.291 | 0.027 | OK | 0.667 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 128.697 | 32.174 | 0.076 | OK | 1.900 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 47.637 | 11.909 | 0.028 | OK | 0.703 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 136.643 | 34.161 | 0.081 | OK | 2.017 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 58.853 | 14.713 | 0.035 | OK | 0.869 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 145.568 | 36.392 | 0.086 | OK | 2.149 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 62.151 | 15.538 | 0.037 | OK | 0.918 | OK |

Tabel 10.12 Kontrol Gaya Lateral Tipe 2

| Kombinasi | H maks | H | $\delta \leq$ | Kontrol | M | Mcrack |
|----------------------------|----------|---------|---------------|---------|-------|--------|
| | maks | maks 1 | 2.5 | | maks | |
| | kN | tiang | cm | | tm | tonm |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 2390.223 | 79.674 | 0.175 | OK | 4.624 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | 2699.969 | 89.999 | 0.198 | OK | 5.223 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 2407.628 | 80.254 | 0.176 | OK | 4.658 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | 2717.375 | 90.579 | 0.199 | OK | 5.257 | OK |
| 1D+1L+1SW | 274.191 | 9.140 | 0.020 | OK | 0.530 | OK |
| 1D+1SW | 258.122 | 8.604 | 0.019 | OK | 0.499 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 2487.416 | 82.914 | 0.182 | OK | 4.812 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 3003.659 | 100.122 | 0.220 | OK | 5.811 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 1638.649 | 54.622 | 0.120 | OK | 3.170 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 2178.996 | 72.633 | 0.160 | OK | 4.215 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 1651.702 | 55.057 | 0.121 | OK | 3.195 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 2192.050 | 73.068 | 0.161 | OK | 4.241 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 2286.975 | 76.232 | 0.168 | OK | 4.424 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 2803.218 | 93.441 | 0.205 | OK | 5.423 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 2304.380 | 76.813 | 0.169 | OK | 4.458 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 2820.623 | 94.021 | 0.207 | OK | 5.457 | OK |

Tabel 10.13 Kontrol Gaya Lateral Tipe 3

| Kombinasi | H maks maks | H maks 1 tiang | $\delta \leq 2.5$ cm | Kontrol | M maks | Mcrack |
|----------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|---------|-----------|--------|
| | kN | | | | tm | tonm |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Max | 2992.184 | 71.242 | 1.566 | OK | 4.135 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspX Min | 2630.498 | 62.631 | 1.377 | OK | 3.635 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Max | 3094.136 | 73.670 | 1.620 | OK | 4.276 | OK |
| 0.6D+0.6SW+0.7RspY Min | 2732.449 | 65.058 | 1.430 | OK | 3.776 | OK |
| 1D+1L+1SW | 322.379 | 7.676 | 0.169 | OK | 0.445 | OK |
| 1D+1SW | 301.405 | 7.176 | 0.158 | OK | 0.416 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Max | 3422.790 | 81.495 | 1.792 | OK | 4.730 | OK |
| 1D+1SW+0.75L Min | 2819.979 | 67.142 | 1.476 | OK | 3.897 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Max | 2425.642 | 57.753 | 1.270 | OK | 3.352 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspX Min | 1791.371 | 42.652 | 0.938 | OK | 2.475 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Max | 2502.105 | 59.574 | 1.310 | OK | 3.457 | OK |
| 1D+1SW+0.75L+0.525RspY Min | 1867.834 | 44.472 | 0.978 | OK | 2.581 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Max | 3112.747 | 74.113 | 1.629 | OK | 4.301 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspX Min | 2509.936 | 59.760 | 1.314 | OK | 3.468 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Max | 3214.698 | 76.540 | 1.683 | OK | 4.442 | OK |
| 1D+1SW+0.7RspY Min | 2611.887 | 62.188 | 1.367 | OK | 3.609 | OK |

10.4.6 Perencanaan Poer

Pembebanan untuk perencanaan poer menggunakan pembebanan LRFD, dimana perhitungan momen untuk peulangan menggunakan program bantu ETABS 2013, dengan memasukkan Pmax tiang pancang dan berat sendiri pile cap sebagai beban.

Tabel 10.14 Pembebanan Pondasi Tipe 1

| Kombinasi | HX (kN) | HY (kN) | P (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) |
|-------------------------|------------|---------|---------|-------------|-------------|
| 1.2D+1.2SW+1.6L | -4.12 | 76.88 | 9476.98 | -81.28 | -10.07 |
| 1.4D+1.4SW | -4.06 | 74.00 | 9427.88 | -77.85 | -9.91 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Max | 80.76 | 204.28 | 9269.88 | 266.28 | 218.13 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Max | 80.76 | 204.28 | 9269.88 | 266.28 | 218.13 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Max | 76.05 | 191.53 | 9241.70 | 231.11 | 204.96 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Max | 76.05 | 191.53 | 9241.70 | 231.11 | 204.96 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Min | -83.81 | -47.85 | 8665.31 | -382.75 | -223.92 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Min | -83.81 | -47.85 | 8665.31 | -382.75 | -223.92 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Min | -88.52 | -60.60 | 8637.13 | -417.92 | -237.09 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Min | -88.52 | -60.60 | 8637.13 | -417.92 | -237.09 |
| 1.2D+1.2SW+0.5L | -3.68 | 67.63 | 8517.27 | -71.27 | -8.99 |

| | | | | | |
|----------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 0.9D+0.9SW+1RspY Max | 82.03 | 180.01 | 6377.15 | 292.05 | 221.24 |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Max | 82.03 | 180.01 | 6377.15 | 292.05 | 221.24 |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | 77.32 | 167.26 | 6348.98 | 256.88 | 208.07 |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Max | 77.32 | 167.26 | 6348.98 | 256.88 | 208.07 |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Min | -82.54 | -72.12 | 5772.59 | -356.97 | -220.81 |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Min | -82.54 | -72.12 | 5772.59 | -356.97 | -220.81 |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Min | -87.25 | -84.87 | 5744.41 | -392.14 | -233.98 |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Min | -87.25 | -84.87 | 5744.41 | -392.14 | -233.98 |

Tabel 10.15 Pembebanan Pondasi Tipe 2

| Kombinasi | HX (kN) | HY (kN) | P (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) |
|-------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 1.4D+1.4SW | 3334.93 | 2404.17 | 38750.59 | 28460.27 | 1766.04 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Max | 3334.93 | 2404.17 | 38750.59 | 28460.27 | 1766.04 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Max | 3310.01 | 2311.88 | 38432.12 | 27981.23 | 1820.31 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Max | 3310.01 | 2311.88 | 38432.12 | 27981.23 | 1820.31 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Max | 3270.78 | 2211.91 | 34434.96 | 20573.61 | 2287.15 |
| 1.2D+1.2SW+1.6L | 3271.25 | 2211.86 | 34209.02 | 21525.96 | 2139.16 |
| 1.2D+1.2SW+0.5L | 3251.06 | 2127.75 | 33084.11 | 24456.04 | 1854.30 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Min | 3099.77 | 1949.48 | 32191.19 | 27746.53 | 712.71 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Min | -511.99 | -154.32 | 22267.12 | 4445.04 | -2766.73 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Min | -491.06 | -163.69 | 21262.80 | 1665.90 | -2378.85 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Min | -473.59 | -165.10 | 20542.72 | -183.34 | -2089.78 |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Max | -3653.38 | -1902.45 | 5544.29 | -34150.09 | -2324.88 |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Max | -3653.38 | -1902.45 | 5544.29 | -34150.09 | -2324.88 |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | -3678.29 | -1994.75 | 5225.82 | -34629.12 | -2270.61 |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Max | -3678.29 | -1994.75 | 5225.82 | -34629.12 | -2270.61 |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Min | -3868.14 | -2273.49 | -713.97 | -34333.43 | -3446.96 |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Min | -3868.14 | -2273.49 | -713.97 | -34333.43 | -3446.96 |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Min | -3893.05 | -2365.79 | -1032.45 | -34812.46 | -3392.69 |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Min | -3893.05 | -2365.79 | -1032.45 | -34812.46 | -3392.69 |

Tabel 10.16 Pembebanan Pondasi Tipe 3

| Kombinasi | HX (kN) | HY (kN) | P (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) |
|-------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 1.2D+1.2SW+1.6L | 3449.75 | 4513.85 | 57826.24 | -52978.77 | -18521.28 |
| 1.4D+1.4SW | 3449.75 | 4513.85 | 57826.24 | -52978.77 | -18521.28 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Max | 3344.18 | 4429.52 | 57328.39 | -52691.38 | -19232.83 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Max | 3344.18 | 4429.52 | 57328.39 | -52691.38 | -19232.83 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Max | 3140.37 | 4181.34 | 49193.64 | -43352.13 | -14660.38 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Max | 3142.32 | 4181.83 | 48776.98 | -43690.95 | -13604.29 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Min | 3180.07 | 4254.23 | 47305.56 | -42314.65 | -12383.40 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Min | 3080.57 | 4183.01 | 47082.94 | -42499.71 | -12627.20 |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Min | 276.94 | 494.14 | 37492.00 | -34998.89 | -21800.36 |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Min | 262.63 | 465.55 | 36478.20 | -34247.53 | -22324.35 |
| 1.2D+1.2SW+0.5L | 107.04 | 299.58 | 34625.29 | -31989.30 | -22297.47 |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Max | -2714.21 | -3521.49 | 14247.22 | -13434.46 | -26241.46 |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Max | -2714.21 | -3521.49 | 14247.22 | -13434.46 | -26241.46 |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | -2819.78 | -3605.81 | 13749.37 | -13147.08 | -26953.01 |

| | | | | | |
|----------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 0.9D+0.9SW-1RspX Max | -2819.78 | -3605.81 | 13749.37 | -13147.08 | -26953.01 |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Min | -2979.61 | -3775.60 | 3983.36 | -3322.41 | -19590.39 |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Min | -2979.61 | -3775.60 | 3983.36 | -3322.41 | -19590.39 |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Min | -3085.17 | -3859.92 | 3485.51 | -3035.02 | -20301.94 |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Min | -3085.17 | -3859.92 | 3485.51 | -1593.84 | -1768.73 |

Tabel 10.17 Rekapitulasi Beban Maksimum Tipe 1

| Kombinasi | P max ++ | P max +- | P max -+ | P max -- | P ijin Tekan | Kontrol |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| | ton | ton | ton | ton | ton | |
| 1.4D+1.4SW | 244.08 | 245.16 | 241.81 | 242.89 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Max | 242.83 | 243.90 | 240.62 | 241.69 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Max | 268.71 | 246.09 | 230.53 | 207.91 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Max | 268.71 | 246.09 | 230.53 | 207.91 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Max | 265.52 | 244.25 | 230.96 | 209.69 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1.6L | 265.52 | 244.25 | 230.96 | 209.69 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+0.5L | 196.39 | 219.70 | 226.69 | 250.00 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Min | 196.39 | 219.70 | 226.69 | 250.00 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Min | 193.20 | 217.86 | 227.12 | 251.78 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Min | 193.20 | 217.86 | 227.12 | 251.78 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Min | 220.02 | 220.98 | 218.00 | 218.97 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Max | 196.20 | 173.25 | 158.73 | 135.78 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Max | 196.20 | 173.25 | 158.73 | 135.78 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | 193.01 | 171.41 | 159.16 | 137.56 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Max | 193.01 | 171.41 | 159.16 | 137.56 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Min | 123.88 | 146.86 | 154.89 | 177.87 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Min | 123.88 | 146.86 | 154.89 | 177.87 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Min | 120.69 | 145.02 | 155.32 | 179.65 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Min | 120.69 | 145.02 | 155.32 | 179.65 | 271.11 | OK |

Tabel 10.18 Rekapitulasi Beban Maksimum Tipe 2

| Kombinasi | P max ++ | P max +- | P max -+ | P max -- | P ijin Tekan | Kontrol |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| | ton | ton | ton | ton | ton | |
| 1.4D+1.4SW | 210.61 | 182.41 | 96.09 | 67.89 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Max | 210.61 | 182.41 | 96.09 | 67.89 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Max | 208.48 | 180.21 | 96.16 | 67.89 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Max | 208.48 | 180.21 | 96.16 | 67.89 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Max | 182.51 | 152.54 | 97.19 | 67.21 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1.6L | 183.15 | 153.79 | 94.43 | 65.07 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+0.5L | 183.75 | 155.71 | 85.01 | 56.97 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Min | 183.32 | 160.98 | 73.79 | 51.44 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Min | 84.46 | 99.19 | 69.42 | 84.14 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Min | 77.00 | 89.98 | 71.93 | 84.91 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Min | 71.95 | 83.62 | 73.49 | 85.16 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Max | -53.78 | -21.26 | 78.38 | 110.90 | 271.11 | OK |

| | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|-------|--------|--------|----|
| 0.9D+0.9SW-1RspY Max | -53.78 | -21.26 | 78.38 | 110.90 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | -55.91 | -23.46 | 78.46 | 110.91 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | -55.91 | -23.46 | 78.46 | 110.91 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Min | -78.97 | -40.43 | 55.83 | 94.37 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Min | -78.97 | -40.43 | 55.83 | 94.37 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Min | -81.10 | -42.63 | 55.91 | 94.37 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Min | -81.10 | -42.63 | 55.91 | 94.37 | 271.11 | OK |

Tabel 10.19 Rekapitulasi Beban Maksimum Tipe 3

| Kombinasi | P max + | P max +- | P max - + | P max -- | P ijin Tekan | Kontrol |
|-------------------------|---------|----------|-----------|----------|--------------|---------|
| | ton | ton | ton | ton | ton | |
| 1.4D+1.4SW | 60.40 | 102.30 | 187.34 | 229.25 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Max | 60.40 | 102.30 | 187.34 | 229.25 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Max | 58.07 | 102.70 | 184.57 | 229.21 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Max | 58.07 | 102.70 | 184.57 | 229.21 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Max | 57.71 | 88.95 | 159.58 | 190.82 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1.6L | 57.92 | 85.83 | 160.72 | 188.63 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+0.5L | 58.46 | 82.37 | 157.18 | 181.08 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspX Min | 56.91 | 82.05 | 156.43 | 181.57 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspX Min | 15.78 | 82.92 | 109.89 | 177.04 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L+RspY Min | 13.48 | 82.34 | 105.65 | 174.50 | 271.11 | OK |
| 1.2D+1.2SW+1L-1RspY Min | 11.51 | 81.01 | 98.15 | 167.66 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Max | -32.23 | 62.94 | 19.18 | 114.36 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Max | -32.23 | 62.94 | 19.18 | 114.36 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Max | -34.56 | 63.34 | 16.41 | 114.32 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Max | -34.56 | 63.34 | 16.41 | 114.32 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspX Min | -33.49 | 42.05 | -8.80 | 66.74 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspX Min | -33.49 | 42.05 | -8.80 | 66.74 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW+1RspY Min | -35.82 | 42.45 | -11.58 | 66.70 | 271.11 | OK |
| 0.9D+0.9SW-1RspY Min | -4.75 | 15.34 | 15.54 | 35.62 | 271.11 | OK |

- Pondasi Tipe 1

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Data-data perencanaan poer adalah sebagai berikut.

$$P_u = 947.69831 \text{ ton}$$

$$P_{\max(1 \text{ tiang})} = 268.7070233 \text{ ton}$$

$$N = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi poer} = 2.7 \times 2.7 \times 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

Selimit beton = 70 mm
 λ = 1 (beton normal)

Tinggi efektif (d)

$$d_x = 1500 - 70 - \frac{1}{2} 25 = 1417.5 \text{ mm}$$

1. Kontrol Geser Ponds

- Akibat kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan RSNI 2847-2018 Pasal 22.6.5.2.

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

Keterangan:

α_s = 20 untuk kolom sudut

= 30 untuk kolom tepi

= 40 untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= \frac{70}{70} = 1$$

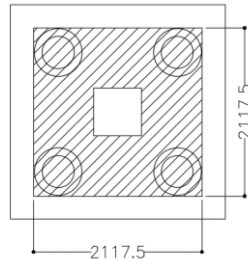
b_o = Keliling penampang kritis

$$= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$$

$$= 2 (700 + 1417.5) + 2 (700 + 1417.5)$$

$$= 8470 \text{ mm}$$

Geser Pons 2 Arah



Gambar 10.10 Area Kritis Geser Dua Arah Pondasi Kolom

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 8470 \times 1417,5 \\
 &= 38726357,44 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1417,5}{8470} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 8470 \times 1417,5 \\
 &= 54795505,21 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8470 \times 1417,5 \times \\
 &= 25286033,39 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang poer dalam memikul gaya geser adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_n &= 0,75 \times 25286033,39 \text{ N} \\
 &= 18964525,04 \text{ N} \\
 &= 1896,4525 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u, \text{ Punch} &= 947,698 \text{ ton} + 2,4 \text{ t/m}^3 \times 2,1175 \text{ m} \times \\
 &2,1175 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} - 268,71 \text{ t} - 246,087 \\
 &\text{ t} - 241,809 \text{ t} - 251,779 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$= -36.47 \text{ t}$$

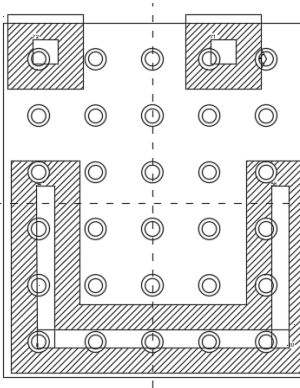
$\phi V_n > P_u$, Punch (OK)

Kontrol Tegangan Geser

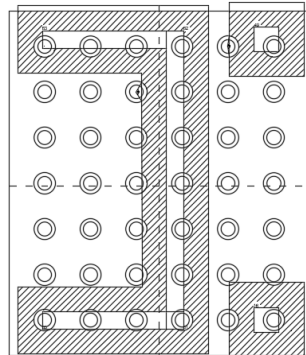
$$\tau_u = \frac{P_u, \text{Punch}}{U d} = \frac{-36.47 \text{ t}}{8470 \times 1417.5} = -0.0304 \text{ Mpa}$$

$$\tau_c = 0,333\lambda\sqrt{f'c} = 2.108 \text{ Mpa}, \tau_u < \tau_c \text{ (OK)}$$

Dari kontrol tersebut dapat disimpulkan ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat kolom.



Gambar 10.11 Area Kritis Tipe 2



Gambar 10.12 Area Kritis Tipe 3

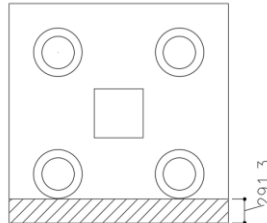
Tabel 10.20 Kontrol Geser 2 Arah

| Type | ϕV_n (t) | P_u , Punch (t) | Kontrol |
|------|----------------|-------------------|---------|
| 2 | 10635.897 | 2065.341 | OK |
| 3 | 10784.495 | 3580.396 | OK |

Tabel 10.21 Kontrol Tegangan Geser 2 Arah

| Type | τ_c (Mpa) | τ_u (Mpa) | Kontrol |
|------|----------------|----------------|---------|
| 2 | 2.108 | 0.221 | OK |
| 3 | 2.108 | 0.37 | OK |

Geser Pons 1 Arah



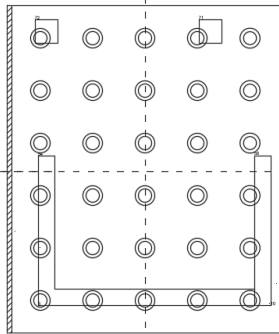
Gambar 10.13 Area Kritis Geser Pons Satu Arah

$$V_u \text{ pile} = 0 - 2.4 \text{ t/m}^3 \times 1.5 \text{ m} \times 2.7 \text{ m} \times 0.2913 \text{ m} \\ = - 2.831436 \text{ t}$$

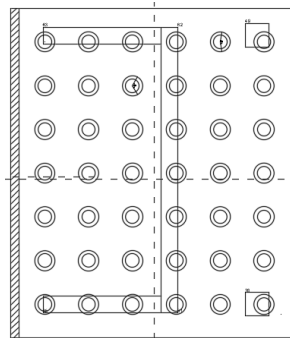
$$\phi V_c = 0.75 \sqrt{f'c} b d$$

$$= 0.75 \sqrt{40} 2700 1417.5 = 1815.424076 \text{ t}$$

$$\phi V_c > V_u \text{ (OK)}$$



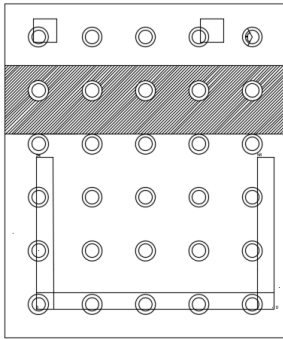
Gambar 10.14 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 2



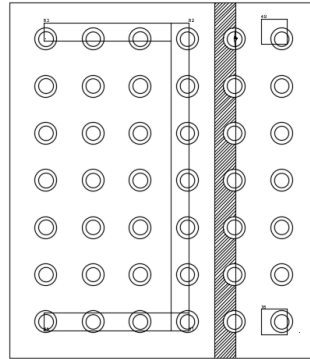
Gambar 10.15 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 3

Tabel 10.22 Kontrol Geser Pons Satu Arah Potongan 1

| Tipe | ϕV_c (t) | V_u (t) | Kontrol |
|------|----------------|-----------|---------|
| 2 | 5647.986015 | -5.0796 | OK |
| 3 | 5715.223944 | -7.3899 | OK |



Gambar 10.16 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 2

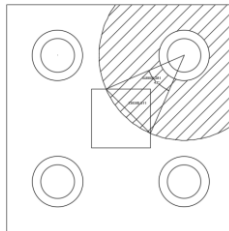


Gambar 10.17 Area Kritis Geser Satu Arah Tipe 3

Tabel 10.23 Kontrol Geser Pons Satu Arah Potongan 2

| Type | $\phi V_c (t)$ | $V_u (t)$ | Kontrol |
|------|----------------|-------------|---------|
| 2 | 5647.986015 | 806.476097 | OK |
| 3 | 5715.223944 | 450.9434735 | OK |

Akibat Pancang



Gambar 10.18 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

- β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
 $= \frac{70}{70} = 1$
- D = $600 + 1417.5 = 2017.5$ mm
- b_o = Keliling penampang kritis
 $= 1125.956$ mm
- Pu, pile = 268.7070233 t

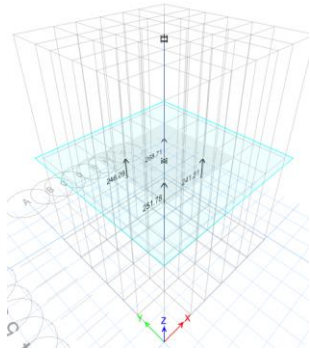
$$\begin{aligned}
 P \text{ kolom} &= \lambda \times P_u = 0.3498 \times 947.698 \text{ t} = 331.537 \text{ t} \\
 P \text{ total} &= 268.707 \text{ t} - 331.537 \text{ t} = -62.83 \text{ t} \\
 \tau_u &= \frac{P_u, \text{Punch}}{U d} = \frac{-62.83}{1125.96 \times 1417.5} = -0.277 \text{ Mpa} \\
 \tau_c &= 0,333\lambda\sqrt{f'c} = 2.108 \text{ Mpa}, \tau_u < \tau_c \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Tabel 10.24 Kontrol Tegangan Geser Akibat Pancang

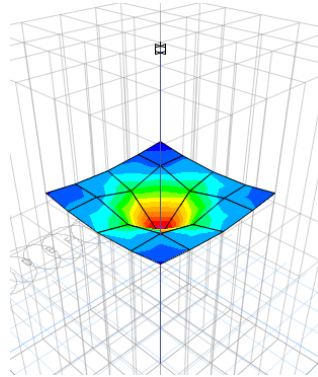
| Tipe | τ_c (Mpa) | τ_u (Mpa) | Kontrol |
|------|----------------|----------------|---------|
| 2 | 2.108 | 0.1467 | OK |
| 3 | 2.108 | 0.1628 | OK |

2. Penulangan Poer

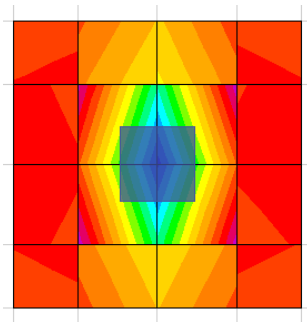
Untuk penulangan lentur, momen pilecap dianalisa menggunakan program bantu ETABS 2013, sebagai plat atau shell dengan ketebalan 1.5 m. Lalu plat dijepit atau dikekang dengan kolom yang menumpu pada pilecap tersebut. Sedangkan tiang pancang dimodelkan sebagai beban P_{max} yang melawan arah gravitasi dan ditambah dengan berat sendiri dari pilecap. Berikut merupakan hasil permodelan pilecap tipe 1, 2, dan 3



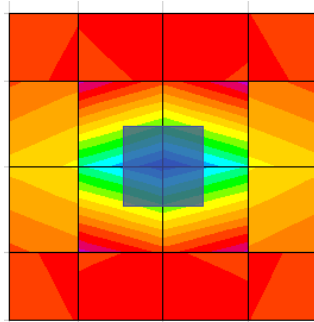
Gambar 10.19 Permodelan Pile Cap Tipe 1



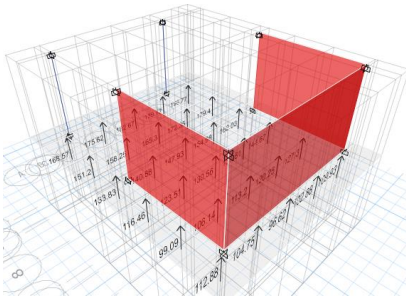
Gambar 10.20 Displacement Pile Cap Tipe 1



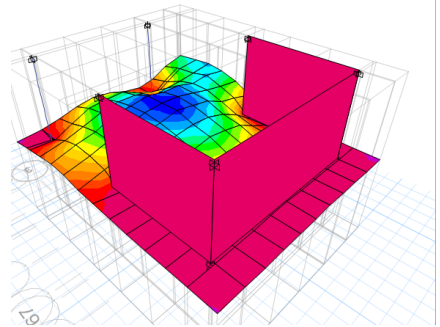
Gambar 10.21 M11 Pile Cap Tipe 1



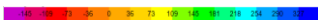
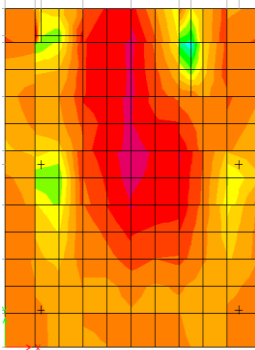
Gambar 10.22 M22 Pile Cap Tipe 2



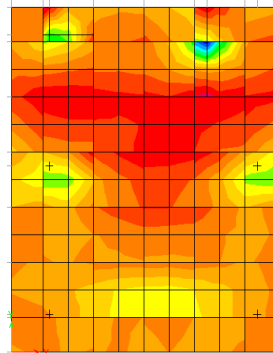
Gambar 10.23 Permodelan Pile Cap Type 2



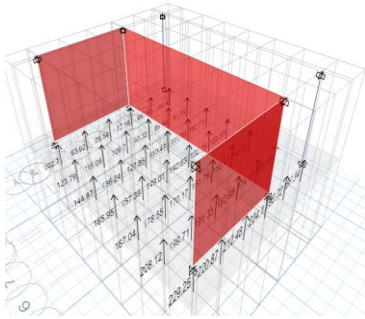
Gambar 10.24 Displacement Pile Cap Type 2



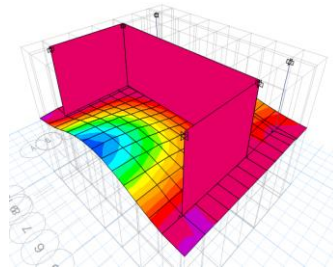
Gambar 10. 25 M11 Pile Cap Type 2



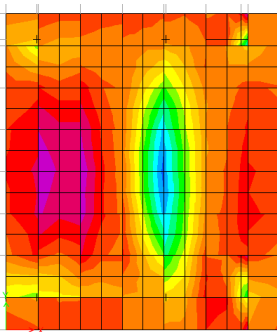
Gambar 10.26 M22 Pile Cap Type 2



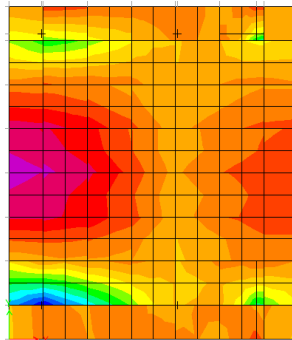
Gambar 10.27 Permodelan Pile Cap Tipe 3



Gambar 10.28 Displacement Pile Cap Tipe 3



Gambar 10.29 M11 Pile Cap Tipe 3



Gambar 10.30 M22 Pile Cap Tipe 3

Penulangan Poer Tipe 1 Arah M11

Mpositif (atas) = 2300.52 kNm

Mnegatif (bawah) = 510 kNm

- Penulangan positif (atas)

$$R_n = \frac{Mu_1}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{2,300,520,000}{0,9 \times 2700 \times 1417,5^2} = 0.471$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0.00395$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0.0035$$

Maka, $\rho_{\min} = 0,0037$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11.765$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.471}{400}} \right)$$

$$= 0.001186 < \rho_{\min}$$

$$\rho = \rho_{\min} = 0.00395$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 1417.5$$

$$= 5603.160729 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{spertu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{5603.16073}$$

$$= 87.6 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-80 mm

- Penulangan negatif (bawah)

$$\rho = \rho_{\min} = 0.00395$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 1417.5$$

$$= 5603.160729 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{spertu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{5603.160729}$$

$$= 87.6 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-80 mm

Penulangan Poer Arah Sumbu M22

$$M_{\text{positif (atas)}} = 2240.677 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{negatif (bawah)}} = 413 \text{ kNm}$$

- Penulangan positif (atas)

$$R_n = \frac{Mu_1}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{2,240,677,000}{0,9 \times 2700 \times 1417,5^2} = 0.459$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0.00395$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0.0035$$

Maka, $\rho_{\min} = 0.00395$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11.765$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.459}{400}} \right) \\ &= 0.001155 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$\rho = \rho_{\min} = 0.00395$$

$$\begin{aligned} A_{Sperlu} &= \rho b d = 0,00395 \times 1.000 \times 1417,5 \\ &= 5603.160729 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{5603.160729} \\ &= 87.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-80 mm

- Penulangan negatif (bawah)

$$\rho = \rho_{\min} = 0.00395$$

$$\begin{aligned} A_{Sperlu} &= \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 1417,5 \\ &= 5603.160729 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{5603.160729} \\ &= 87.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-80 mm

Tabel 10.25 Rekapitulasi Penulangan Pilecap

| Tipe | M11 | | M22 | | Tulangan |
|------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------|
| | positif (atas) (kNm) | negatif (bawah) (kNm) | positif (atas) (kNm) | negatif (bawah) (kNm) | |
| 2 | 2148.231 | 1,153 | 2527.363 | 947 | D25-80 |
| 3 | 2367.536 | 939 | 3919.862 | 1,880 | D25-80 |

10.4.7 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof berfungsi untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditumpukan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 20% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$A_g = 240000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \text{D25}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = \text{D13}$$

$$d = 600 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 534.5 \text{ mm}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$q_u = 0.4 \times 0.6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

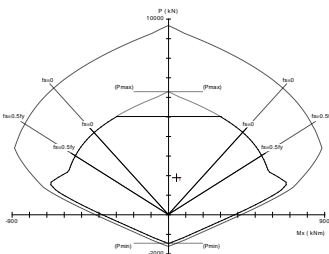
Panjang sloof = 8 m

$$\begin{aligned} Mu_{\text{tump}} &= \frac{1}{8} qu \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 576 \times 8^2 \text{ kgm} \\ &= 3072 \text{ kgm} \end{aligned}$$

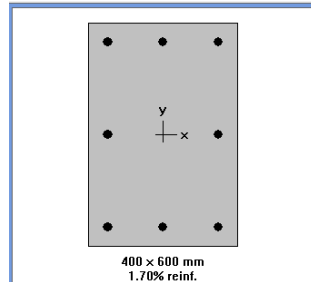
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 20\% P_u = 20\% 9476.9831 \text{ kN} = 1895.397 \text{ kN}$$

$$M = 30.72 \text{ kNm}$$



Gambar 10.31 Diagram Interaksi P-M



Gambar 4. 6 Spesifikasi Penulangan Sloof

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} qu \times L = \frac{1}{2} \times 576 \times 8 = 23.04 \text{ kN}$$

$$d' = 537.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{bw \times d \times \sqrt{f_c'}}{6} = \frac{400 \times 534.5 \times \sqrt{40}}{6} = 225364.99 \text{ N} \\ &= 225.365 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5V_c &= 0.75 \times 225.365 \times 0.5 \\ &= 84.5112 \text{ kN} > V_u = 23.04 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan geser tidak diperlukan.

Jadi dipasang tulangan geser min

$$S_{\text{maks}} = d/2 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$d/2 = 534.5/2 = 267.25 \text{ mm}$$

$$A_v \text{ D13} = 265.4645792 \text{ mm}^2$$

$$A_v \min = \frac{bw \times s}{3f_y} = \frac{400 \times 267.25}{3 \times 400} = 89.083 \text{ mm}^2 < A_v \text{ D13}$$

(OK)

Dipasang Senggang 2D13-250 mm

10.4.8 Perencanaan Tulangan Tusuk Konde

Dalam perencanaan tulangan tusuk konde, tiang pancang diasumsikan sebagai kolom. Sehingga perhitungan terkait kebutuhan tulangan longitudinal, tulangan transversal, dan panjang penyaluran disesuaikan dengan perhitungan pada perencanaan struktur kolom. Berikut merupakan spesifikasi dan pembebanan pada kolom:

| | |
|-------------------------|------------------------|
| Diameter kolom | = 600 – 2×100 = 400 mm |
| Tebal decking (d') | = 50 mm |
| Mutu tulangan (f_y) | = 400 Mpa |
| Mutu beton (f'_c) | = 52 Mpa |
| Pu | = 2369.25 kN |
| Vu | = 90.79 kN |
| Mu | = 48.07 kNm |

a) Kontrol Dimensi Kolom

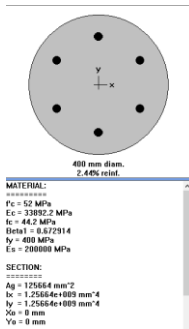
Tabel 10.26 Kontrol Dimensi Kolom

| Tipe | Syarat | | | |
|------|--------|-----------|----------|---------|
| | > 300 | b/h > 0.4 | Ag fic | Kontrol |
| TP 1 | OK | OK | 653.4513 | OK |

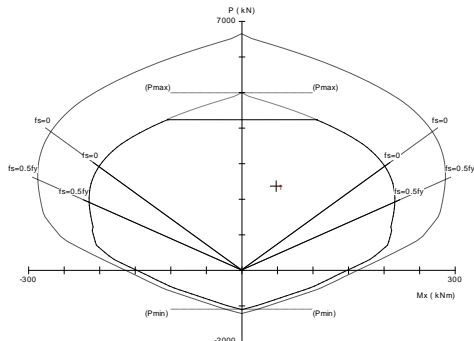
b) Penulangan Longitudinal Kolom

Tabel 10.27 Kontrol Penulangan Longitudinal

| Tipe | Tulangan | | | ϕMn | ϕ | Mu | Kontrol |
|------|----------|----|----|-----------|--------|----------|---------|
| | n | D | d | | | | |
| TP 1 | 6 | 25 | 19 | 213.05 | 0.75 | 48.06556 | OK |



Gambar 10.32 Tulangan Longitudinal Kolom



Gambar 10.33 Diagram P-Mn Kolom

c) Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Tabel 10.28 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

| Tipe | Ast (mm ²) | Ag (mm ²) | 0.01 Ag | 0.06 Ag | Ast |
|------|------------------------|-----------------------|----------|------------|-----|
| TP 1 | 2945.2431 | 125663.7 | 1256.637 | 7539.82237 | OK |

d) Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor

Tabel 10.29 Kontrol Kapasitas Beban Aksial

| Tipe | ϕP_n (kN) | P _u | Kontrol |
|------|-----------------|----------------|---------|
| TP 1 | 3928.34072 | 2369.25 | OK |

e) Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana

Tabel 10.30 Kontrol Gaya Tekan

| Tipe | fs | ln (m) | Mpr | Vex | Kontrol |
|------|-----|--------|--------|--------|---------|
| TP 1 | 500 | 2 | 216.98 | 216.98 | OK |

f) Perhitungan Tulangan Geser

Tabel 10.31 Spasi Tulangan Geser

| Tipe | Dc | Ach | ps | ps | p pakai | As perlu | s |
|------|-----|----------|--------|------------|---------|----------|----------|
| TP 1 | 281 | 62015.82 | 0.0156 | 0.06003953 | 0.06004 | 7544.79 | 37.57941 |

g) Perhitungan Sambungan Lewatan

| Tipe | Ψ_t | Ψ_e | Ψ_s | c1 | c2 | C pakai | $(c_b + k_{ir})/d_b$ | $(c_b + k_{ir})/d_b$ pakai | ld |
|------|----------|----------|----------|----|-------|---------|----------------------|----------------------------|--------|
| | | | | | | | | | mm |
| TP 1 | 1 | 1 | 1 | 69 | 43.67 | 43.67 | 1.747 | 1.747 | 721.77 |

10.5 Perencanaan Basement

10.5.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat, sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air tertinggi dengan adanya *surchage load* beban kendaraan sebesar $q = 0,8 \text{ t/m}^2$. Berikut merupakan data perencanaan yang digunakan dalam analisa tegangan horizontal:

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.55 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1.55 - 1 = 0.55 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 0$$

$$c' = 0.3 \text{ t/m}^2$$

$$h = 3.3 \text{ m}$$

- Tekanan Aktif Tanah

$$\sigma_v'(0) = q + \gamma' \times h = 0.8 + 0.55 \times 0 = 0.8 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_v'(-3.3) &= \sigma_v(0) + \gamma' \times h \\ &= 0.8 + 0.55 \times 3.3 \\ &= 2.615 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{0}{2} \right) = 1$$

$$\sigma_h'(0) = (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma_h'(0) = 0.8 - (2 \times 0.3 \times \sqrt{1}) = 0.2 \text{ t/m}^2$$

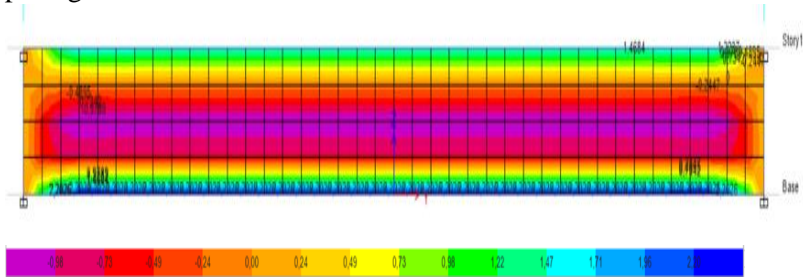
$$\sigma_h \text{ total}(0) = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0.2 + 1 \times 0 = 0.2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_h'(-3.3) = (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma_h'(-3.3) = (2.615 \times 1) - (2 \times 0.3 \times \sqrt{1}) = 2.02 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{sh total (-3.3)} &= \sigma h' + \gamma_{air} \times h \\
 &= 2.02 + 1 \times 3.3 \\
 &= 5.315 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk momen yang didapat menggunakan bantuan dari program bantu ETABS 2013 yaitu sebesar 2.3942 t.m, seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 10.34 Momen akibat Tekanan Horizontal Tanah

10.5.2 Penulangan Dinding Penahan Tanah

Berikut perhitungan kebutuhan tulangan berdasarkan momen yang terjadi pada dinding penahan tanah.

- Penulangan lentur positif (M11)

$$M_u = 1.2151 \text{ t.m} = 1,215,100.00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - c_c - \frac{1}{2} \times D \\
 &= 300 - 70 - \frac{1}{2} \times 13 \\
 &= 223.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{0.9 \times b \times d^2} \\
 &= \frac{1,215,100.00}{0.9 \times 1000 \times 223.5^2} \\
 &= 0.03
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.00395$$

$$\rho_{\min} = 0.0035$$

$$\rho = \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.03}{400}} \right)$$

$$= 0.000069$$

Maka, diambil $\rho = 0.00395$

$$A_{s_{perlu}} = \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 223.5 = 883.46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{s_{perlu}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{883.46}$$

$$= 150.241 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-150 mm.

- Penulangan lentur negative (M11)

$$M_u = 0.4498 \text{ t.m} = 449,800.00 \text{ Nmm}$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 223.5 = 883.46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{s_{perlu}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{883.46}$$

$$= 150.241 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-150 mm.

- Penulangan lentur positif (M22)

$$M_u = 2.3942 \text{ t.m} = 2,394,200.00 \text{ Nmm}$$

$$d = h - c_c - \frac{1}{2} \times D$$

$$= 300 - 70 - \frac{1}{2} \times 13$$

$$= 223.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2}$$

$$= \frac{2,394,200.00}{0,9 \times 1000 \times 223.5^2}$$

$$= 0.05$$

$$\rho_{\min} = 0.00395$$

$$\rho_{\min} = 0.0035$$

$$\rho = \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 0.05}{400}} \right)$$

$$= 0.000135$$

Maka, diambil $\rho = 0.00395$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 223.5 = 883.46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{S_{\text{perlu}}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{883.46}$$

$$= 150.241 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-150 mm.

- Penulangan lentur negative (M22)

$$M_u = 1.2113 = 1,211,300.00 \text{ Nmm}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0.00395 \times 1.000 \times 223.5 = 883.46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{S_{\text{perlu}}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{883.46}$$

$$= 150.241 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-150 mm.

10.5.3 Perencanaan Plat Basement

Berikut merupakan data-data perencanaan pelat:

| | |
|------------------------|--------------------------|
| Tebal pelat | = 300 mm |
| Selimit beton | = 70 mm |
| Mutu beton | = 40 Mpa |
| Mutu tulangan | = 400 Mpa |
| Elevasi Muka Air Tanah | = -3.3 m |
| Berat Jenis Air | = 1000 kg/m ³ |
| Diameter tulangan | = 16 mm |

Tabel 10.32 Tebal Plat yang Digunakan

| Tipe | Dimensi | | β | Tipe arah | Tebal Pakai (mm) |
|------|---------|-------|------------|-------------|------------------|
| | ln (m) | sn(m) | | | |
| P1 | 7.5 | 7.5 | 1 | Plat 2 Arah | 300 |
| P2 | 7.5 | 5.5 | 1.36363636 | Plat 2 Arah | 300 |
| P3 | 7.5 | 5 | 1.5 | Plat 2 Arah | 300 |
| P4 | 7.5 | 3.6 | 2.08333333 | Plat1Arah | 300 |
| P5 | 5.6 | 3.6 | 1.55555556 | Plat 2 Arah | 300 |
| P6 | 4.6 | 3.6 | 1.27777778 | Plat 2 Arah | 300 |
| P7 | 7.5 | 2.1 | 3.57142857 | Plat1Arah | 300 |
| P8 | 5.6 | 4.5 | 1.24444444 | Plat 2 Arah | 300 |

Pada pelat *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu uplift akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan

- Akibat gaya *uplift* air

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya uplift yg bekerja dengan sebagai berikut:

$$q_{\text{air}} = h_{\text{air}} \times \text{berat jenis air} = (3.3) \times 1000 = 3300 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa $q_{\text{air}} = 1800 \text{ kg/m}^2$. Nilai q_{air} tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat *basement* itu sendiri.

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} \\ = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ = \frac{0.85 \times 0.764 \times 400}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0.0389$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0389 = 0.25$$

$$\rho_{min} = 0.0035 \text{ atau } \rho_{min} = 0.00395$$

dipakai 0.00395

$$m = \frac{fy}{0.85f'c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.765$$

$$dx = 300 - 50 - (0.5 \times 16) = 222 \text{ mm}$$

$$dy = 300 - 50 - 16 - (0.5 \times 16) = 206 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Mlx &= 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 3300 \cdot 7.5^2 \cdot 21 \\ &= 3898.125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mtx &= -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 3300 \cdot 7.5^2 \cdot 52 \\ &= -9652.5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 3300 \cdot 7.5^2 \cdot 21 \\ &= 3898.125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 3300 \cdot 7.5^2 \cdot 52 \\ &= -9652.5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tabel 10.33 Hasil Momen arah X dan Y

| Tipe | Mlx (+) | Mly (+) | Mtx (-) | Mly (-) |
|------|----------|----------|----------|----------|
| | kgm | kgm | kgm | kgm |
| P1 | 3898.125 | 3898.125 | 9652.5 | 9652.5 |
| P2 | 3394.05 | 3341.25 | 7287.225 | 10580.63 |
| P3 | 2970 | 3155.625 | 6270 | 10580.63 |
| P4 | 1753.488 | 2041.875 | 3549.744 | 10580.63 |
| P5 | 1582.416 | 1655.808 | 3378.672 | 5898.816 |
| P6 | 1325.808 | 1326.732 | 2950.992 | 3980.196 |
| P7 | 611.226 | 1485 | 1207.899 | 10580.63 |
| P8 | 2071.575 | 1655.808 | 4343.625 | 5898.816 |

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{9652.125 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 222^2} = 2.176$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 2.176}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= 0.00569 \\ \rho \text{ pakai} &= 0.00569 \\ AS_{perlu} &= \rho b d = 0.00569 \times 1000 \times 222 = 1264.237 \text{ mm}^2 \\ S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{AS_{perlu}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1264.237} \\ &= 159.0381413 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-130.

Tabel 10.34 Penulangan Arah X

| Tipe | M maksimum | Rn | p | p pakai | As | S | S pakai |
|------|------------|-------|---------|---------|----------|----------|-----------------|
| | kgm | | | | | | mm ² |
| P1 | 9652.5 | 2.176 | 0.00569 | 0.006 | 1264.237 | 159.0381 | 130 |
| P2 | 7287.225 | 1.643 | 0.004 | 0.004 | 943.248 | 213.1591 | 130 |
| P3 | 6270 | 1.414 | 0.004 | 0.004 | 807.576 | 248.9698 | 130 |
| P4 | 3549.744 | 0.800 | 0.002 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 130 |
| P5 | 3378.672 | 0.762 | 0.002 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 130 |
| P6 | 2950.992 | 0.665 | 0.002 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 130 |
| P7 | 1207.899 | 0.272 | 0.001 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 130 |
| P8 | 4343.625 | 0.979 | 0.002 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 130 |

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} = \frac{9652.125 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 206^2} = 2.527$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 2.527}{400}} \right)\end{aligned}$$

$$\rho = 0.007$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.007$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0.007 \times 1000 \times 206 = 1373.392 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{AS_{perlu}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1373.392} \\ &= 146.3980539 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-130

Tabel 10.35 Penulangan Arah Y

| Tipe | M maksimum | Rn | ρ | ρ pakai | As | S | S pakai |
|------|------------|-------|-------|---------|-----------------|----------|---------|
| | kgm | | | | mm ² | mm | mm |
| P1 | 9652.5 | 2.527 | 0.007 | 0.007 | 1373.392 | 146.3981 | 130 |
| P2 | 10580.625 | 2.770 | 0.007 | 0.007 | 1514.001 | 132.8017 | 130 |
| P3 | 10580.625 | 2.770 | 0.007 | 0.007 | 1514.001 | 132.8017 | 130 |
| P4 | 10580.625 | 2.770 | 0.007 | 0.007 | 1514.001 | 132.8017 | 130 |
| P5 | 5898.816 | 1.544 | 0.004 | 0.004 | 821.086 | 244.8732 | 130 |
| P6 | 3980.196 | 1.042 | 0.003 | 0.003 | 705.193 | 285.1163 | 130 |
| P7 | 10580.625 | 2.770 | 0.007 | 0.007 | 1514.001 | 132.8017 | 130 |
| P8 | 5898.816 | 1.544 | 0.004 | 0.004 | 821.086 | 244.8732 | 130 |

- Akibat beban parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat *basement* akibat parkir ini menggunakan SNI 1727-2013.

Beban Mati

$$\text{Berat beton } (0.3 \times 2400) = 720 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi 2 cm} = 42 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total} = 762 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$\text{Lantai} = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total } (q_L) = 800 \text{ kg/m}^2$$

Beban Berfaktor

$$q_u = 1.2 \times q_D + 1.6 \times q_L = 1.2 \times (762) + 1.6 \times (800) \\ = 2194.4 \text{ kg/m}^2$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2194.4 \cdot 7.5^2 \cdot 21 \\ = 2592.135 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2194.4 \cdot 7.5^2 \cdot 21 \\ = -2592.135 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2194.4 \cdot 7.5^2 \cdot 52 \\ = 6418.62 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2194.4 \cdot 7.5^2 \cdot 52 \\ = -6418.62 \text{ kgm}$$

Tabel 10.36 Hasil Rekapitulasi Momen Arah X dan Y

| Tipe | Mlx (+) | Mly (+) | Mtx (-) | Mly (-) |
|------|----------|----------|----------|----------|
| | kgm | kgm | kgm | kgm |
| P1 | 2592.135 | 2592.135 | 6418.62 | 6418.62 |
| P2 | 2256.94 | 2221.83 | 4845.784 | 7035.795 |
| P3 | 1974.96 | 2098.395 | 4169.36 | 7035.795 |
| P4 | 1166.016 | 1357.785 | 2360.472 | 7035.795 |
| P5 | 1052.259 | 1101.062 | 2246.714 | 3922.534 |
| P6 | 881.6221 | 882.2366 | 1962.32 | 2646.71 |
| P7 | 406.4468 | 987.48 | 803.2162 | 7035.795 |
| sP8 | 1377.535 | 1101.062 | 2888.379 | 3922.534 |

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} = \frac{6418.62 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 222^2} = 1.447$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 1.447}{400}} \right)$$

$$\rho = 0.00373$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00395$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho b d = 0.00395 \times 1000 \times 222 = 827.312 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{S\text{perlu}}}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{827.312}$$

$$= 243.0304498 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-240

Tabel 10.37 Penulangan Arah X

| Tipe | M maksimum | Rn | p | p pakai | As | S | S pakai |
|------|------------|-------|---------|---------|---------|----------|---------|
| | kgm | | | | mm2 | mm | mm |
| P1 | 6418.620 | 1.447 | 0.00373 | 0.004 | 827.312 | 243.0304 | 240 |
| P2 | 4845.784 | 1.092 | 0.003 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |
| P3 | 4169.360 | 0.940 | 0.002 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |
| P4 | 2360.472 | 0.532 | 0.001 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |

| | | | | | | | |
|----|----------|-------|-------|-------|---------|----------|-----|
| P5 | 2246.714 | 0.507 | 0.001 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |
| P6 | 1962.320 | 0.442 | 0.001 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |
| P7 | 803.216 | 0.181 | 0.000 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |
| P8 | 2888.379 | 0.651 | 0.002 | 0.003 | 759.965 | 264.5673 | 240 |

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{6418.62 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 206^2} = 1.681$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.765} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.765 \times 1.681}{400}} \right)$$

$$\rho = 0.004$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.004$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0.004 \times 1000 \times 206 = 767.686 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{Sperlu}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{767.686}$$

$$= 261.9066012 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-240

Tabel 10.38 Penulangan Arah Y

| Tipe | M maksimum | R _n | ρ | ρ pakai | As | S | S pakai |
|------|------------|----------------|-------|---------|-----------------|----------|---------|
| | kgm | | | | mm ² | mm | mm |
| P1 | 6418.620 | 1.681 | 0.004 | 0.004 | 767.686 | 261.9066 | 240 |
| P2 | 7035.795 | 1.842 | 0.005 | 0.005 | 705.193 | 285.1163 | 240 |
| P3 | 7035.795 | 1.842 | 0.005 | 0.005 | 705.193 | 285.1163 | 240 |
| P4 | 7035.795 | 1.842 | 0.005 | 0.005 | 705.193 | 285.1163 | 240 |
| P5 | 3922.534 | 1.027 | 0.003 | 0.004 | 705.193 | 285.1163 | 240 |
| P6 | 2646.710 | 0.693 | 0.002 | 0.004 | 705.193 | 285.1163 | 240 |
| P7 | 7035.795 | 1.842 | 0.005 | 0.005 | 705.193 | 285.1163 | 240 |
| P8 | 3922.534 | 1.027 | 0.003 | 0.004 | 705.193 | 285.1163 | 240 |

BAB XI PENUTUP

11.1 Resume

Berdasarkan hasil analisa perhitungan struktur gedung yang telah direncanakan sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hasil perencanaan sebagai, berikut:

1. Sesuai perhitungan yang mengacu pada peraturan RSNI 2847:2018, diperoleh dimensi untuk struktur sekunder, prmer, dan struktur bawah

Tabel 11.1 Dimensi Struktur Sekunder

| Struktur Sekunder | | | | |
|-------------------|-----------------|--------------|---------|--------|
| Elemen | Tipe | Kondisi | Dimensi | Satuan |
| Plat | Lantai dan Atap | Pracetak | 15 | cm |
| Balok Anak | BA 1 | Pracetak | 40/35 | cm |
| | | komposit | 40/50 | cm |
| | BA 2 | Pracetak | 30/35 | cm |
| | | komposit | 30/50 | cm |
| | BA 3 | Pracetak | 30/35 | cm |
| | | komposit | 30/50 | cm |
| | BA 4 | Pracetak | 30/35 | cm |
| | | komposit | 30/50 | cm |
| | BA 5 | Pracetak | 30/35 | cm |
| | | komposit | 30/50 | cm |
| | BA 6 | Pracetak | 30/35 | cm |
| | | komposit | 30/50 | cm |
| Tangga | Plat tangga | Cast in situ | 15 | cm |
| | Plat Bordes | | 15 | cm |

Tabel 11.2 Dimensi Struktur Primer

| Struktur Primer | | | | |
|-----------------|------|----------|---------|--------|
| Elemen | Tipe | Kondisi | Dimensi | Satuan |
| Balok Induk | BI 1 | Pracetak | 50/55 | cm |
| | | komposit | 50/70 | cm |
| | BI 2 | Pracetak | 40/45 | cm |
| | | komposit | 40/60 | cm |
| | BI 3 | Pracetak | 40/45 | cm |
| | | komposit | 40/60 | cm |
| | BI 4 | Pracetak | 40/45 | cm |
| | | komposit | 40/60 | cm |
| | BI 5 | Pracetak | 40/45 | cm |

| | | | | |
|------------|----------------------------|--------------|-------|----|
| | BI 6 | komposit | 40/60 | cm |
| | | Pracetak | 40/45 | cm |
| | BI 7 | komposit | 40/60 | cm |
| | | Pracetak | 40/55 | cm |
| | BI 8 | komposit | 40/70 | cm |
| | | Pracetak | 40/55 | cm |
| Kolom | K1 K2 K3 K4 K5 | Cast in Situ | 50/50 | cm |
| | | | 50/50 | cm |
| | | | 55/55 | cm |
| | | | 60/60 | cm |
| | | | 70/70 | cm |
| Shear Wall | SW 1 | Cast in Situ | 50 | cm |
| | SW 2 | | 50 | cm |

Tabel 11.3 Dimensi Struktur Bawah

| Struktur Bawah | | | | |
|----------------|----------|--------------|------------------|--------|
| Elemen | Tipe | Kondisi | Dimensi | Satuan |
| Spun Pile | Tipikal | Diameter | 60 | cm |
| | | Kedalaman | 20 | m |
| Pile Cap | Tipe 1 | Cast in Situ | 2.7 x 2.7 x 1.5 | m |
| | Tipe 2 | Cast in situ | 9.8 x 12.4 x 1.5 | m |
| Balok Sloof | Tipikal | Cast in situ | 40/60 | cm |
| Plat | Basement | Cast in situ | 30 | cm |
| Dinding | Basement | Cast in situ | 30 | cm |

2. Dalam proses analisa struktur gedung Isabell Tower Bekasi Jawa Barat, menggunakan program bantu ETABS 2013. Data data untuk perhitungan respon spektrum diambil dari puskim.pu.go.id untuk wilayah gempa Grand Kamala Lagoon, Bekasi dan analisa perhitungan beban gempa mengacu pada RSNI 1726:201X

3. Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727:2013. Beban yang dimasukkan ke dalam permodelan struktur merupakan, beban mati tambahan, hidup, dan beban gempa
4. Sistem sambungan pada elemen balok dan kolom dan balok induk dengan balok anak menggunakan produk dari Peikko Group, yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Coupler. Untuk sambungan balok induk dan balok anak setelah dilakukan sambungan akan digrouting dengan produk SS mortar
5. Balok induk, balok anak, serta plat direncanakan menggunakan elemen pracetak, sedangkan kolom, dinding geser, tangga, plat basement, dan pile cap direncanakan menggunakan beton cast in situ untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi dan mempersingkat waktu pelaksanaan
6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pilecap berdasarkan metode tegangan desain
7. Hasil analisa stuktur yang telah direncanakan pada Gedung Isabella Tower akan dituangkan pada gambar teknik dengan menggunakan program bantu AutoCad 2016, yang akan dilampirkan

11.2 Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan laporan tugas akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis, yakni sebagai berikut:

1. Perencanaan menggunakan metode beton pracetak untuk elemen balok dan kolom, maupun balok dengan balok menggunakan sambungan Modix Rebar Coupler.

Hal tersebut dapat mempersingkat waktu, namun perlu adanya pertimbangan mengenai biaya yang akan dikeluarkan

2. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, konsep mengenai desain sambungan dan metode pelaksanaan yang akan diterapkan sangatlah penting. Hal tersebut dikarenakan dengan sambungan merupakan penyalur gaya gaya yang menjaga integritas suatu struktur bangunan
3. Pada saat ereksi dan instalasi sambungan elemen pracetak, perlu adanya pengawasan yang baik dan berkelanjutan. Saat proses ereksi, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, akan ada kemungkinan terjadi kegagalan struktur elemen akibat gaya tak terduga
4. Pada perencanaan bangunan harus dipertimbangkan terkait kemudahan dalam proses pengaplikasian di lapangan, sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar, dan sesuai dengan perencanaan

DAFTAR PUSTAKA

- Asamoah, Richard Oduro., John Solomon Ankrach., Kofi Offel-Nyako., & Ernest Osel Tutu. 2016. "Cost Analysis of Precast and Cast In Place Concrete Construction for Selected Public Buildings in Ghana". **Journal of Construction Engineering**
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 1726-201X: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Jakarta. **Badan Standarisasi Nasional.**
- Badan Standarisasi Nasional. 2018. RSNI 2847-2018: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta. **Badan Standarisasi Nasional.**
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta. **Badan Standarisasi Nasional**
- Hollow Core Slab.* Brosur PT. Beton Elemenindo Perkasa. Business Park Kebon Jeruk, Jakarta Barat.
- Hollow Core Slab Detailing Manual.* Hollow Core Concrete PTY LTD. Lavaerton North, Australia
- C, Stephen. 2013. "Hollow Core manufacture and Factory Design". **The Indian Concrete Journal.**
- Consolis Betonika. 2008. Installation Recommendation for Precast Concrete Hollow Core Production
- El-Arab, Islam M. Ezz. 2017. "Web Shear Strengthening Technique of Deep Precast Prestressed Hollow Core Slabs Under Truck Loads". **Journal of Building Construction and Planning Research.**

- Hassan, Tarek., Lucier Gregory., Rizkalla, Sami., & Zia, Paul. 2007. "Modelling of L-Shaped, Precast, Prestressed Concrete Spandrels". **PCI Journal**
- Hermawan, A. Rudi. & SM, Eka. 2013. "Analisis Sambungan Balok Precast Sederhana dengan Sistem Double Lapsplices Middle Wet Joint di Momen Maksimum". **Jurnal Politeknologi Vol. 12.**
- Imran, Iswandi & Hanafiah, Kamaludin. 1998. "Perilaku Sambungan Antara Elemen Beton Pracetak pada Rangka Balok Kolom Terhadap Beban Lateral Siklik". **Jurnal Sipil Vol. 3 No. 4**
- Jose, Vidya & Kumar, Dr. P. Rajeev Kumar. 2014. "Hollow Core Slabs in Industry". **International Journal off Innovative Research in Science Engineering, and Technology.**
- Joshi, Manoj K., Murty, C.V.R., & Jaisingh, M.P. 2005. "Cyclic Behaviour of Precast RC Concrete". **The Indian Concrete Journal**
- L, Mamatha., S, Vijaya G., & L, Er. Kirankumar K.L. 2016. "Seismic Analysis of R.C Dual Frame Systems with and Without Floating Columns". **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).**
- Lanu, Matti. 1995. "Testing Fibre Reinforced Concrete in An Inverted T-Beam". **Mechanics Journal Vol. 28.**
- Lunn, Dillon., Lucier, Gregory., Rizkalla, Sami., Cleland, Ned., & Gleich, Harry. 2015. "New Generation of Precast Concrete Double Tees Reinforced with Carbon Fiber Reinforced Polymer Grid". **PCI Journal**

- Lucier, Gregory., Rizkalla, Sami., Zia, Paul., & Klein, Gary. 2013. "Precast Concrete, L Shaped Spandrels Revisited: Full Scale Tests". **PCI Journal**
- Mejia-McMaster and Robert Park. 1994. "Precast Concrete Hollow Core Floor Unit Support and Continuity". **Reserach Report**
- Noorhidana, Vera A. & Syahland, Suirna Juarnisa. 2009. "Kajian Eksperimental Pengaruh Bentuk Penampang Balok terhadap Beban Maksimum dan Kekakuan Balok Beton Bertulang". **Jurnal Sipil dan Perencanaan Vol. 13**
- Nurjannah, Siti Aisyah. 2011. "Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi serta Ramah Lingkungan". **Prosiding Seminar Nasional.**
- Pahwa, Sumit., Devkinandan Prajapati., Utkarsh Jain. 2017. "A Study of 30-Storey Dual System Building with Different Soil Conditions". **International Journal of Engineering Research and Application, Vol 7**
- Pajari, Matti. 2009. "Web Shear Failure in Prestressed Hollow Core Slabs". **Journal of Structural Mechanics. Vol 42**
- Tjahjono, Elly., & Purnomo, Heru. 2004. "Pengaruh Penempatan Penyambung pada Perilaku Rangkaian Balok Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar". **Makara Teknologi Vol 8 No.3**
- Tjakra, Candy Happy Najooan Jermias & Pratasis, Pingkan A. K. 2016. "Analisis Metode Pelaksanaan Plat Precast

dengan Plat Konvensional Ditinjau dari Waktu dan Biaya”. **Jurnal Sipil Statik Vol. 4**

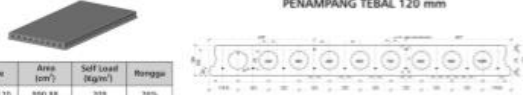
- Tomlinson, M.J. 1994. **Pile Design and Construction Practice Fourth Edition**. An Imprint of Chapman and Hall.
- Schwetz, P. F., Gastal, F. P. S. L., & Silva, L. C. P. 2009. “Numerical and Experimental Study of a Real Scale Waffle Slab”. **Ibracon Structures and Materials Journal**.
- Simasathiem, S. & Chao, S. 2015. “Shear Strength of Steel Fiber Reinforced Deep Hollow Core Slabs”. **PCI Journal**
- Suherman, Jojon. 2011. “Penggunaan Block Set Connection (BSC) pada Sambungan Elemen Beton Precast”. **Teknologi dan Kejuruan, Vol 34 No.2**
- Susanto, Vincentius Felis, Faimun, Tavio. 2018. “Desain Modifikasi Apartemen One East dengan Menggunakan Precast Dual System Sesuai dengan Peraturan ACI 318M-14”. **Jurnal Teknik ITS Vol. 7**
- Yadav, Neetu B & Shah, Rushabh A. 2013.”Precast Technology: An Initial Step to Sustainable Development”. **International Journal for Scientific Research and Development Vol. 1 Issue 7**.

LAMPIRAN

Halaman ini Sengaja Dikosongkan


SPEKIFIKASI UKURAN DAN TIPE PLAT BETON BERONGGA PRATEGANG PRACETAK (HCS)

PENAMPANG TEBAL 120 mm




| Type | Area (cm ²) | Self Load (kg/m) | Berongga |
|---------|-------------------------|------------------|----------|
| HCS 120 | 950,88 | 203 | 25% |

PENAMPANG TEBAL 150 mm




| Type | Area (cm ²) | Self Load (kg/m) | Berongga |
|---------|-------------------------|------------------|----------|
| HCS 150 | 1.117,18 | 247 | 35,00% |

PENAMPANG TEBAL 200 mm



| Type | Area (cm ²) | Self Load (kg/m) | Berongga |
|---------|-------------------------|------------------|----------|
| HCS 200 | 1.323,68 | 295 | 42,00% |

PENAMPANG TEBAL 250 mm



| Type | Area (cm ²) | Self Load (kg/m) | Berongga |
|---------|-------------------------|------------------|----------|
| HCS 250 | 1.530,18 | 396 | 46,70% |



- 1. Shear Connector**
Untuk HCS dengan panjang lebih dari 3 meter, lubang paku disediakan besar D10 sebagai lubang shear connector
- 2. Alternatif HCS Dengan Topping**



PERMUKAAN ATAS

Permukaan atas HCS dapat langsung dipangkas.



PEMASANGAN BERSIH DARI PERANCAH

Pemasangan bersih dari perancah atau scaffolding, sehingga lantai sudah digunakan sebagai lantai kerja.

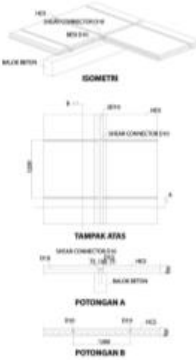


PERMUKAAN BAWAH

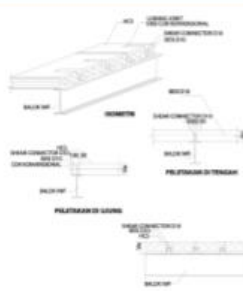
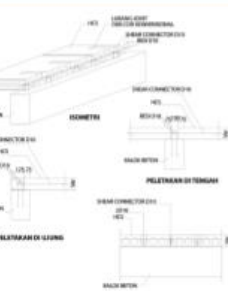
Permukaan pelat bagian bawah terpasang dan dapat langsung dipangkas sebelum selesai pekerjaan akhir beton.

SPEKIFIKASI KONSTRUKSI PEMASANGAN PLAT BETON BERONGGA PRATEGANG PRACETAK (HCS)

Peletakan HCS Pada Struktur Beton

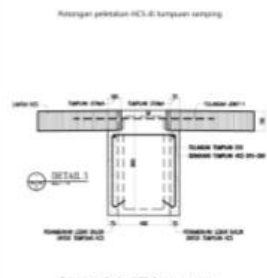
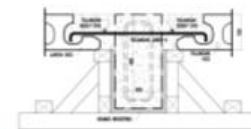
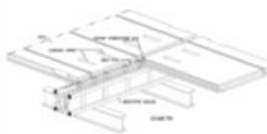


Peletakan HCS Pada Struktur Baja



Peletakan HCS Pada Bekisting Beton

- Urutannya peletakan HCS pada bekisting struktur lantai adalah:
1. Riser ke floor slab, tidak bertumpang oleh beton HCS.
 2. Lantai lebih awal karena floor bertumpang dengan bekisting struktur.
 3. Lantai akhir karena pengap struktur dan lantai baru setelah bertumpang.



Peletakan HCS di tumpukan samping

Peletakan HCS di tumpukan atas

| LOAD CAPACITY OF HCS (kg/m ²) Without Topping | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|------|
| Tipe B&A | DAYA DUKUNG MAKSIMAL (kg/m ²) (Netto, setelah dikurangi berat sendiri) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bentang (m) | 4,00 | 4,25 | 4,50 | 4,75 | 5,00 | 5,25 | 5,50 | 5,75 | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 | 7,00 | 7,25 | 7,50 | 7,75 | 8,00 |
| 120.05.12 | 590,00 | 500,00 | 420,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120.05.14 | 690,00 | 585,00 | 500,00 | 425,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 120.05.16 | 790,00 | 675,00 | 575,00 | 495,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 150.05.12 | 905,00 | 775,00 | 665,00 | 570,00 | 490,00 | 425,00 | | | | | | | | | | | | |
| 150.05.14 | 1.040,00 | 895,00 | 770,00 | 670,00 | 580,00 | 500,00 | 435,00 | 375,00 | | | | | | | | | | |
| 150.05.16 | 1.180,00 | 1.015,00 | 880,00 | 765,00 | 665,00 | 580,00 | 510,00 | 445,00 | 385,00 | 340,00 | | | | | | | | |
| 150.07.12 | 1.530,00 | 1.330,00 | 1.160,00 | 1.015,00 | 890,00 | 785,00 | 695,00 | 615,00 | 545,00 | 480,00 | 425,00 | 380,00 | | | | | | |
| 150.07.14 | 1.800,00 | 1.565,00 | 1.370,00 | 1.205,00 | 1.060,00 | 940,00 | 835,00 | 731,66 | 643,00 | 569,74 | 506,49 | 452,28 | 405,53 | 365,01 | | | | |
| 200.05.12 | 1.470,00 | 1.270,00 | 1.100,00 | 960,00 | 840,00 | 735,00 | 645,00 | 565,00 | 495,00 | 435,00 | 380,00 | 330,00 | | | | | | |
| 200.05.14 | 1.670,00 | 1.445,00 | 1.255,00 | 1.100,00 | 965,00 | 850,00 | 745,00 | 660,00 | 580,00 | 515,00 | 455,00 | 400,00 | 350,00 | | | | | |
| 200.05.16 | 1.865,00 | 1.620,00 | 1.415,00 | 1.240,00 | 1.090,00 | 960,00 | 850,00 | 755,00 | 670,00 | 595,00 | 530,00 | 470,00 | 415,00 | 370,00 | 325,00 | | | |
| 200.07.12 | 2.370,00 | 2.065,00 | 1.810,00 | 1.595,00 | 1.415,00 | 1.255,00 | 1.120,00 | 1.000,00 | 895,00 | 800,00 | 720,00 | 645,00 | 580,00 | 520,00 | 470,00 | 420,00 | 375,00 | |
| 200.07.14 | 2.755,00 | 2.410,00 | 2.120,00 | 1.870,00 | 1.660,00 | 1.480,00 | 1.325,00 | 1.185,00 | 1.065,00 | 960,00 | 865,00 | 780,00 | 705,00 | 640,00 | 580,00 | 525,00 | 475,00 | |
| 200.07.16 | 3.145,00 | 2.790,00 | 2.425,00 | 2.145,00 | 1.910,00 | 1.705,00 | 1.525,00 | 1.375,00 | 1.235,00 | 1.120,00 | 1.010,00 | 915,00 | 835,00 | 755,00 | 690,00 | 625,00 | 570,00 | |
| 250.07.12 | 3.240,00 | 2.830,00 | 2.490,00 | 2.200,00 | 1.955,00 | 1.745,00 | 1.560,00 | 1.400,00 | 1.255,00 | 1.135,00 | 1.025,00 | 925,00 | 835,00 | 755,00 | 685,00 | 620,00 | 565,00 | |
| 250.07.14 | 3.740,00 | 3.275,00 | 2.885,00 | 2.555,00 | 2.275,00 | 2.035,00 | 1.825,00 | 1.640,00 | 1.480,00 | 1.340,00 | 1.215,00 | 1.100,00 | 1.000,00 | 910,00 | 830,00 | 755,00 | 690,00 | |
| 250.07.16 | 4.245,00 | 3.720,00 | 3.285,00 | 2.915,00 | 2.595,00 | 2.325,00 | 2.090,00 | 1.885,00 | 1.705,00 | 1.545,00 | 1.405,00 | 1.275,00 | 1.165,00 | 1.065,00 | 970,00 | 890,00 | 815,00 | |


t = tebal pelat (mm); d = diameter PC - WIRE (mm); n = jumlah PC - WIRE

| LOAD CAPACITY OF HCS (kg/m ²) With Topping = 50,00 mm + Wire Mesh M5-150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|------|
| Tipe B&A | DAYA DUKUNG MAKSIMAL (kg/m ²) (Netto, setelah dikurangi berat sendiri) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bentang (m) | 4,00 | 4,25 | 4,50 | 4,75 | 5,00 | 5,25 | 5,50 | 5,75 | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 | 7,00 | 7,25 | 7,50 | 7,75 | 8,00 |
| 120.05.12 | 831,70 | 675,40 | 544,41 | 433,56 | 338,92 | | | | | | | | | | | | | |
| 120.05.14 | 999,10 | 823,68 | 676,68 | 522,27 | 446,05 | 354,64 | | | | | | | | | | | | |
| 120.05.16 | 1.166,49 | 971,96 | 808,94 | 670,98 | 553,18 | 451,82 | 363,95 | | | | | | | | | | | |
| 150.05.12 | 1.220,89 | 1.022,24 | 855,78 | 714,90 | 594,61 | 491,10 | 401,38 | 323,11 | | | | | | | | | | |
| 150.05.14 | 1.426,92 | 1.204,75 | 1.018,56 | 861,00 | 726,47 | 610,70 | 510,36 | 422,81 | 345,98 | | | | | | | | | |
| 150.05.16 | 1.632,95 | 1.387,25 | 1.181,35 | 1.007,10 | 858,33 | 730,30 | 619,33 | 522,52 | 437,55 | 362,57 | | | | | | | | |
| 150.07.12 | 2.165,03 | 1.858,57 | 1.601,76 | 1.384,42 | 1.198,86 | 1.039,17 | 900,76 | 780,01 | 674,03 | 580,51 | 497,58 | 423,69 | | | | | | |
| 150.07.14 | 2.568,84 | 2.216,28 | 1.920,83 | 1.670,78 | 1.457,3 | 1.273,59 | 1.114,35 | 975,43 | 853,50 | 745,92 | 650,5 | 565,50 | 489,43 | 421,10 | 359,49 | | | |
| 200.05.12 | 1.880,67 | 1.605,75 | 1.375,37 | 1.180,4 | 1.013,93 | 870,67 | 746,51 | 638,18 | 543,11 | 459,22 | 384,82 | 318,53 | | | | | | |
| 200.05.14 | 2.150,64 | 1.844,89 | 1.588,68 | 1.371,84 | 1.186,71 | 1.027,39 | 889,3 | 768,82 | 663,09 | 569,79 | 487,05 | 413,33 | 347,37 | | | | | |
| 200.05.16 | 2.420,6 | 2.084,30 | 1.081,98 | 1.563,28 | 1.359,49 | 1.184,10 | 1.032,09 | 899,47 | 783,03 | 680,37 | 589,29 | 508,14 | 435,52 | 370,29 | 311,47 | | | |
| 200.07.12 | 3.112,45 | 2.696,88 | 2.348,63 | 2.053,90 | 1.802,27 | 1.585,72 | 1.398,02 | 1.234,28 | 1.090,56 | 963,75 | 851,29 | 751,09 | 661,43 | 580,89 | 508,26 | 442,55 | 382,91 | |
| 200.07.14 | 3.641,58 | 3.165,59 | 2.766,71 | 2.429,13 | 2.140,91 | 1.892,88 | 1.677,9 | 1.490,34 | 1.325,73 | 1.180,48 | 1.051,67 | 936,90 | 834,21 | 742,95 | 658,77 | 583,51 | 515,19 | |
| 200.07.16 | 4.053,03 | 3.590,23 | 3.184,79 | 2.804,36 | 2.479,56 | 2.200,04 | 1.957,77 | 1.746,40 | 1.560,90 | 1.397,22 | 1.252,05 | 1.122,71 | 1.006,99 | 903,02 | 809,28 | 724,46 | 647,47 | |
| 250.07.12 | 4.087,93 | 3.557,85 | 3.113,63 | 2.737,68 | 2.416,71 | 2.140,49 | 1.901,07 | 1.692,20 | 1.508,89 | 1.347,13 | 1.203,67 | 1.075,86 | 961,49 | 858,76 | 766,12 | 682,30 | 606,22 | |
| 250.07.14 | 4.741,06 | 4.136,40 | 3.629,68 | 3.200,84 | 2.834,71 | 2.519,63 | 2.246,53 | 2.008,27 | 1.799,16 | 1.614,65 | 1.451,01 | 1.305,22 | 1.174,76 | 1.057,57 | 951,90 | 856,29 | 769,50 | |
| 250.07.16 | 5.394,19 | 4.714,95 | 4.145,73 | 3.664,00 | 3.252,71 | 2.898,77 | 2.591,98 | 2.324,34 | 2.089,44 | 1.882,17 | 1.698,35 | 1.534,57 | 1.388,03 | 1.256,38 | 1.137,68 | 1.030,27 | 932,78 | |

t = tebal pelat (mm); d = diameter PC - WIRE (mm); n = jumlah PC - WIRE

About JENKA Lifting System

The safe working load (SWL) capacities are based on specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting the insert, take note of the selection assumptions in this manual.

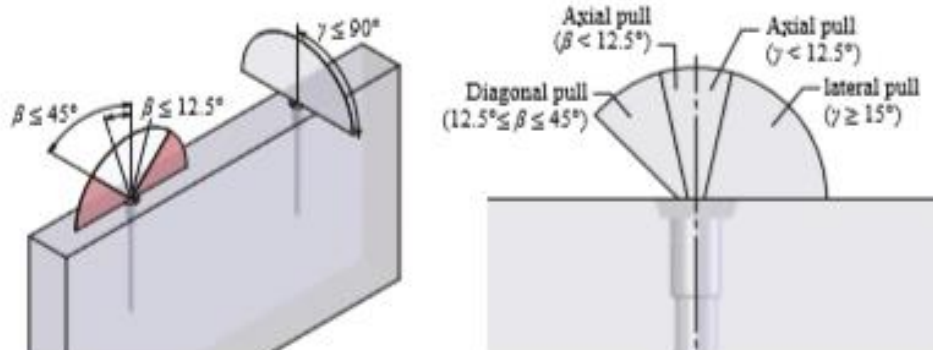
The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15MPa.  Min 15MPa

The safe working loads (SWL) of JENKA Long Inserts are shown in Table 6. Take care to select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 10 illustrates the load directions related to this table.

Table 6. Safe working load (SWL) for JENKA Long Inserts.

| Item No. JRD/JM | Load Class | SRA, WAL, TF, ESA, CSA, SWL for β of 0-45° [kN] | SRA, WAL, TF SWL for γ of 90° [kN] | SRASW SWL for β 0-30° [kN] |
|--------------------|------------|---|---|--|
| 12 | 500 | 5 | 2.5 | |
| 14 | 800 | 8 | 4 | |
| 16 | 1200 | 12 | 6 | |
| 18 | 1600 | 16 | 8 | |
| 20 | 2000 | 20 | 10 | 20 |
| 24 | 2500 | 25 | 12.5 | 25 |
| 30 | 4000 | 40 | 20 | 40 |
| 36 | 6300 | 63 | 31.5 | 63 |
| 42 | 8000 | 80 | 40 | 80 |
| 52 | 12500 | 125 | 62.5 | 125 |

Figure 10. Load directions for JENKA Long Inserts.



PLEASE NOTE:

Diagonal pull between 12.5° and 45° and lateral pull resulting from tilting up is only permitted with additional reinforcement according to the following section.

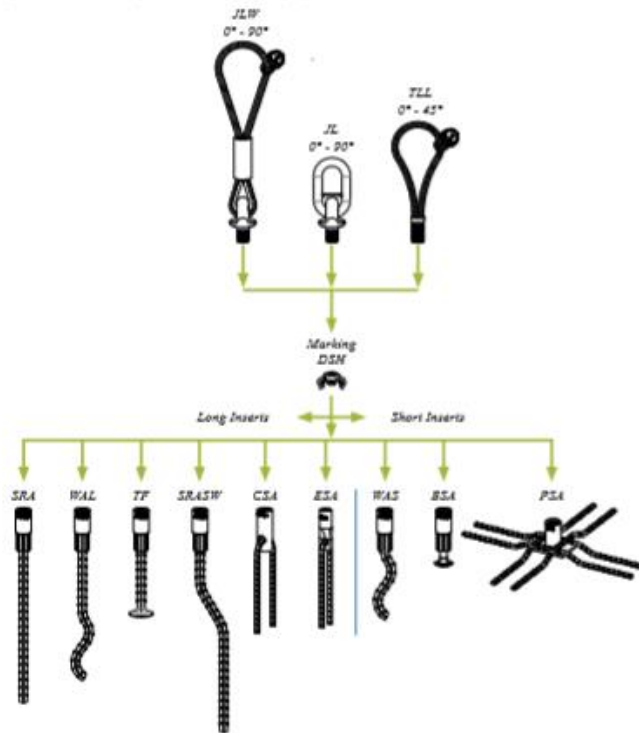
About JENKA Lifting System

1.3.3 Instruction for use of JENKA Lifting Keys

When JENKA Lifting Systems are used, this manual, including the instructions for safe use, must be available at all times. Before using any of these Peikko products on building sites, the contractor must ensure that the instructions are available and have been read, understood, and followed. Misuse, misapplication, or lack of proper supervision and/or inspection can result in serious accidents.

The safe use of any lifting system requires the JENKA Lifting Key and the insert to fit properly together. The Peikko JENKA Lifting System has a color code (TL and JLW) or a marking (JL) that defines which JENKA Lifting Key fits which insert. All original JENKA Lifting Keys can be used with all inserts without limitation as illustrated in Figure 26. The permitted load directions must be followed.

Figure 26. Combination of inserts with JENKA Lifting Keys.



About JENKA Lifting System

1.3 JENKA Lifting keys

1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions. JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length h upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

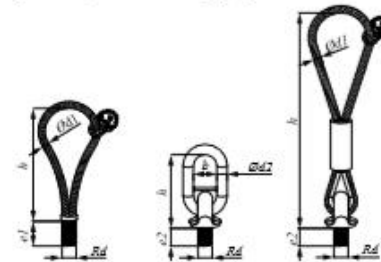


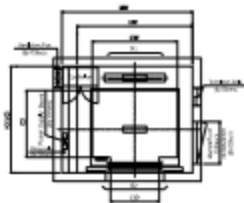
Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

| Item No. JW6/JW | Dimensions | | | | | | TLL | JL | JLW | TLL, JL, JLW SWL for β 0-45° | JL, JLW SWL for β of 90° |
|--------------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|--------------------------------------|
| | Rd/M [mm] | Ød1 [mm] | Ød2 [mm] | r1 [mm] | r2 [mm] | S [mm] | k [mm] | k [mm] | k [mm] | [kN] | [kN] |
| 12 | 12 | 6 | 13 | 22 | 19 | 50 | 133 | 137 | 205 | 5 | 2.5 |
| 14 | 14 | 7 | 13 | 25 | 21 | 50 | 130 | 137 | 320 | 8 | 4.0 |
| 16 | 16 | 8 | 13 | 27 | 24 | 50 | 138 | 137 | 335 | 12 | 6.0 |
| 18 | 18 | 9 | 16 | 34 | 27 | 50 | 156 | 146 | 370 | 16 | 8.0 |
| 20 | 20 | 10 | 16 | 35 | 29 | 50 | 180 | 146 | 385 | 20 | 10.0 |
| 24 | 24 | 12 | 16 | 43 | 35 | 50 | 212 | 146 | 410 | 25 | 12.5 |
| 30 | 30 | 16 | 22 | 55 | 43 | 50 | 245 | 155 | 475 | 40 | 20.0 |
| 36 | 36 | 18 | 22 | 67 | 52 | 50 | 293 | 155 | 525 | 63 | 31.5 |
| 42 | 42 | 20 | 26 | 75 | 60 | 65 | 350 | 192 | 615 | 80 | 40.0 |
| 52 | 52 | 26 | 26 | 95 | 73 | 65 | 435 | 192 | 710 | 125 | 62.5 |

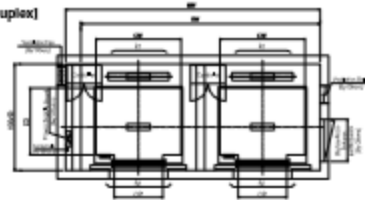
Technical Data

Hotway & Machine Room Plan

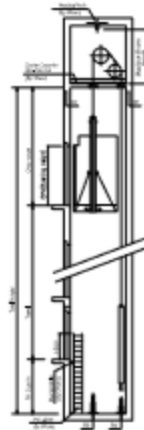
[Simplex]



[Duplex]



Hotway Section



Overhead, Pit & Machine Room Height

| Application Regulator (ORA) | Speed (m/s) | Load (kg) | Travel (mm) | Overhead (mm) | Pit Depth (mm) | Machine Room H | Required Hoist Strength (kg) |
|-----------------------------|-------------|-----------|---------------|---------------|----------------|----------------|------------------------------|
| Standard /IH | 1 | 450-3000 | Travel-100 | 4300 | 1900 | 2300 | 3000 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4300 | | | 4500 |
| | | 1120/1600 | 30-Travel-300 | 4620 | | | 3000 |
| | | 450-3000 | Travel-300 | 4400 | | | 4500 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4400 | | | 3000 |
| | | 1120/1600 | Travel-300 | 4400 | | | 4500 |
| | 1.5 | 450-3000 | Travel-300 | 4520 | 1950 | 2300 | 3000 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4520 | | | 4500 |
| | | 1120/1600 | 30-Travel-300 | 4850 | | | 3000 |
| | | 450-3000 | Travel-300 | 4520 | | | 4500 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4520 | | | 3000 |
| | | 1120/1600 | 30-Travel-300 | 4850 | | | 4500 |
| MS301 | 1 | 490-3005 | Travel-300 | 4300 | 1900 | 2400 | 3000 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4300 | | | 4500 |
| | | 1160/1365 | Travel-300 | 4300 | | | 3000 |
| | | 490-3005 | Travel-300 | 4420 | | | 4500 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4420 | | | 3000 |
| | | 1160/1365 | 30-Travel-300 | 4750 | | | 4500 |
| | 1.5 | 490-3005 | Travel-300 | 4520 | 1950 | 2400 | 3000 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4520 | | | 4500 |
| | | 1160/1365 | Travel-300 | 4520 | | | 3000 |
| | | 490-3005 | Travel-300 | 4520 | | | 4500 |
| | | 1350 | Travel-300 | 4520 | | | 3000 |
| | | 1160/1365 | 30-Travel-300 | 4850 | | | 4500 |
| Standard /IH | 7 | 800-3020 | Travel-330 | 5300 | 1900 | 2300 | 4500 |
| | 25 | 800-3020 | Travel-330 | 5300 | 2200 | 2300 | 4500 |

←←← SIGMA 003.00V

SIGMA

Technical Data

Layout Dimensions | Speed: 1.0 m/s

[Standard]

| Speed (m/s) | Capacity | | Opening Width (mm) | Car Size | | | | Hotway Size | | | | Machine Room Size | | | | Reaction Load | | | |
|-------------|----------|---------|--------------------|----------|------|---------|------|-------------|------|--------------|------|-------------------|------|------|------|---------------|-------|-------|------|
| | Person | Loading | | CM | CD | Simplex | | Duplex | | Machine Room | Pit | R1 | R2 | R3 | R4 | | | | |
| | | | | | | HW | HD | HW | HD | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 6 | 450 | 800 | 1900 | 850 | 1800 | 1500 | 1750 | 1200 | 1800 | 1500 | 1750 | 1200 | 1800 | 2000 | 2000 | 3000 | 3300 | |
| | 8 | 570 | 800 | 1900 | 1030 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 9 | 600 | 800 | 1900 | 1130 | 1800 | 1750 | 1750 | 1200 | 1800 | 1750 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 10 | 600 | 800 | 1900 | 1250 | 1800 | 1900 | 1750 | 1200 | 1800 | 1900 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 11 | 750 | 800 | 1900 | 1350 | 1800 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 4500 | 2800 | 5200 | 3700 | |
| | 13 | 900 | 800 | 1900 | 1550 | 2000 | 2000 | 1750 | 1200 | 2000 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 5000 | 3000 | 4300 | 4000 | |
| | 15 | 1000 | 800 | 1900 | 1600 | 2000 | 2150 | 1750 | 1200 | 2000 | 2150 | 1750 | 1200 | 1800 | 5000 | 3000 | 4000 | 4000 | |
| | 17 | 1150 | 1000 | 1800 | 1600 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 3200 | 4500 | 3700 | |
| | | | | 1100 | 2000 | 1350 | 2550 | 2000 | 5200 | 2050 | 2550 | 2000 | 5200 | 2050 | 2000 | 4000 | 4000 | 16000 | 7000 |
| | 20 | 1350 | 1000 | 1800 | 1700 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 4000 | 16000 | 7000 | |
| | 21 | 1600 | 1100 | 2000 | 1750 | 2550 | 2400 | 5200 | 2450 | 2550 | 2400 | 5200 | 2450 | 2000 | 4000 | 16000 | 8000 | | |

[EN Code]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 1.0 | 6 | 450 | 700 | 1150 | 1030 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 2000 | 2000 | 3000 | 3300 | |
| | 7 | 575 | 800 | 1900 | 1030 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 8 | 600 | 800 | 1900 | 1100 | 1800 | 1750 | 1750 | 1200 | 1800 | 1750 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 9 | 600 | 800 | 1900 | 1250 | 1800 | 1900 | 1750 | 1200 | 1800 | 1900 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 10 | 800 | 800 | 1900 | 1350 | 1800 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 4500 | 2800 | 5200 | 3700 | |
| | 11 | 1000 | 800 | 1900 | 1550 | 2000 | 2000 | 1750 | 1200 | 2000 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 5000 | 3000 | 4300 | 4000 | |
| | 15 | 1150 | 1000 | 1800 | 1600 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 3200 | 4500 | 3700 | |
| | | | | 1100 | 2000 | 1350 | 2550 | 2000 | 5200 | 2050 | 2550 | 2000 | 5200 | 2050 | 2000 | 4000 | 4000 | 16000 | 7000 |
| | 18 | 1350 | 1000 | 1800 | 1700 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 4000 | 16000 | 7000 | |
| | | | | 1100 | 2000 | 1350 | 2550 | 2300 | 5200 | 2350 | 2550 | 2300 | 5200 | 2350 | 2000 | 4000 | 16000 | 8000 | |

[Malaysia]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 1.0 | 6 | 410 | 800 | 1900 | 830 | 1800 | 1500 | 1750 | 1200 | 1800 | 1500 | 1750 | 1200 | 1800 | 2000 | 2000 | 3000 | 3300 | |
| | 8 | 545 | 800 | 1900 | 1030 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 1700 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 9 | 615 | 800 | 1900 | 1150 | 1800 | 1800 | 1750 | 1200 | 1800 | 1800 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 10 | 605 | 800 | 1900 | 1250 | 1800 | 1900 | 1750 | 1200 | 1800 | 1900 | 1750 | 1200 | 1800 | 4000 | 2500 | 4500 | 3300 | |
| | 11 | 750 | 800 | 1900 | 1350 | 1800 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 4500 | 2800 | 5200 | 3700 | |
| | 13 | 805 | 800 | 1900 | 1550 | 2000 | 2000 | 1750 | 1200 | 2000 | 2000 | 1750 | 1200 | 1800 | 5000 | 3000 | 4300 | 4000 | |
| | 15 | 1025 | 800 | 1900 | 1600 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 3000 | 4300 | 4000 | |
| | 17 | 1100 | 1000 | 1800 | 1600 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 2300 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 3000 | 4300 | 3700 | |
| | | | | 1100 | 2000 | 1350 | 2550 | 2000 | 5200 | 2050 | 2550 | 2000 | 5200 | 2050 | 2000 | 4000 | 4000 | 16000 | 7000 |
| | 20 | 1305 | 1000 | 1800 | 1750 | 2550 | 2400 | 1850 | 2300 | 2550 | 2400 | 1850 | 2300 | 2550 | 4000 | 4000 | 16000 | 7000 | |
| | 21 | 1625 | 1100 | 2000 | 1800 | 2550 | 2500 | 5200 | 2500 | 2550 | 2500 | 5200 | 2500 | 2000 | 4000 | 16000 | 8000 | | |

PC PILES

DESCRIPTION

| | |
|-------------------|---|
| Type of Piles | Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles |
| System of Joints | Welded at steel joint plate |
| Type of Shoe | Concrete Punch Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Spun Piles Mantis Shoe (Special Order) for PC Spun Pile |
| Method of Driving | Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile) |

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

| | | |
|---------------|---------------------------------------|--|
| Design | ACI 543R | Design, Manufacture and Installation of Concrete Piles Chapter 4 Structural design requirement for piles with no seismic loading In case pile is consider to seismic loading, piles detail should refer to ACI 543R Chapter 5) |
| Manufacturing | SNI 2847 - 2013 WB - 19D - PS - 16 | Indonesian Standard Code for Concrete Production Manufacturing Procedure |

MATERIAL SPECIFICATION

| ITEM | REFERENCE | DESCRIPTION | SPECIFICATION |
|-------------|------------------------------------|---|---|
| Aggregate | ASTM C 33 / C 136M 11a | Standard Specification for Concrete Aggregates | |
| Cement | SNI 2049 - 2015 | Portland Cement | Standard Product Type I Special Order : Type II or V |
| Admixture | ASTM C 494 / C 494M - 99a | Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete | Type F - High Range Water Reducing Admixture |
| Concrete | SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011 | Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample | |
| PC Strand | ASTM A 416 / A 416M - 99 | Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven Wire for Prestressed Concrete | Grade 270 (Low Relaxation Type) |
| PC Wire | IS G 3536 - 2014 | Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete | SWP1 (Deformed Wire Type) |
| PC Bar | IS G 3137 - 2008 | Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete | Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420 |
| Rebar | SNI 2052 - 2014 | Reinforcement Steel for Concrete | Steel Class : B15 40 (Deformed) Steel Class : B1P 24 (Round) SWM-P (Round) Types |
| Spiral Wire | IS G 3532 - 2011 | Low Carbon Steel Wires | Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric. |
| Joint Plate | IS G 3101 - 2004 | Rolled Steels for General Structure | SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars. |
| Welding | ANSI / AWS D1.1 - 900 | Structural Welding Code Steel | AWS A5.1/E6013 N8000 STEEL, RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent. |

March 2017

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f'_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 400 kg/cm³)

| Size (mm) | Thickness (mm) | Cm ² Section (cm ²) | Section Inertia (cm ⁴) | Unit Weight (kg/m) | Class | Bending Moment | | Allowable Compression (mm) | Displacement (mm) | Length of Pile ^{*)} (m) |
|-----------|----------------|--|------------------------------------|--------------------|-------|--------------------------|------------|----------------------------|-------------------|----------------------------------|
| | | | | | | Crack ^{*)} (mm) | Break (mm) | | | |
| 300 | 60 | 452.70 | 34,007.76 | 113 | A2 | 2.50 | 3.75 | 72.00 | 23.71 | 6-12 |
| | | | | | | 3.00 | 4.50 | 70.75 | 29.86 | 6-13 |
| | | | | | | 3.50 | 6.30 | 67.50 | 41.06 | 6-14 |
| 350 | 65 | 581.98 | 62,162.74 | 145 | A1 | 4.00 | 6.00 | 65.40 | 49.66 | 6-15 |
| | | | | | | 4.20 | 6.30 | 60.50 | 39.78 | 6-13 |
| | | | | | | 5.00 | 9.00 | 60.40 | 49.80 | 6-15 |
| 400 | 75 | 765.76 | 106,488.06 | 198 | A2 | 5.50 | 8.25 | 121.30 | 38.62 | 6-14 |
| | | | | | | 6.50 | 9.75 | 117.00 | 45.51 | 6-15 |
| | | | | | | 7.50 | 13.50 | 116.80 | 70.27 | 6-16 |
| 450 | 80 | 929.91 | 166,570.38 | 232 | A1 | 7.50 | 11.25 | 146.50 | 39.26 | 6-14 |
| | | | | | | 8.50 | 12.75 | 146.80 | 53.39 | 6-15 |
| | | | | | | 10.00 | 15.00 | 143.80 | 66.57 | 6-16 |
| 500 | 90 | 1,159.25 | 255,124.30 | 290 | A1 | 10.50 | 15.75 | 185.30 | 54.56 | 6-15 |
| | | | | | | 12.50 | 18.75 | 180.70 | 68.49 | 6-16 |
| | | | | | | 14.00 | 21.00 | 178.20 | 88.00 | 6-17 |
| 600 | 100 | 1,570.80 | 510,508.81 | 393 | A1 | 17.00 | 25.50 | 252.70 | 70.52 | 6-16 |
| | | | | | | 19.00 | 28.50 | 249.00 | 77.68 | 6-17 |
| | | | | | | 22.00 | 33.00 | 245.20 | 106.64 | 6-18 |
| 800 | 120 | 2,563.54 | 1,527,809.60 | 641 | A1 | 25.00 | 45.00 | 238.30 | 131.30 | 6-19 |
| | | | | | | 28.00 | 58.00 | 229.50 | 163.67 | 6-20 |
| | | | | | | 40.00 | 60.00 | 415.00 | 119.34 | 6-20 |
| 1000 | 140 | 3,782.48 | 3,589,571.20 | 946 | A1 | 46.00 | 69.00 | 406.10 | 151.01 | 6-21 |
| | | | | | | 51.00 | 76.50 | 398.17 | 171.38 | 6-22 |
| | | | | | | 55.00 | 99.00 | 388.61 | 215.80 | 6-23 |
| 1200 | 150 | 4,948.01 | 6,998,136.85 | 1,217 | A1 | 65.00 | 130.00 | 368.17 | 240.92 | 6-24 |
| | | | | | | 75.00 | 112.50 | 413.52 | 169.81 | 6-22 |
| | | | | | | 82.00 | 123.00 | 409.27 | 215.16 | 6-23 |
| 1500 | 180 | 7,585.50 | 13,890,648.00 | 1,824 | A1 | 82.00 | 138.50 | 589.66 | 258.19 | 6-24 |
| | | | | | | 105.00 | 180.00 | 575.33 | 311.26 | 6-24 |
| | | | | | | 120.00 | 240.00 | 555.23 | 285.20 | 6-24 |
| 1800 | 210 | 11,772.00 | 21,216,000.00 | 2,436 | A1 | 120.00 | 180.00 | 802.80 | 271.30 | 6-24 |
| | | | | | | 130.00 | 195.00 | 796.50 | 252.30 | 6-24 |
| | | | | | | 145.00 | 217.50 | 778.00 | 311.00 | 6-24 |
| 2100 | 240 | 16,968.00 | 28,752,000.00 | 3,248 | A1 | 170.00 | 306.00 | 751.90 | 400.60 | 6-24 |
| | | | | | | 200.00 | 400.00 | 721.50 | 522.20 | 6-24 |

Note : *) Crack Measure Based on IS A 5315-1987 (Prestressed Spun Concrete Pile)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever fitted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mantis Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8000 kN

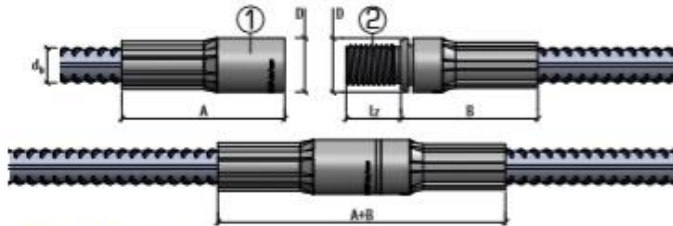
MODIX® SM (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

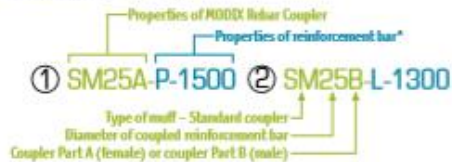


| Coupler Type | Bar Ø d _s [mm] | Coupler Ø D [mm] | Length Part A [mm] | Length Part B [mm] | Part A+B fitted together [mm] | ISO metric thread M | Thread length l _r [mm] | Color of thread protector |
|--------------|---------------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| SM10 | 10 | 17.5 | 52 | 46 | 96 | M 12 x 1.75 | 16.0 | Orange |
| SM12 | 12 | 21.0 | 63 | 52 | 113 | M 16 x 2 | 21.2 | Yellow |
| SM14 | 14 | 24.0 | 72 | 57 | 127 | M 18 x 2.5 | 24.8 | Blue |
| SM16 | 16 | 27.0 | 80 | 63 | 141 | M 20 x 2.5 | 27.5 | White |
| SM20 | 20 | 33.0 | 98 | 77 | 173 | M 24 x 3 | 31.6 | Gray |
| SM25 | 25 | 41.0 | 122 | 98 | 218 | M 30 x 3.5 | 39.0 | Red |
| SM28 | 28 | 47.0 | 141 | 111 | 250 | M 36 x 4 | 46.0 | Black |
| SM32 | 32 | 53.0 | 156 | 124 | 278 | M 42 x 4.5 | 53.5 | Brown |
| SM40 | 40 | 63.5 | 163 | 136 | 297 | M 48 x 5.0 | 61.7 | Green |

- Part A and Part B can be ordered separately.



Example of a product code:



*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

Application

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.



About MODIX Rebar Couplers

MODIX® PM (Position Coupler)

- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



| Coupler Type | Bar Ø d _s [mm] | Coupler Ø D [mm] | Length Part A [mm] | Thread length Part A, l _{rA} [mm] | Length l _{rA} [mm] | Length l _{rB} [mm] | Length of position sleeve l _s [mm] | Length threaded bar l _{rB} [mm] | Max. free spacing l _{max} [mm] | Length L [mm] | ISO metric thread M | Color of thread protector |
|--------------|---------------------------|------------------|--------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|---|--|---|---------------|---------------------|---------------------------|
| PM10 | 10 | 17.5 | 52 | 21 | 58 | 95 | 37 | 79 | 59 | 74 | M 12 x 1.75 | Orange |
| PM12 | 12 | 21.0 | 63 | 26 | 72 | 119 | 48 | 98 | 73 | 93 | M 16 x 2 | Yellow |
| PM14 | 14 | 24.0 | 72 | 30 | 81 | 135 | 55 | 111 | 82 | 105 | M 18 x 2.5 | Blue |
| PM16 | 16 | 27.0 | 80 | 33 | 88 | 148 | 61 | 121 | 89 | 115 | M 20 x 2.5 | White |
| PM20 | 20 | 33.0 | 98 | 37 | 99 | 167 | 69 | 136 | 100 | 130 | M 24 x 3 | Gray |
| PM25 | 25 | 41.0 | 122 | 44 | 117 | 200 | 83 | 161 | 118 | 156 | M 30 x 3.5 | Red |
| PM28 | 28 | 47.0 | 141 | 51 | 136 | 233 | 97 | 187 | 137 | 182 | M 36 x 4 | Black |
| PM32 | 32 | 53.0 | 156 | 59 | 155 | 267 | 112 | 214 | 156 | 208 | M 42 x 4.5 | Brown |
| PM40 | 40 | 63.5 | 163 | 65 | 175 | 301 | 127 | 240 | 173 | 234 | M 48 x 5.0 | Green |

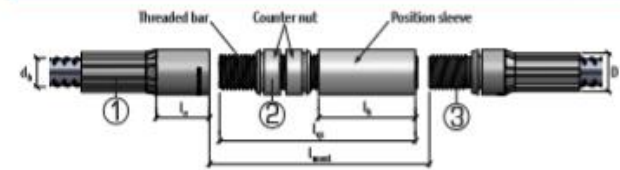


Table 3. MODIX rebar Product shape list.

| P - Straight end | D - Double sided | E - End plate | L - Headed stud |
|---|------------------|---------------|-----------------|
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a$ Example of product code: SM25A-E-1200 | | | |
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a + b - \sqrt{d} - d_p$ Example of product code: SM25A-P12-1200(500) | | | |
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a + 0.57b + c - 1.57d_p$ or $l_p = 2a + 0.57b - 1.57d_p$ Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300) | | | |
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a + b$ Example of product code: SM25A-E15-1000(500(-30)) | | | |
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a + b + c - \sqrt{d} - 2d_p$ Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600) | | | |
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(45)-600-(45)) | | | |
| | | | |
| Total length calculation: $l_p = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L26-1500(700(-45)-600-(45)) | | | |

Installation of MODIX Rebar Coupler

Identification of the product

The type of MODIX Rebar Coupler can be identified by the marking on the product. Size of the Coupler can be identified also according to the color of the thread protection accessories. The color codes are shown in the table below.

| Bar ϕ [mm] | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 28 | 32 | 40 |
|---------------------------|--------|--------|------|-------|------|-----|-------|-------|-------|
| Color of thread protector | Orange | Yellow | Blue | White | Gray | Red | Black | Brown | Green |

Thread protection accessories are installed at the MODIX production factory and delivered with couplers.



Screw-in protective plug



- Is screwed into coupler Part A
- Protects the thread from water, concrete, dust, and particles during the first pouring
- Is removed directly before fitting Part B or replaced by a sealing plate before being attached to the mold

Slip over protective cap



- Is slipped onto coupler Part B
- Protects the thread from water and dust during storage and transportation
- Is removed directly before assembling with Part A

Storage

To avoid corrosion and damage to MODIX Rebar Couplers, they should be stored in dry conditions and not directly exposed to water.

Quality of connection

General procedures to follow before and during assembly of MODIX Rebar Couplers:

1. Remove the thread protector from the MODIX part.
2. Clean the thread properly
3. Check visually that the thread has no damage
4. Carefully align the counterparts to avoid damage to the first pitches
5. Carefully turn on the first pitches
6. Never use force to connect MODIX parts - correct use enables a screw connection to be made by hand
7. To reduce friction, a special lubrication spray or grease can be used
8. Proper tightening of the MODIX Rebar Coupler system is achieved when the ring gap on MODIX Part B and the distance sleeve are closed (see Figure 2). This can be achieved using a wrench (a torque wrench is not required). Excessive tightening (e.g. using a hammer) is prohibited. Connections can be checked by visual inspection.

LEGENDA :

DEVELOPER :



PT. PP PROPRTI

Jalan TB. Simatupang No. 57
Pasar Rebo, Jakarta Timur

PROYEK :

Isabella
TOWER ^o a truly living

@GRAND KAMALA LAGOON
BEKASI

PROJECT MANAGER

GUNAWAN WIBISONO, ST

KONSULTAN ARSITEKTUR
PT. DESAIN SARANA INTERMATRA

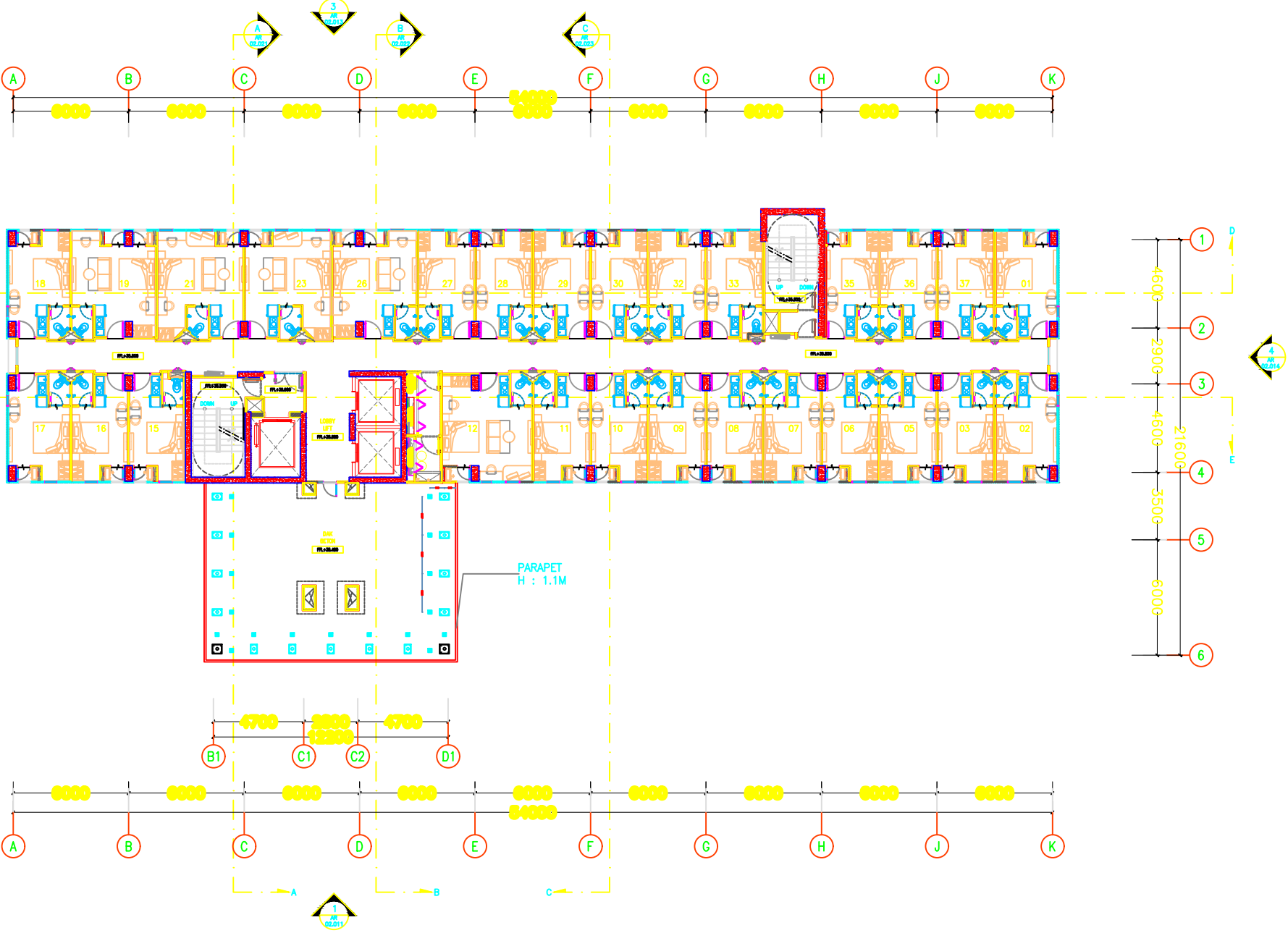
LINTANG WURIANTARI, ST, IAI
SKA 1.1.101.3.027.12.1143367

JUDUL GAMBAR :

NO. GAMBAR :

DIBUAT OLEH : DIPERIKSA OLEH : DISETUJUI OLEH :

TANGGAL REVISI SKALA



DENAH
LANTAI 11

01
AR.02.007 SCALE 1 : 200

LEGENDA :

DEVELOPER :



PT. PP PROPERTI
Jalan TB. Simatupang No. 57
Pasar Rebo, Jakarta Timur

PROYEK :

Isabella
TOWER *a truly living*

@GRAND KAMALA LAGOON
BEKASI

PROJECT MANAGER

GUNAWAN WIBISONO, ST

KONSULTAN ARSITEKTUR
PT. DESAIN SARANA INTERMATRA

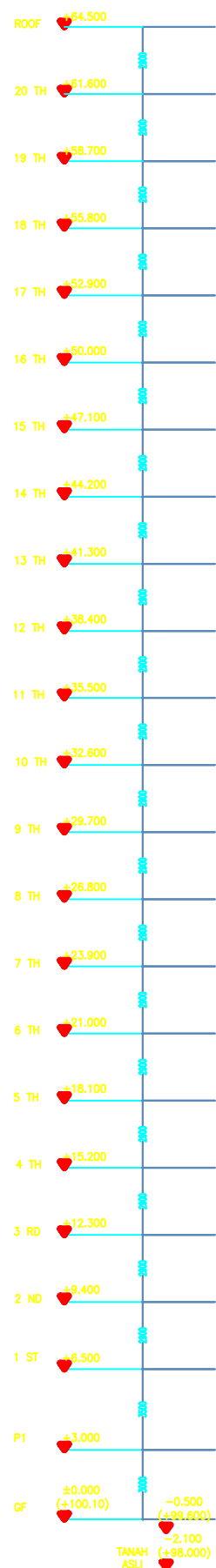
LINTANG WURIANTARI, ST, IAI
SKA 1.1.101.3.027.12.1143367

JUDUL GAMBAR :

NO. GAMBAR :

DIBUAT OLEH : DIPERIKSA OLEH : DISETUJUI OLEH :

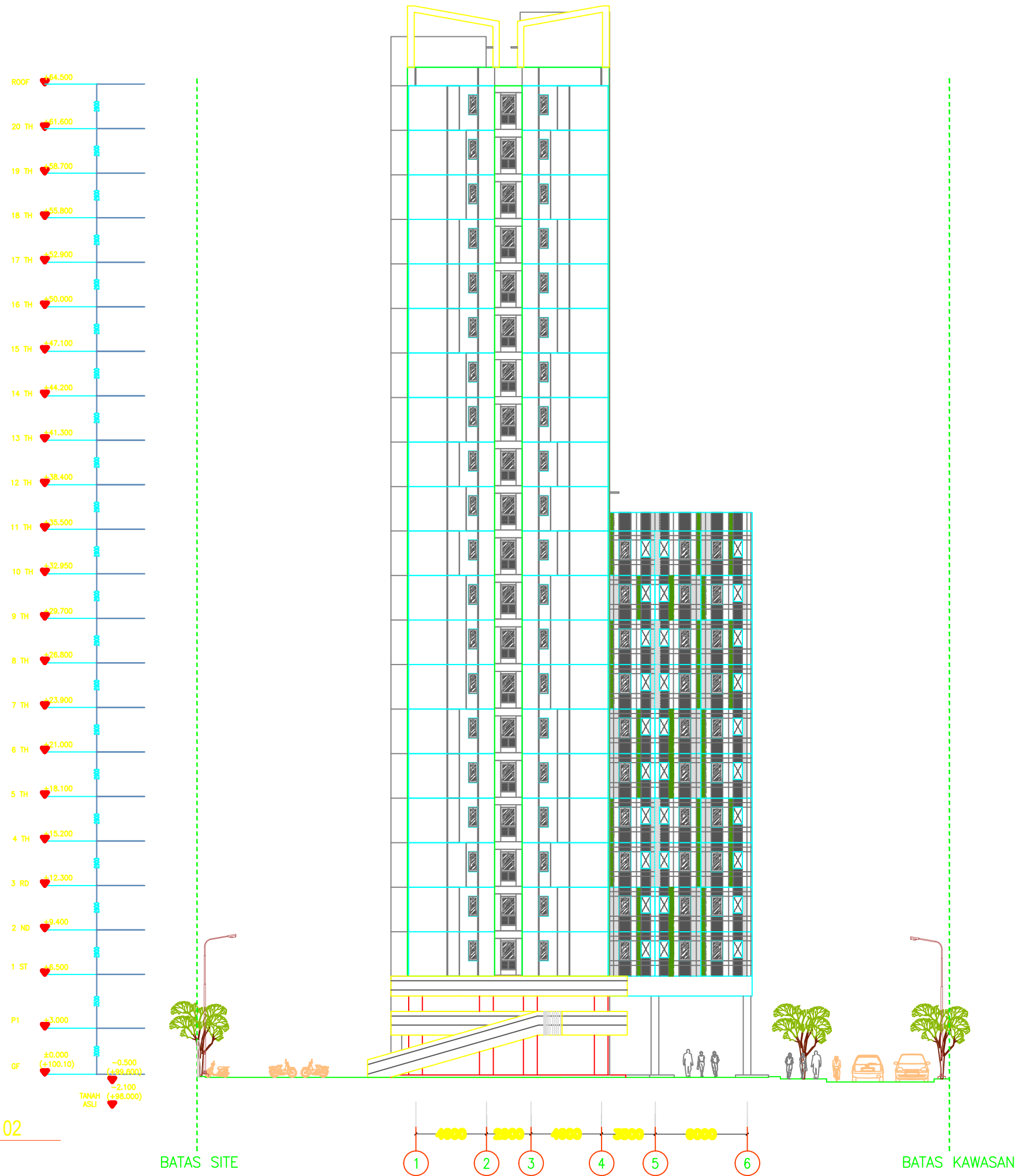
TANGGAL REVISI SKALA



01 TAMPAK 01
AR.02.01 SCALE 1 : 200

BATAS SITE

BATAS SITE



01 TAMPAK 02
AR.02.012 SCALE 1 : 200

LEGENDA :

DEVELOPER :



PT. PP PROPERTI
Jalan TB. Simatupang No. 57
Pasar Rebo, Jakarta Timur

PROYEK :

Isabella
TOWER ^o a truly living

@GRAND KAMALA LAGOON
BEKASI

PROJECT MANAGER

GUNAWAN WIBISONO, ST

KONSULTAN ARSITEKTUR
PT. DESAIN SARANA INTERMATRA

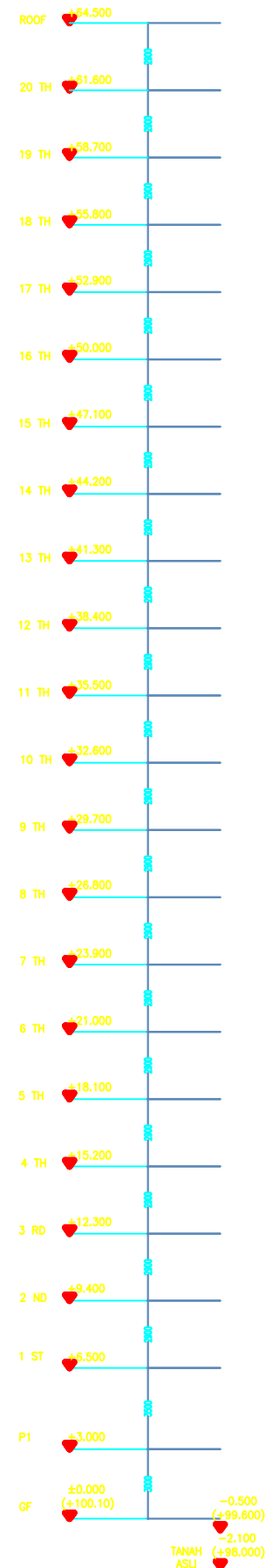
LINTANG WURIANTARI, ST, IAI
SKA 1.1.101.3.027.12.1143367

JUDUL GAMBAR :

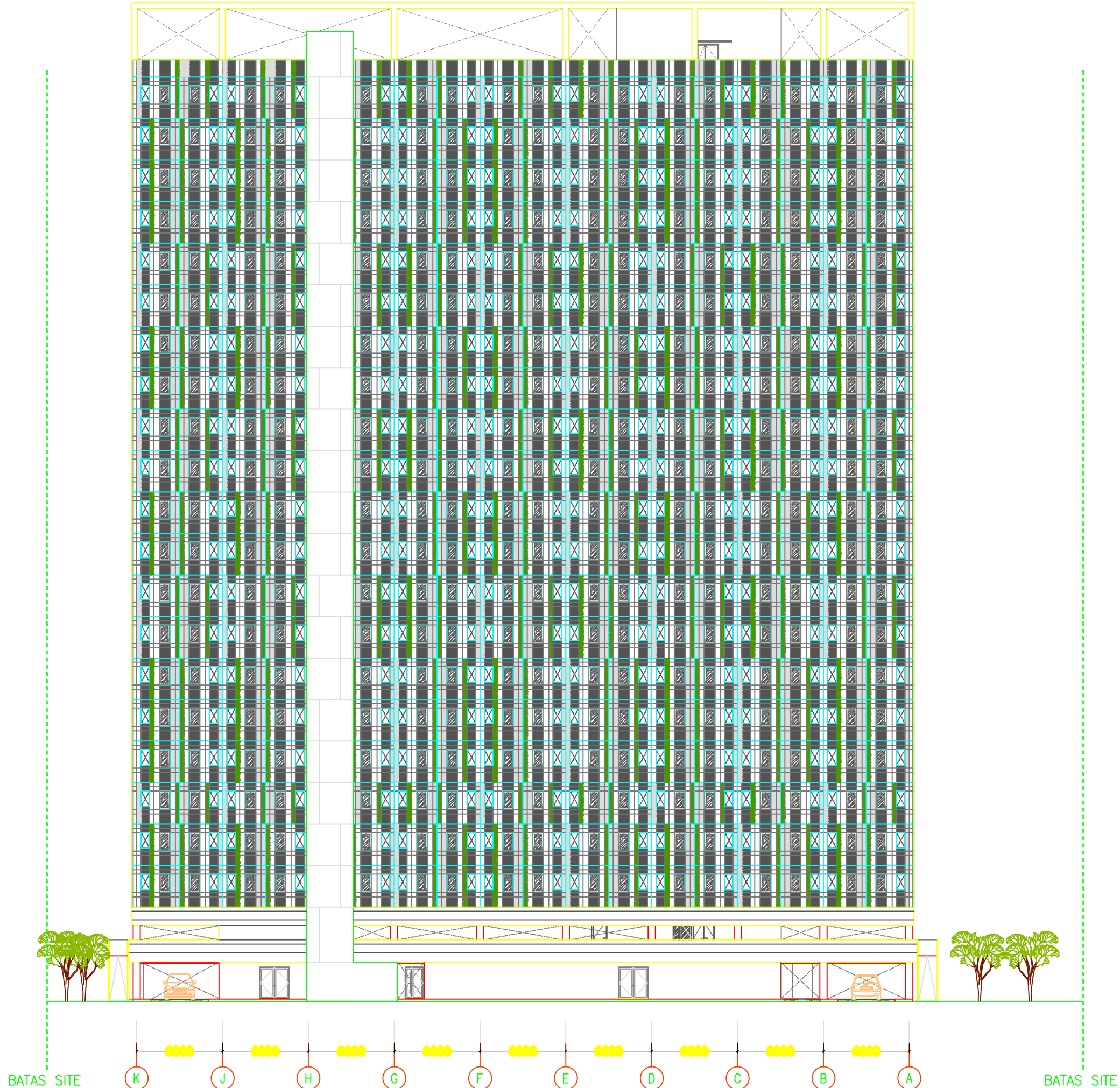
NO. GAMBAR :

DIBUAT OLEH : DIPERIKSA OLEH : DISETUJUI OLEH :

| | | |
|---------|--------|-------|
| TANGGAL | REVISI | SKALA |
|---------|--------|-------|



01 TAMPAK 03
AR.02.013 SCALE 1 : 200



LEGENDA :


DEVELOPER :

 PT. PP PROPRTI
 Jalan TB. Simatupang No. 57
 Pasar Rebo, Jakarta Timur

PROYEK :

 @GRAND KAMALA LAGOON
 BEKASI

PROJECT MANAGER
 GUNAWAN WIBISONO, ST
 KONSULTAN ARSITEKTUR
 PT. DESAIN SARANA INTERMATRA


 LINTANG WURIANTARI, ST, IAI
 SKA 1.1.101.3.027.12.1143367

JUDUL GAMBAR :

NO. GAMBAR :

| | | |
|---------------|------------------|------------------|
| DIBUAT OLEH : | DIPERIKSA OLEH : | DISETUJUI OLEH : |
| TANGGAL | REVISI | SKALA |



01 TAMPAK 04
AR.02.014 SCALE 1 : 200

BATAS KAWASAN

6 5 4 3 2 1

LEGENDA :

DEVELOPER :



PT. PP PROPERTI
Jalan TB. Simatupang No. 57
Pasar Rebo, Jakarta Timur

PROYEK :

Isabella
TOWER ^o a truly living

@GRAND KAMALA LAGOON
BEKASI

PROJECT MANAGER

GUNAWAN WIBISONO, ST

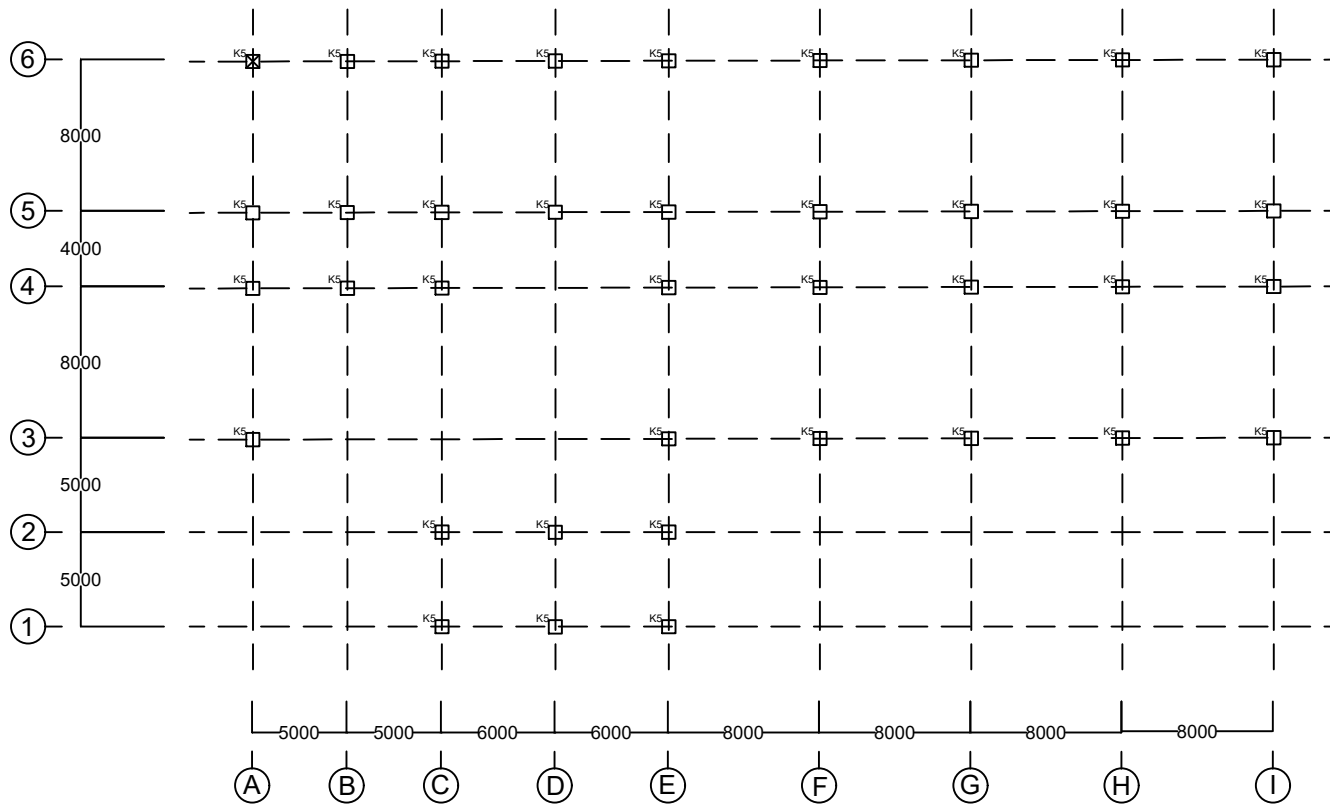
KONSULTAN ARSITEKTUR
PT. DESAIN SARANA INTERMATRA


LINTANG WURIANTARI, ST, IAI
SKA 1.1.101.3.027.12.1143367

JUDUL GAMBAR :

NO. GAMBAR :

| | | |
|---------------|------------------|------------------|
| DIBUAT OLEH : | DIPERIKSA OLEH : | DISETUJUI OLEH : |
| TANGGAL | REVISI | SKALA |




DENAH KOLOM LT. BASEMENT
 SKALA 1 : 400
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

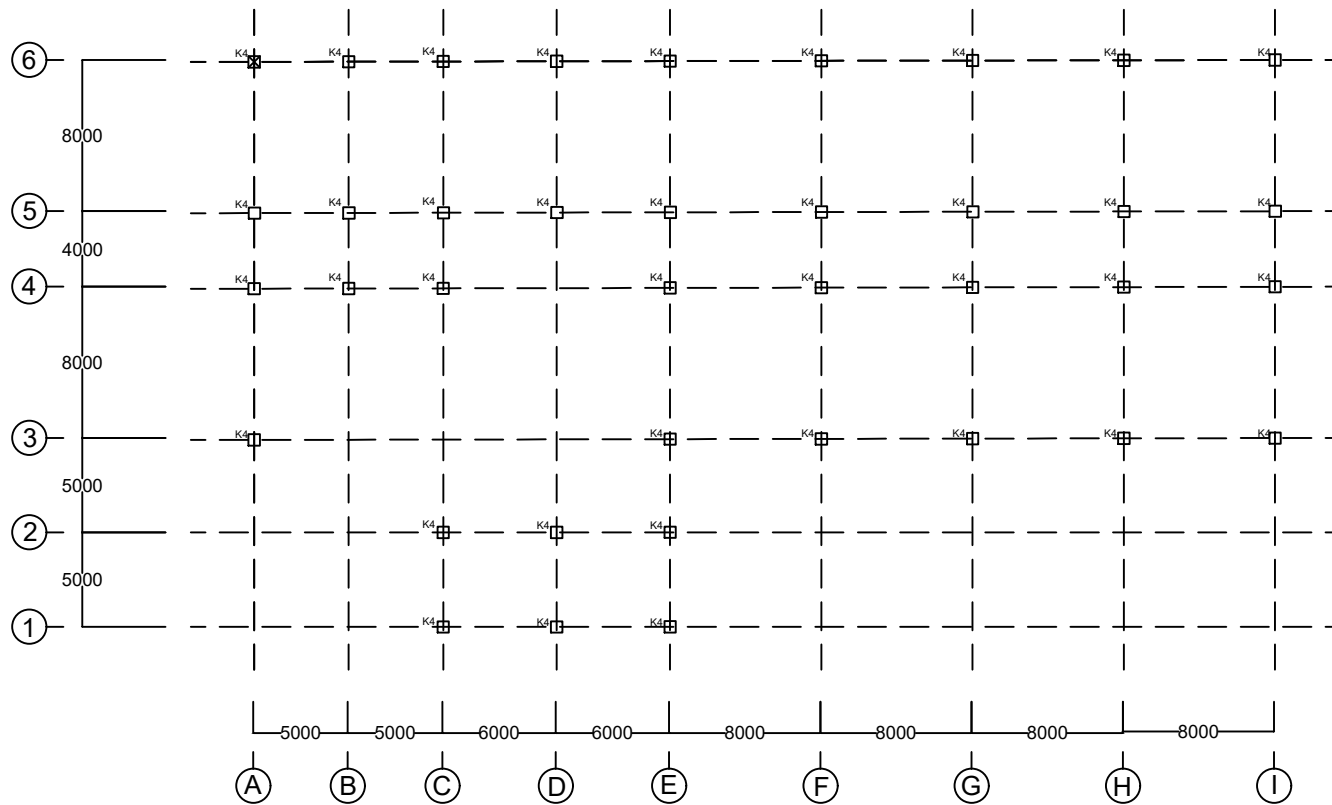
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)


JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. BASEMENT

NO / TOTAL LEMBAR

1/38




DENAH KOLOM LT. GF - LT. 4
 SKALA 1 : 400
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

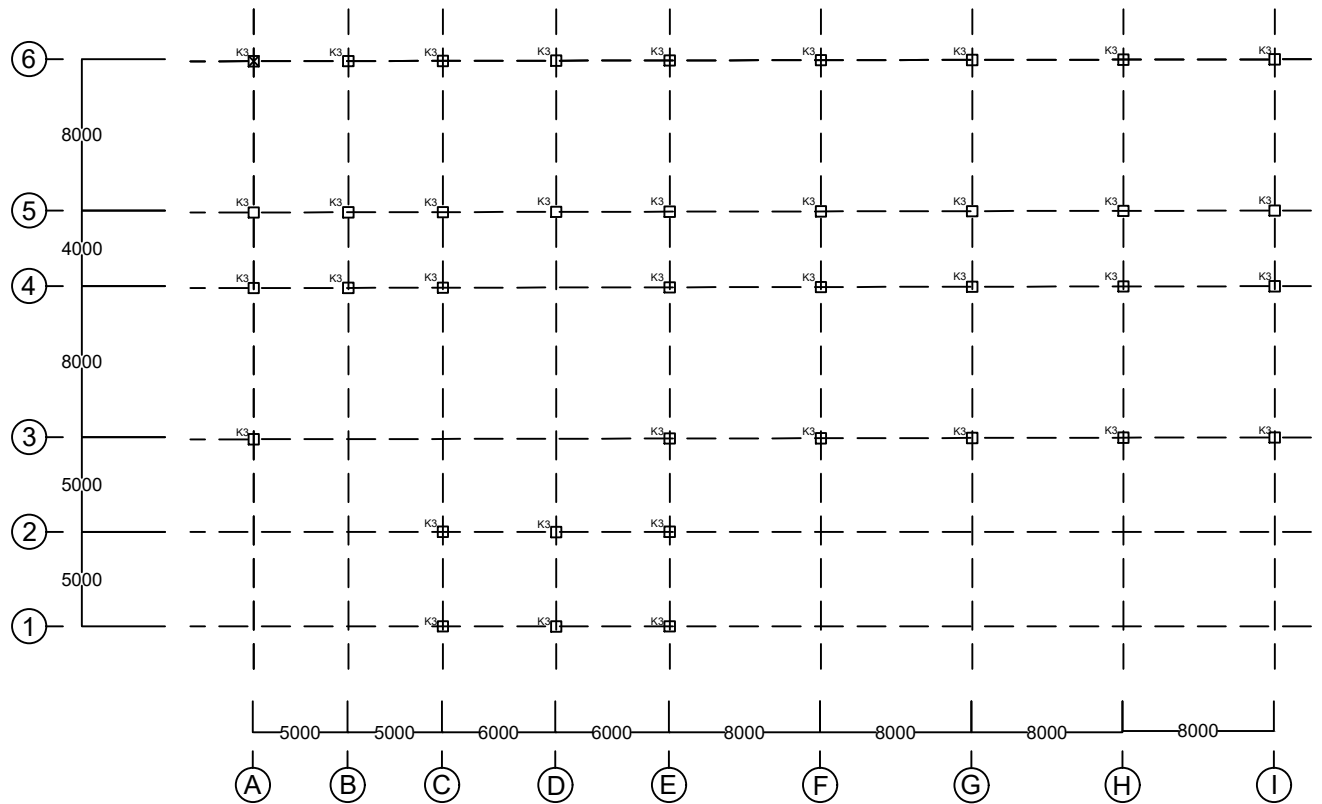
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)


JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. GF - LT.4

NO / TOTAL LEMBAR

2/38




DENAH KOLOM LT. 5 - LT. 9
 SKALA 1 : 400
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

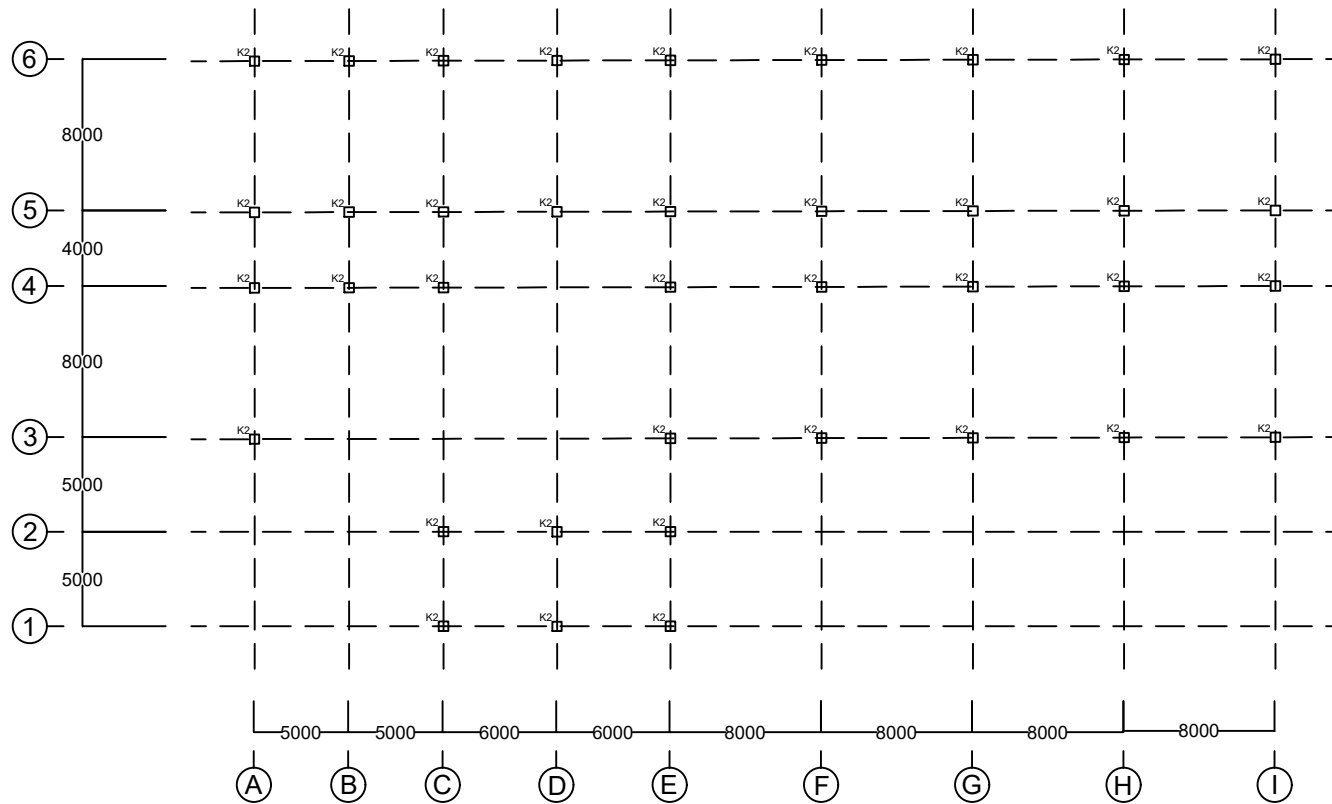
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)


JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. 5 - LT.9

NO / TOTAL LEMBAR

3/38




DENAH KOLOM LT. 10 - LT. 14
 SKALA 1 : 400
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

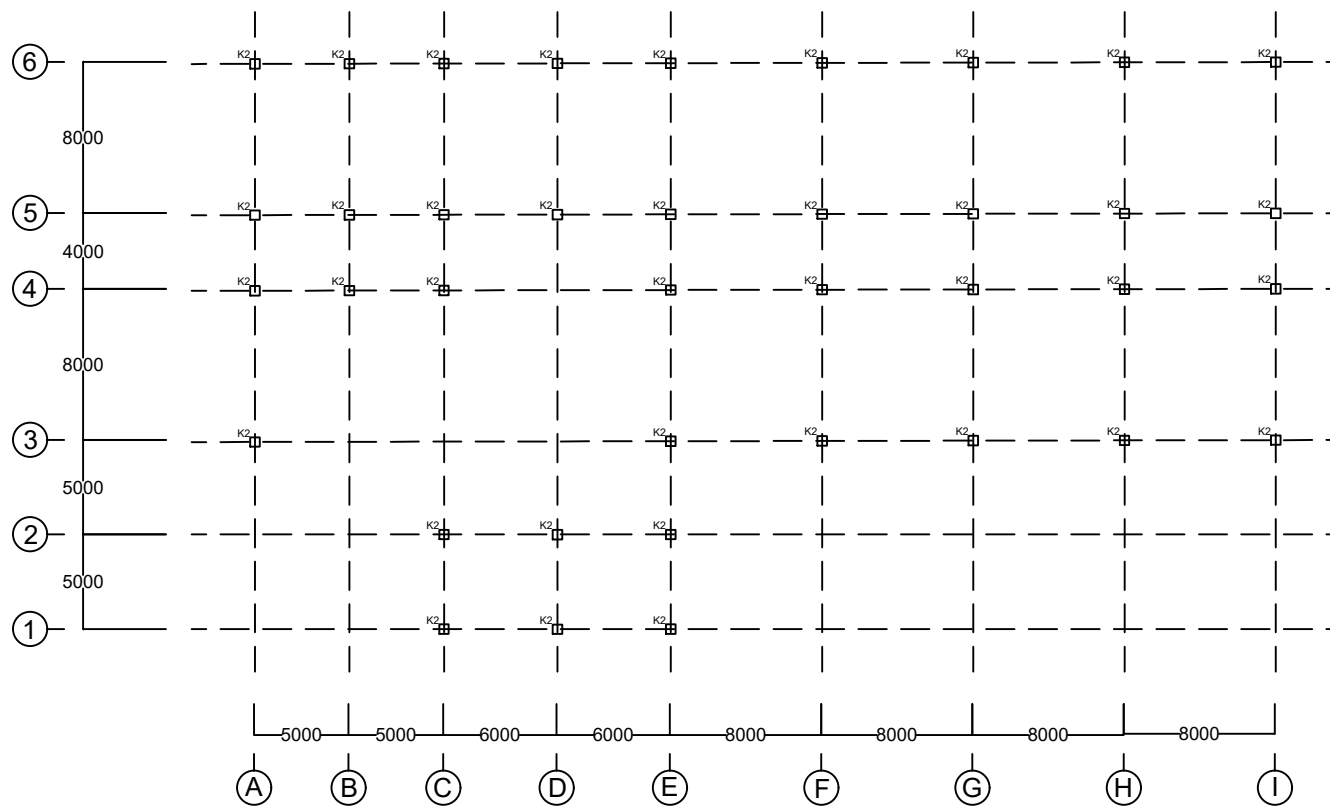
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)


JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. 10 - LT.14

NO / TOTAL LEMBAR

4/38




DENAH KOLOM LT. 15
 SKALA 1 : 400
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

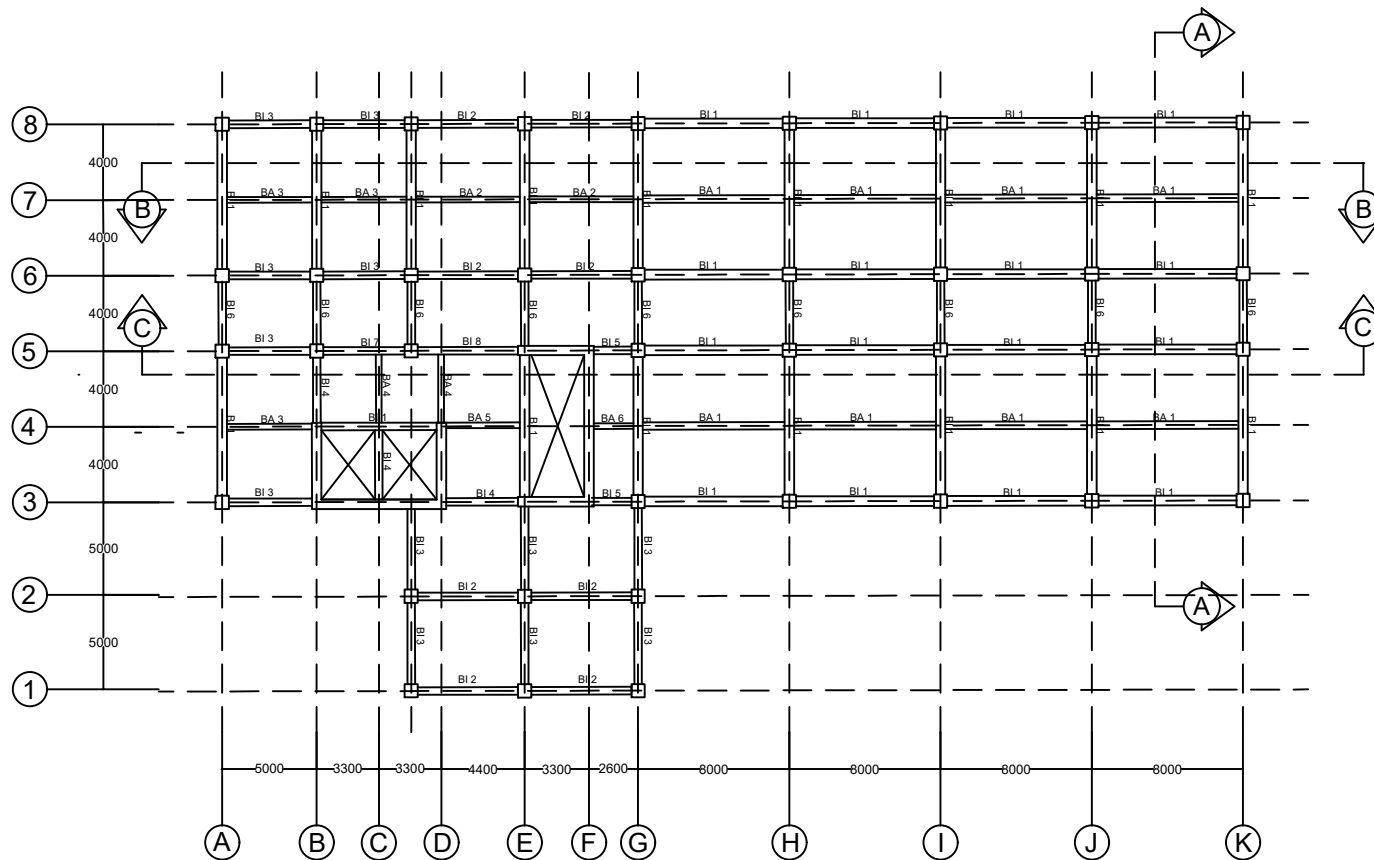
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. 15

NO / TOTAL LEMBAR

5/38



| Type | Ukuran (cm) |
|------|-------------|
| BI 1 | 50/70 |
| BI 2 | 40/60 |
| BI 3 | 40/60 |
| BI 4 | 40/60 |
| BI 5 | 40/60 |
| BI 6 | 40/60 |
| BI 7 | 40/70 |
| BI 8 | 40/70 |

| Type | Ukuran (cm) |
|------|-------------|
| BA 1 | 30/50 |
| BA 2 | 30/50 |
| BA 3 | 30/50 |
| BA 4 | 30/50 |
| BA 5 | 30/50 |
| BA 6 | 30/50 |



DENAH PEMBALOKAN

SKALA 1 : 400

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

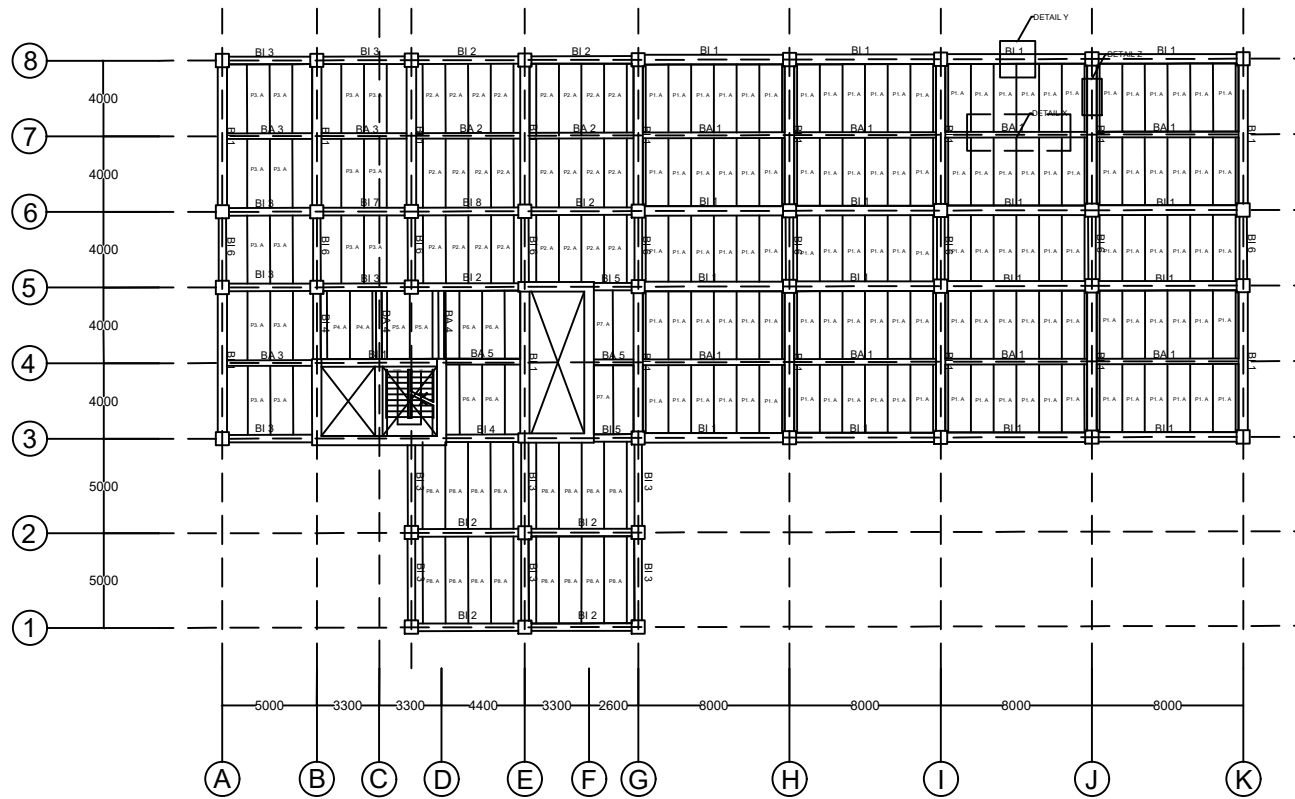
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

NO / TOTAL LEMBAR

6/38



DENAH PEMASANGAN PLAT

SKALA 1 : 400

Satuan gambar dalam mm

| Type | Ukuran (cm) |
|------|-------------|
| P1 | 750 x 400 |
| P2 | 550 x 400 |
| P3 | 450 x 400 |
| P4 | 360 x 400 |
| P5 | 320 x 400 |
| P6 | 420 x 400 |
| P7 | 260 x 400 |
| P8 | 600 x 500 |



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

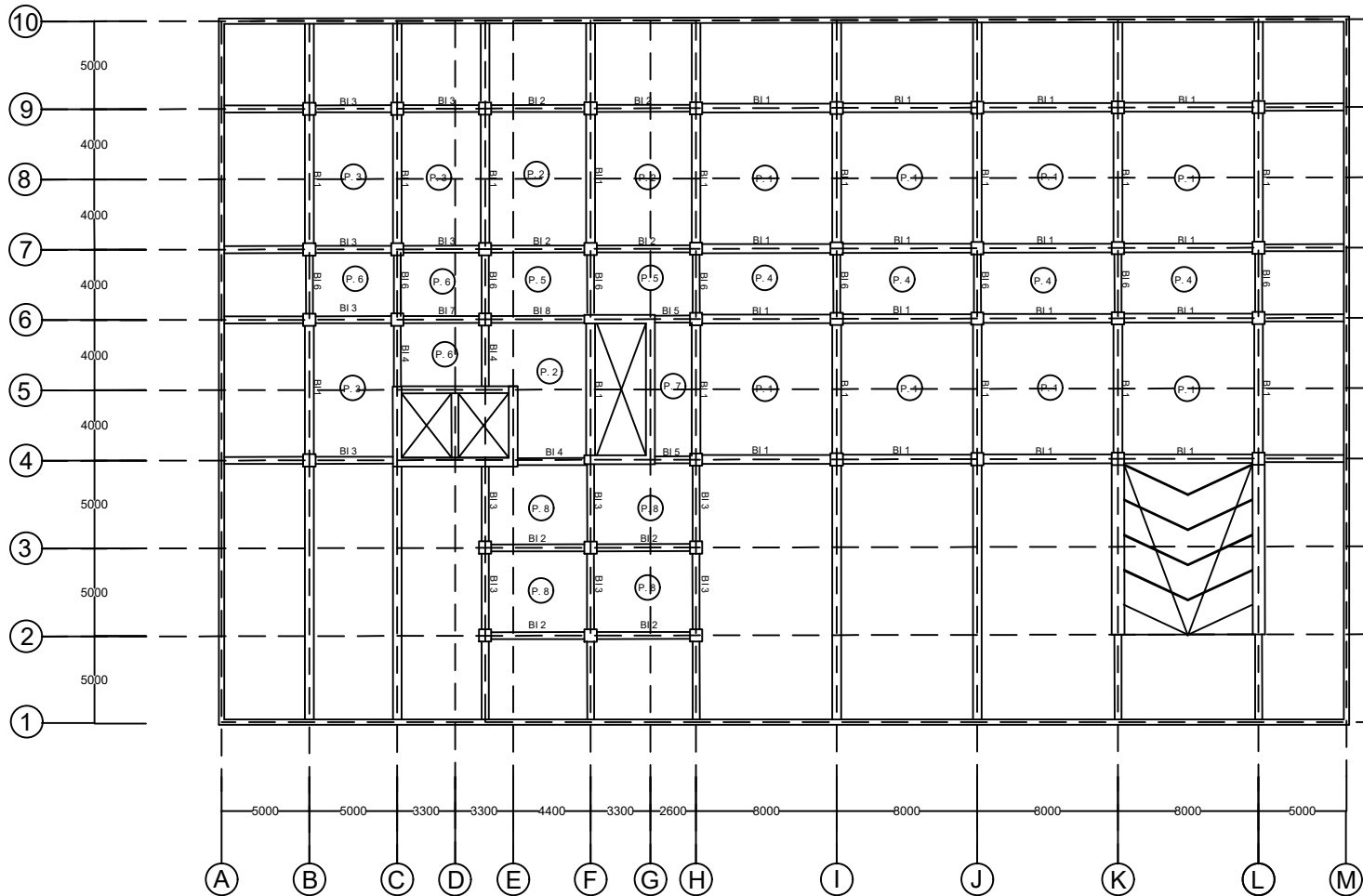
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMASANGAN PLAT

NO / TOTAL LEMBAR

7/38



| Type | Ukuran (cm) |
|------|-------------|
| BI 1 | 50/70 |
| BI 2 | 40/60 |
| BI 3 | 40/60 |
| BI 4 | 40/60 |
| BI 5 | 40/60 |
| BI 6 | 40/60 |
| BI 7 | 40/70 |
| BI 8 | 40/70 |



DENAH PLAT LANTAI BASEMENT

SKALA 1 : 400

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

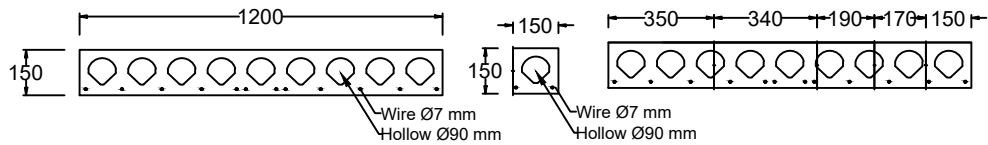
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR

DENAH PLAT BASEMENT

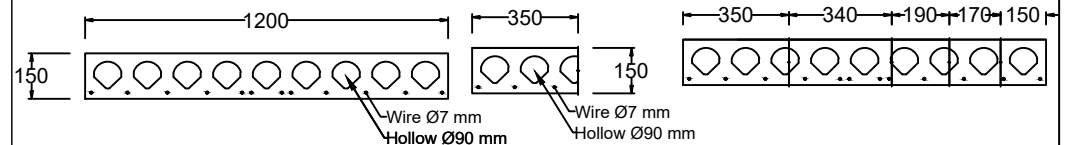
NO / TOTAL LEMBAR

8/38



DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P1
SKALA 1 : 25

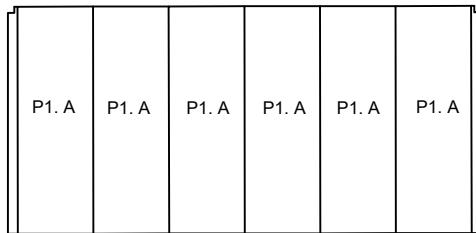
Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P2
SKALA 1 : 25

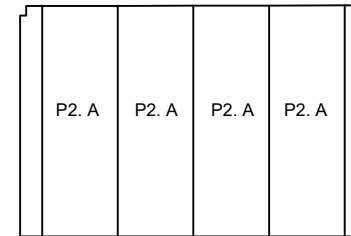
Satuan gambar dalam mm

1200



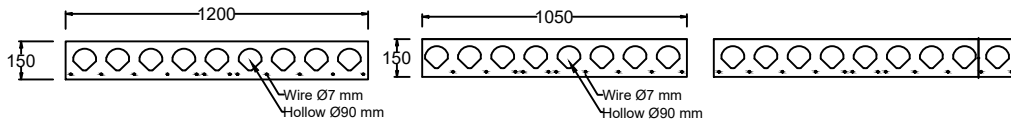
DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P1
SKALA 1 : 120

Satuan gambar dalam mm



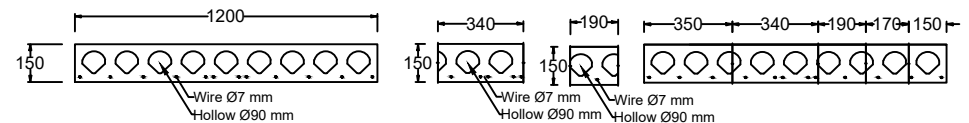
DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P2
SKALA 1 : 120

Satuan gambar dalam mm



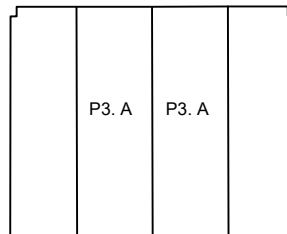
DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P3
SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



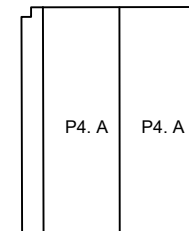
DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P4
SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P3
SKALA 1 : 120

Satuan gambar dalam mm



DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P4
SKALA 1 : 120

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

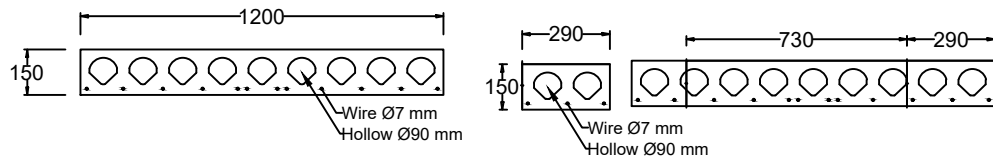
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)


JUDUL GAMBAR

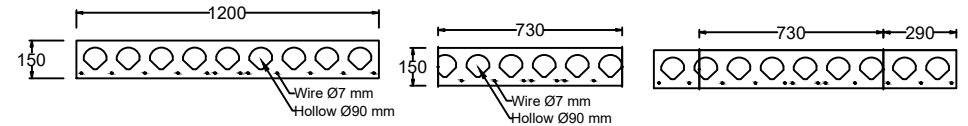
DETAIL PEMASANGAN
SEGMENT PLAT


NO / TOTAL LEMBAR

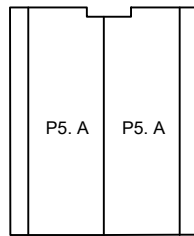
9/38



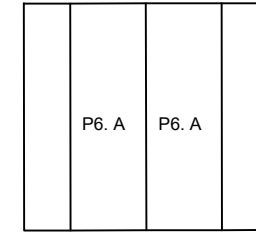

DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P5
 SKALA 1 : 25
 Satuan gambar dalam mm




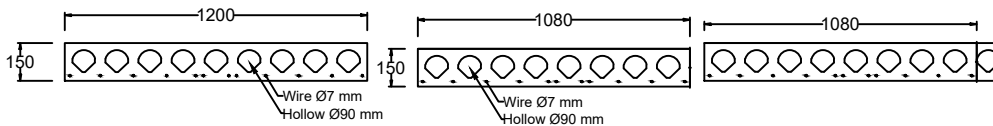

DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P6
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm



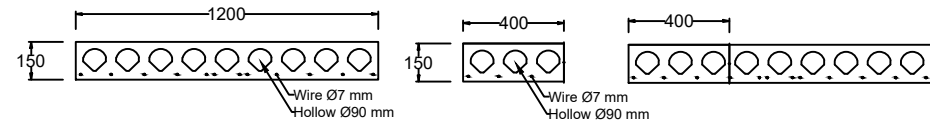

DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P5
 SKALA 1 : 120
 Satuan gambar dalam mm




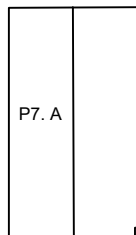

DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P6
 SKALA 1 : 120
 Satuan gambar dalam mm




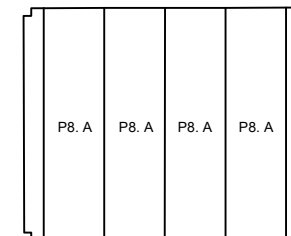

DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P7
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL POTONGAN SEGMENT PLAT P8
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P7
 SKALA 1 : 120
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL PEMASANGAN SEGMENT PLAT P8
 SKALA 1 : 150
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

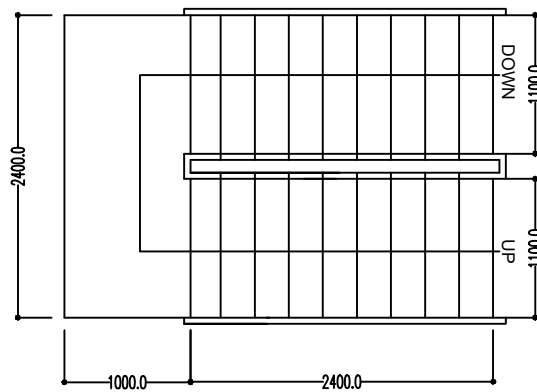
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR

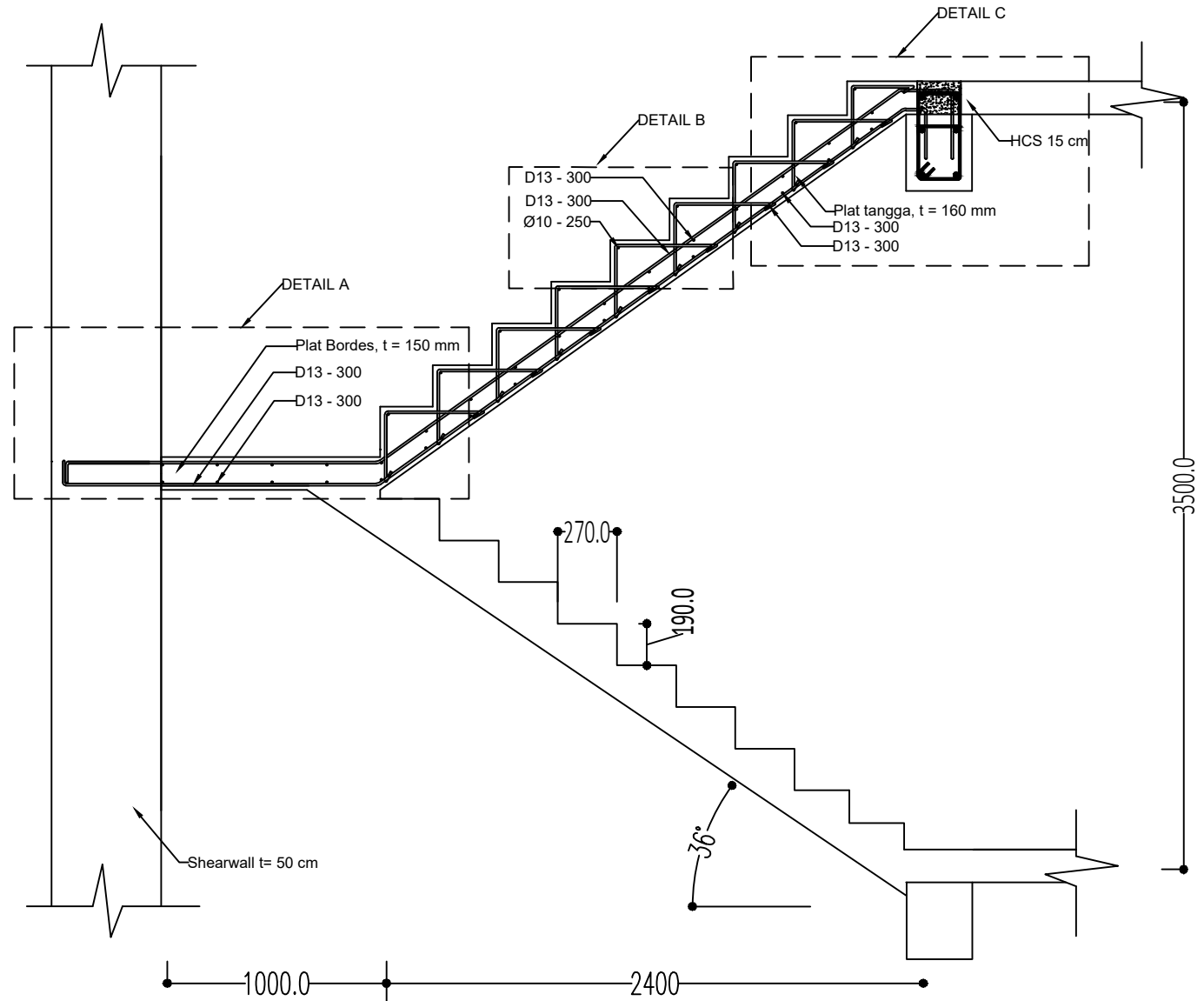
DETAIL PEMASANGAN
 SEGMENT PLAT

NO / TOTAL LEMBAR

10/38



SEMUA TAMPAK ATAS TANGGA
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

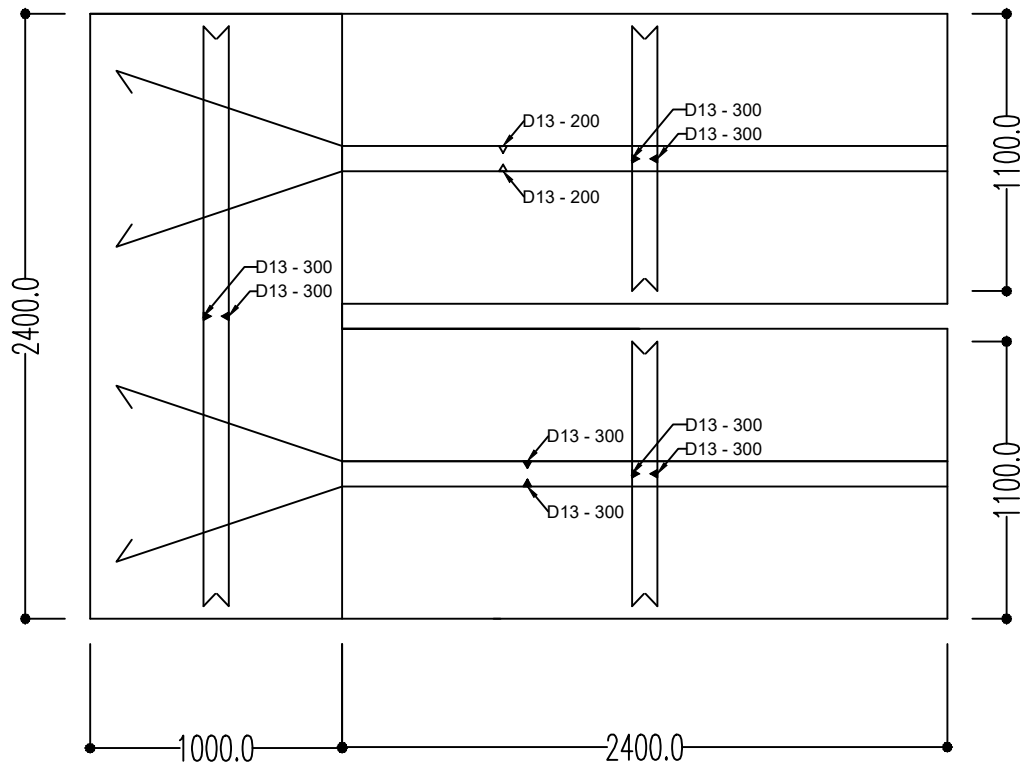
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR

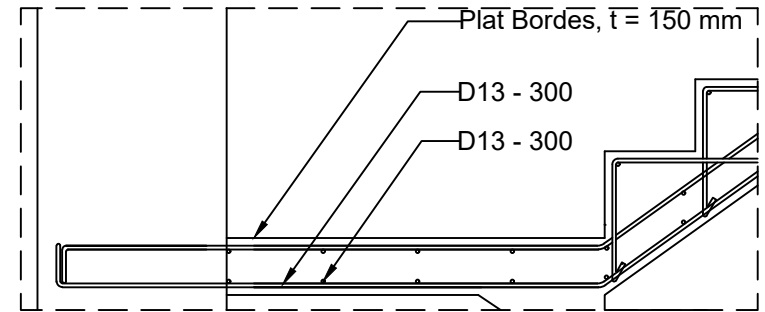
DETAIL PENULANGAN
TANGGA

NO / TOTAL LEMBAR

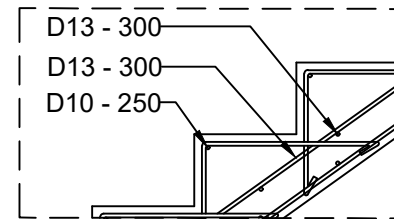
11/38



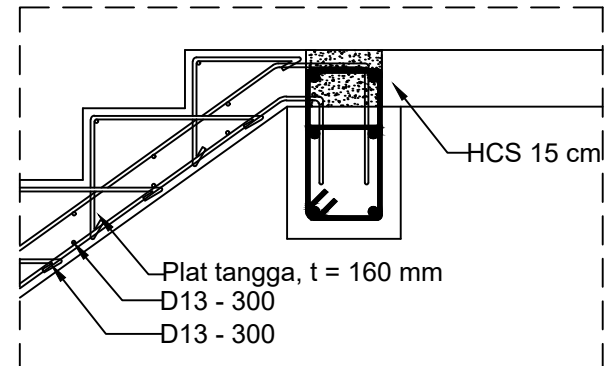
DETAIL PENULANGAN TAMPAK ATAS TANGGA
 SKALA 1 : 60
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN (A)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN (B)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN (C)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

Diana Dwi Yunita
 (03111540000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 TANGGA

NO / TOTAL LEMBAR

12/38

| TIPE BALOK | BA1 | | BA2 | |
|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK | | | | |
| DIMENSI | 400 × 500 mm | 400 × 500 mm | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm |
| TULANGAN ATAS | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 2 D25 | 4 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| SENGKANG | 2 Ø13 - 60 mm | 2 Ø13 - 130 mm | 2 Ø13 - 60 mm | 2 Ø13 - 130 mm |
| TIPE BALOK | BA3 | | BA4 | |
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK | | | | |
| DIMENSI | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm |
| TULANGAN ATAS | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| SENGKANG | 2 Ø13 - 60 mm | 2 Ø13 - 130 mm | 2 Ø13 - 60 mm | 2 Ø13 - 130 mm |



DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

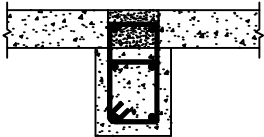
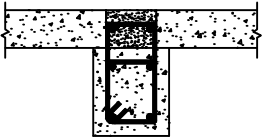
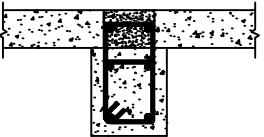

Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
ANAK

NO / TOTAL LEMBAR

13/38

| TIPE BALOK | BA5 | | BA6 | |
|------------------|---|--|---|---|
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK |  |  |  |  |
| DIMENSI | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm | 300 × 500 mm |
| TULANGAN ATAS | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| SENGKANG | 2 Ø10 - 60 mm | 2 Ø10 - 130 mm | 2 Ø10 - 60 mm | 2 Ø10 - 130 mm |



DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
ANAK

NO / TOTAL LEMBAR

14/38

| TIPE BALOK | B11 | | B12 | |
|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK | | | | |
| DIMENSI | 500 × 700 mm | 500 × 700 mm | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm |
| TULANGAN ATAS | 5 D25 | 4 D25 | 3 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 4 D25 | 5 D25 | 2 D25 | 3 D25 |
| SENGKANG | 3 D13 - 90 mm | 2 D13 - 130 mm | 2 D13 - 90 mm | 2 D13 - 150 mm |
| TIPE BALOK | B13 | | B14 | |
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK | | | | |
| DIMENSI | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm |
| TULANGAN ATAS | 4 D25 | 3 D25 | 3 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 3 D25 | 4 D25 | 2 D25 | 3 D25 |
| SENGKANG | 2 D13 - 90 mm | 2 D13 - 130 mm | 2 D13 - 90 mm | 2 D13 - 150 mm |



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

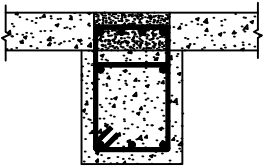
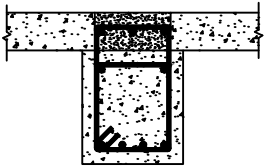
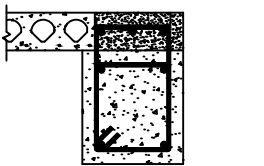
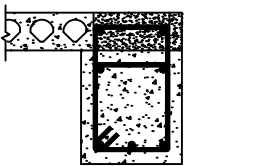
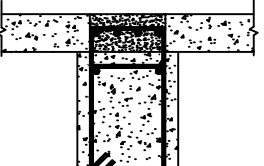
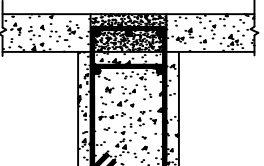
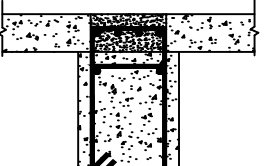
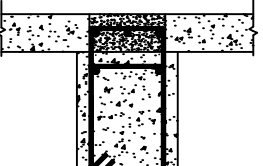
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
INDUK

NO / TOTAL LEMBAR

15/38

| TIPE BALOK | BI5 | | BI6 | |
|------------------|---|--|---|---|
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK |  |  |  |  |
| DIMENSI | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm | 400 × 600 mm |
| TULANGAN ATAS | 4 D25 | 3 D25 | 3 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 3 D25 | 4 D25 | 2 D25 | 3 D25 |
| SENGKANG | 2 D13 - 60 mm | 2 D13 - 130 mm | 2 D13 - 90 mm | 2 D13 - 150 mm |
| TIPE BALOK | BI7 | | BI8 | |
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL BALOK |  |  |  |  |
| DIMENSI | 400 × 700 mm | 400 × 700 mm | 400 × 700 mm | 400 × 700 mm |
| TULANGAN ATAS | 4 D25 | 3 D25 | 4 D25 | 3 D25 |
| TULANGAN SAMPING | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 | 2 D25 |
| TULANGAN BAWAH | 3 D25 | 4 D25 | 3 D25 | 4 D25 |
| SENGKANG | 2 D13 - 90 mm | 2 D13 - 150 mm | 2 D13 - 90 mm | 2 D13 - 150 mm |



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

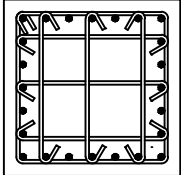
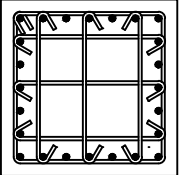
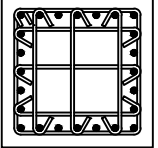
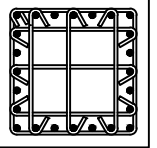
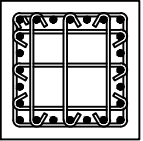
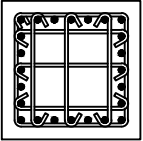
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
INDUK

NO / TOTAL LEMBAR

16/38

| TIPE KOLOM | K5 | | K4 | |
|--------------|---|---|---|---|
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL KOLOM |  |  |  |  |
| DIMENSI | 700 × 700 mm | 700 × 700 mm | 600 × 600 mm | 600 × 600 mm |
| TULANGAN | 24 D25 | 24 D25 | 24 D25 | 24 D25 |
| SENGKANG | 5 D13 - 100 mm | 5 D13 - 150 mm | 5 D13 - 100 mm | 5 D13 - 150 mm |
| TIPE KOLOM | K3 | | | |
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | | |
| DETAIL KOLOM |  |  | | |
| DIMENSI | 550 × 550 mm | 550 × 550 mm | | |
| TULANGAN | 24 D25 | 24 D25 | | |
| SENGKANG | 5 D13 - 100 mm | 5 D13 - 150 mm | | |



DETAIL PENULANGAN KOLOM

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

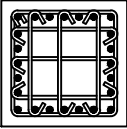
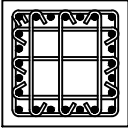
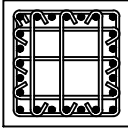
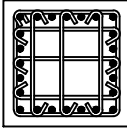
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM

NO / TOTAL LEMBAR

17/38

| TIPE KOLOM | K2 | | K1 | |
|--------------|---|--|---|---|
| POSISI | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| DETAIL KOLOM |  |  |  |  |
| DIMENSI | 500 × 500 mm | 500 × 500 mm | 500 × 500 mm | 500 × 500 mm |
| TULANGAN | 24 D25 | 24 D25 | 24 D25 | 24 D25 |
| SENGKANG | 5 D13 - 100 mm | 5 D13 - 150 mm | 5 D13 - 100 mm | 5 D13 - 150 mm |



DETAIL PENULANGAN KOLOM

SKALA 1 : 30

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

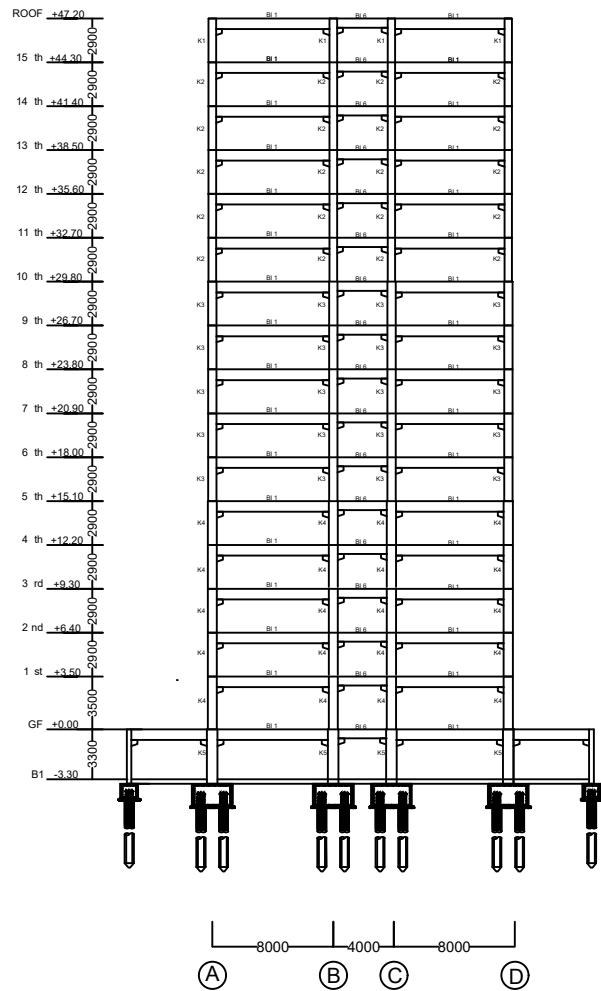
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR

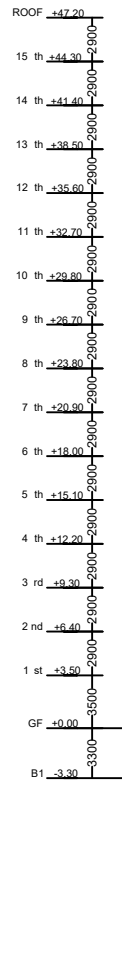
DETAIL PENULANGAN KOLOM

NO / TOTAL LEMBAR

18/38



POTONGAN MELINTANG B-B
SKALA 1 : 500
 Satuan gambar dalam mm



POTONGAN MEMANJANG A-A
SKALA 1 : 500
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

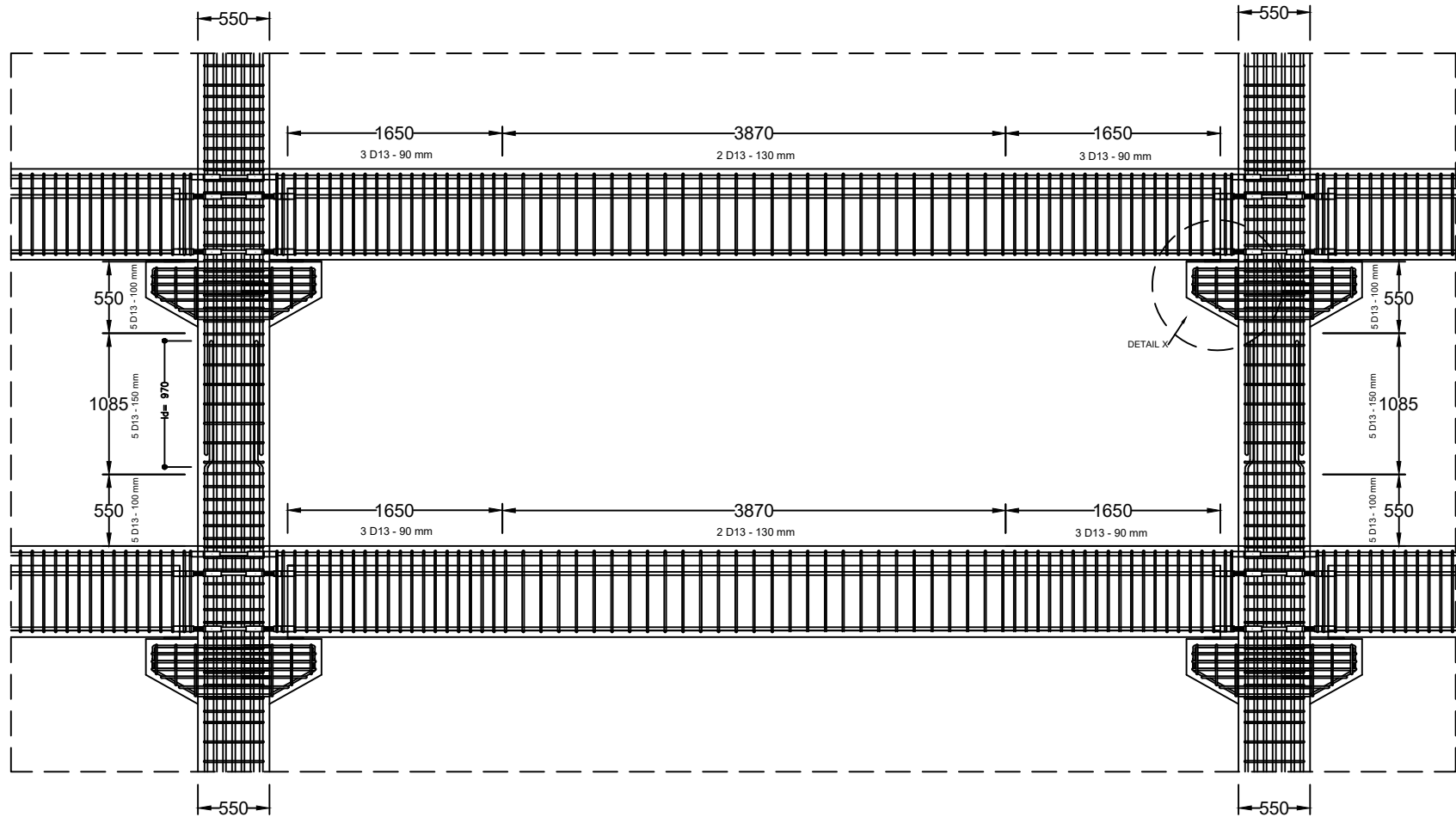
JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA
 Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR
 POTONGAN MELINTANG DAN
 MEMANJANG

NO / TOTAL LEMBAR
 19/38



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

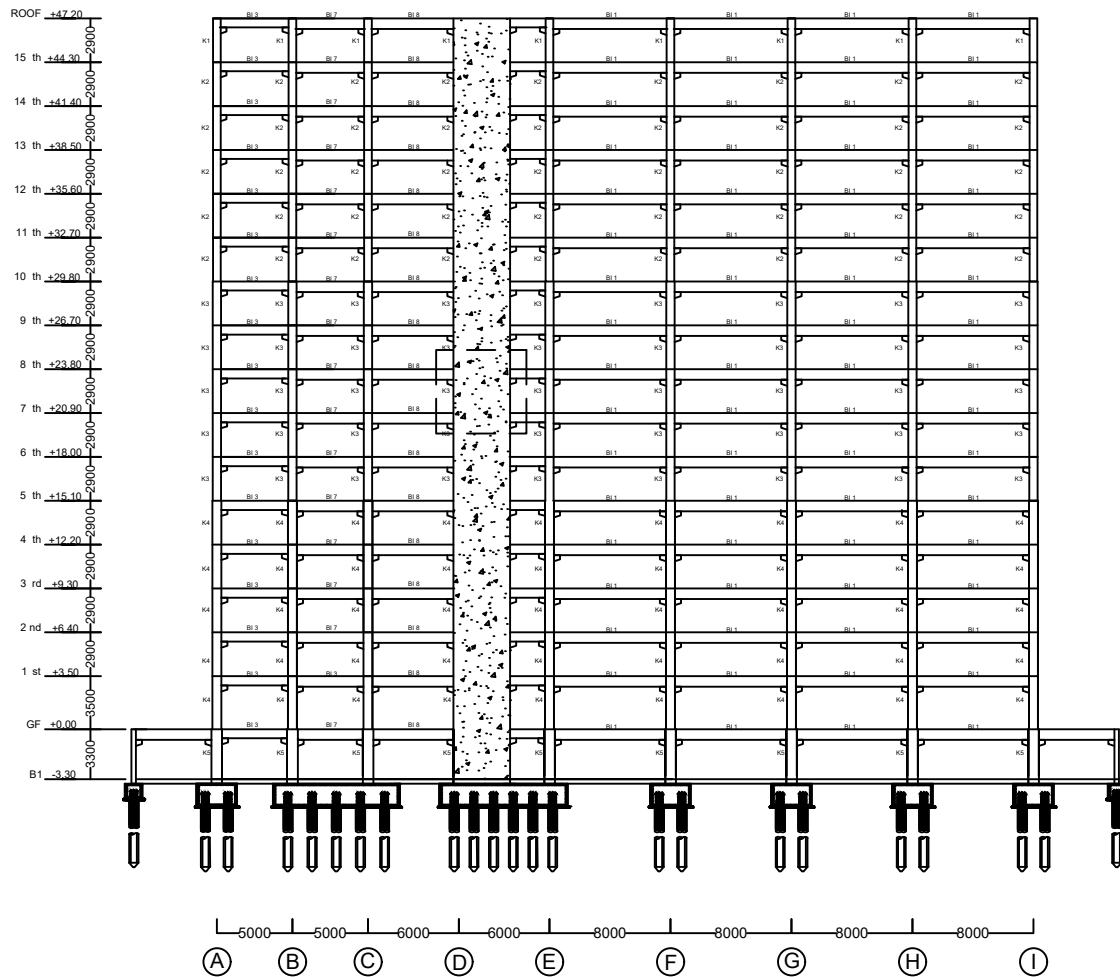
DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D


MAHASISWA
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR
DENAH POTONGAN
MEMANJANG

NO / TOTAL LEMBAR

20/38




POTONGAN MEMANJANG C-C
 SKALA 1 : 500
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

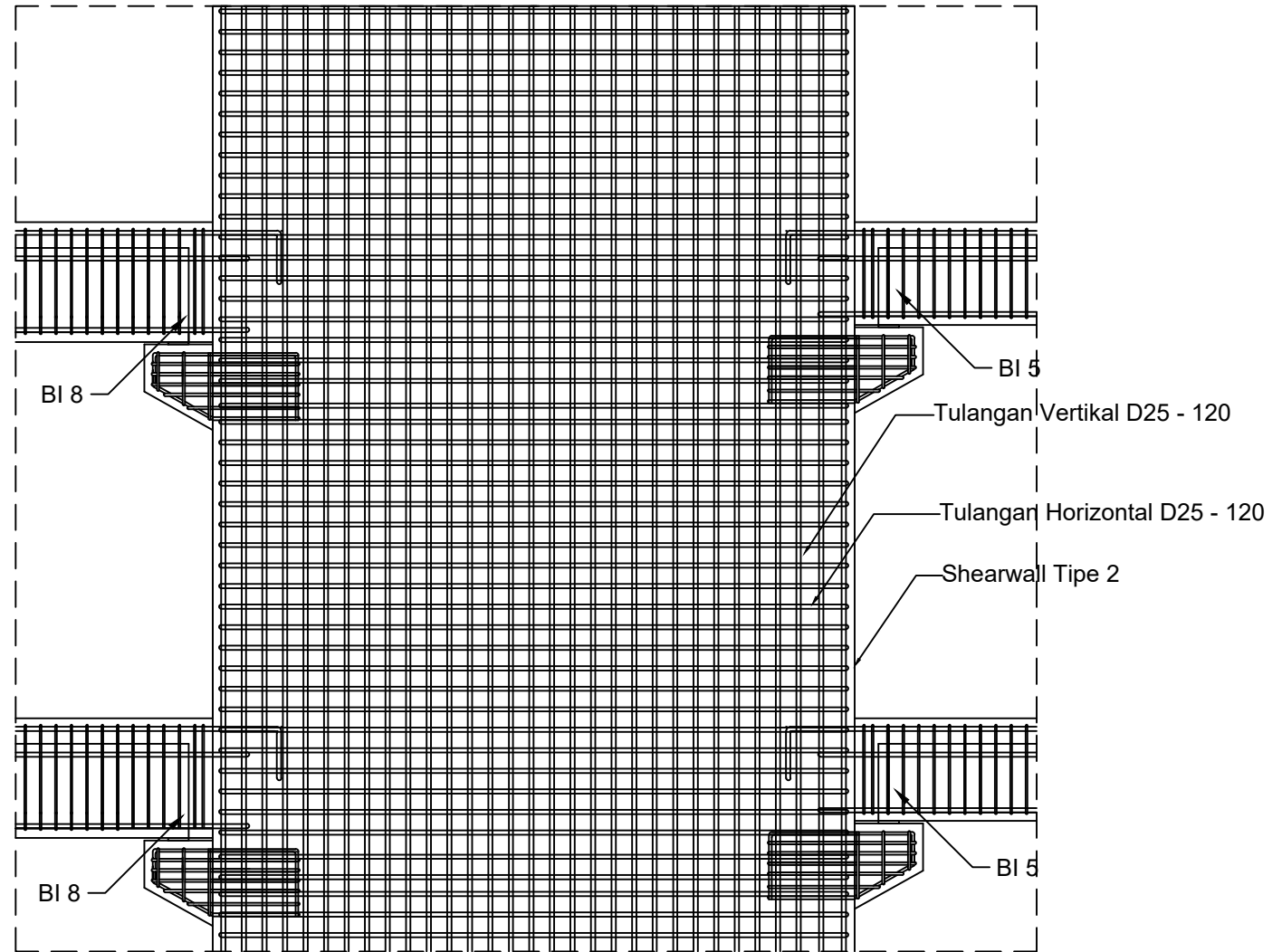
JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA


DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA
 Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR
 POTONGAN MEMANJANG C-C

NO / TOTAL LEMBAR
 21/38




DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN SHEARWALL
 SKALA 1 : 40
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

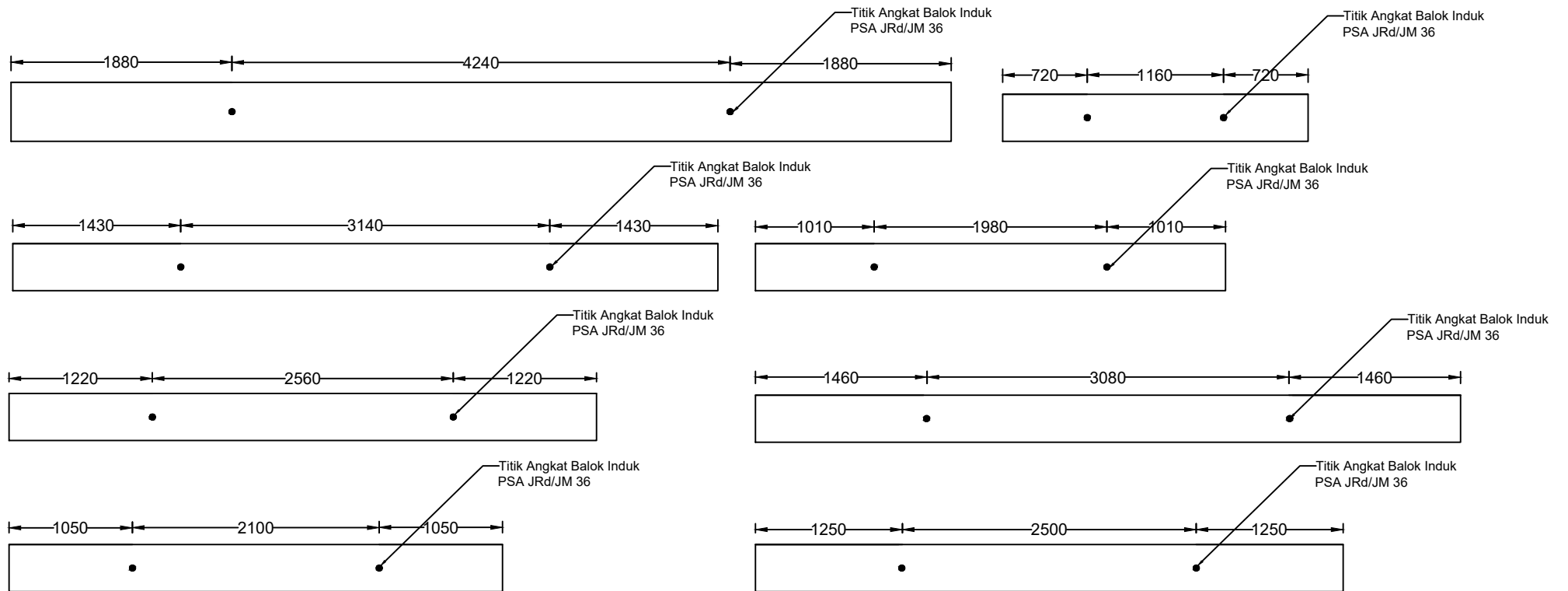
DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA
 Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR
 DETAIL SAMBUNGAN BALOK
 INDUK DAN SHEARWALL

NO / TOTAL LEMBAR

22/38



TITIK ANGKAT BALOK INDUK
SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

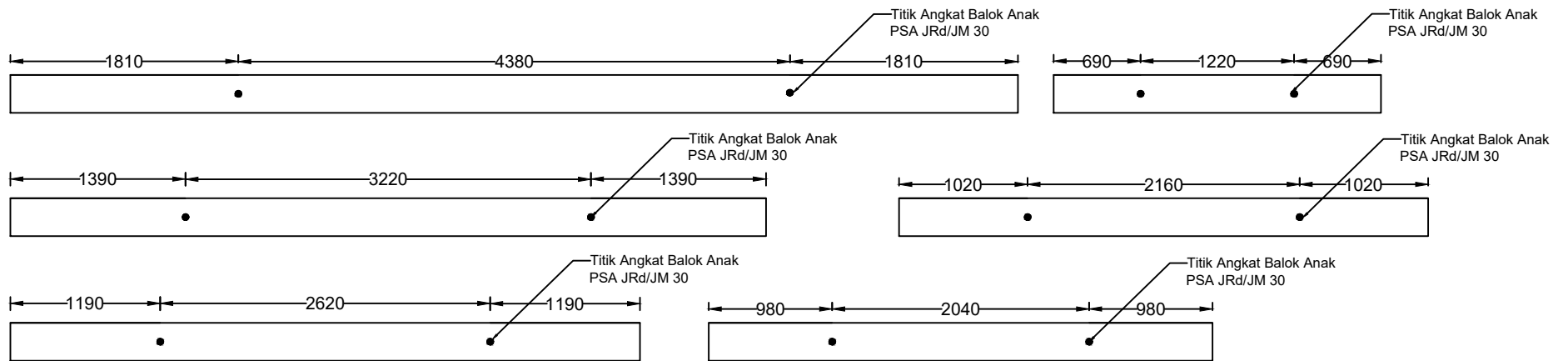
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR

TITIK ANGKAT BALOK
 INDUK

NO / TOTAL LEMBAR

23/38



TITIK ANGKAT BALOK ANAK

SKALA 1 : 50

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

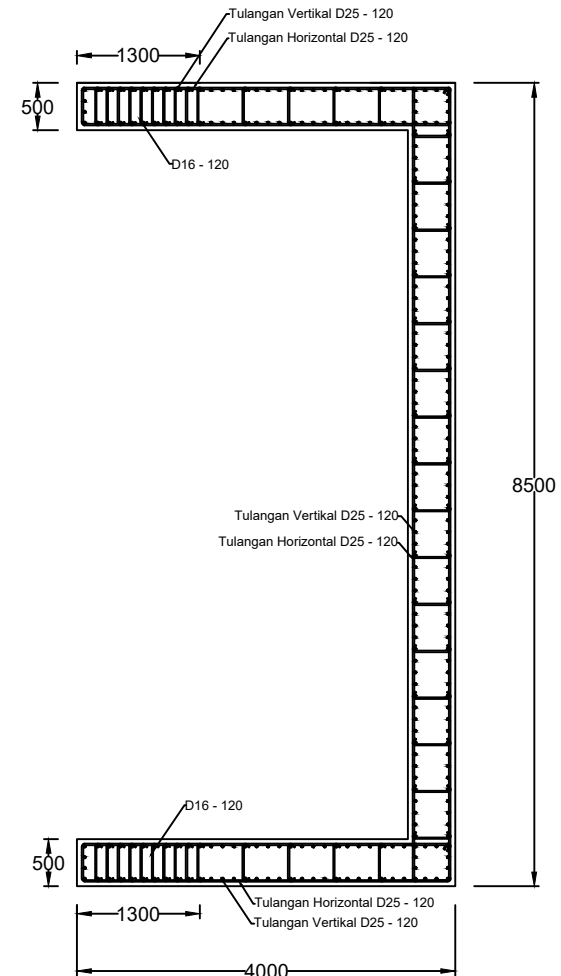
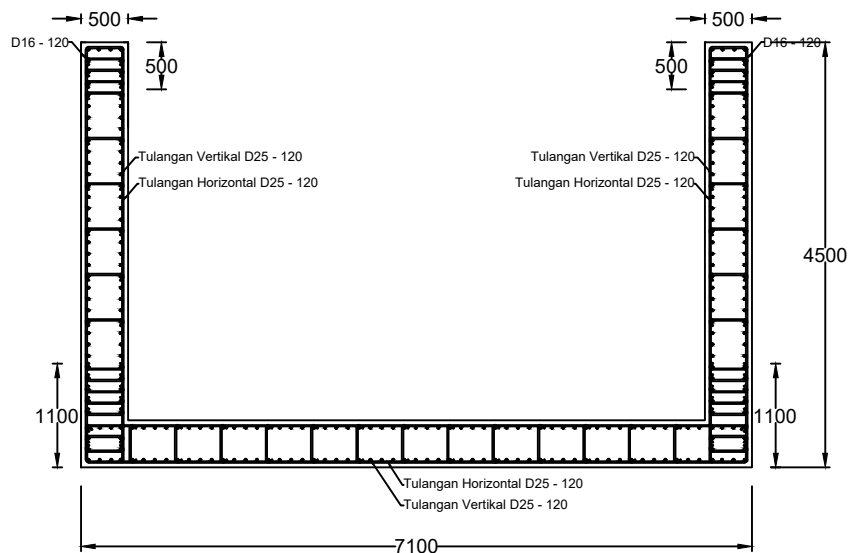
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)


JUDUL GAMBAR

TITIK ANGKAT BALOK
ANAK

NO / TOTAL LEMBAR

24/38




DETAIL PENULANGAN SHEARWALL
 SKALA 1 : 80
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

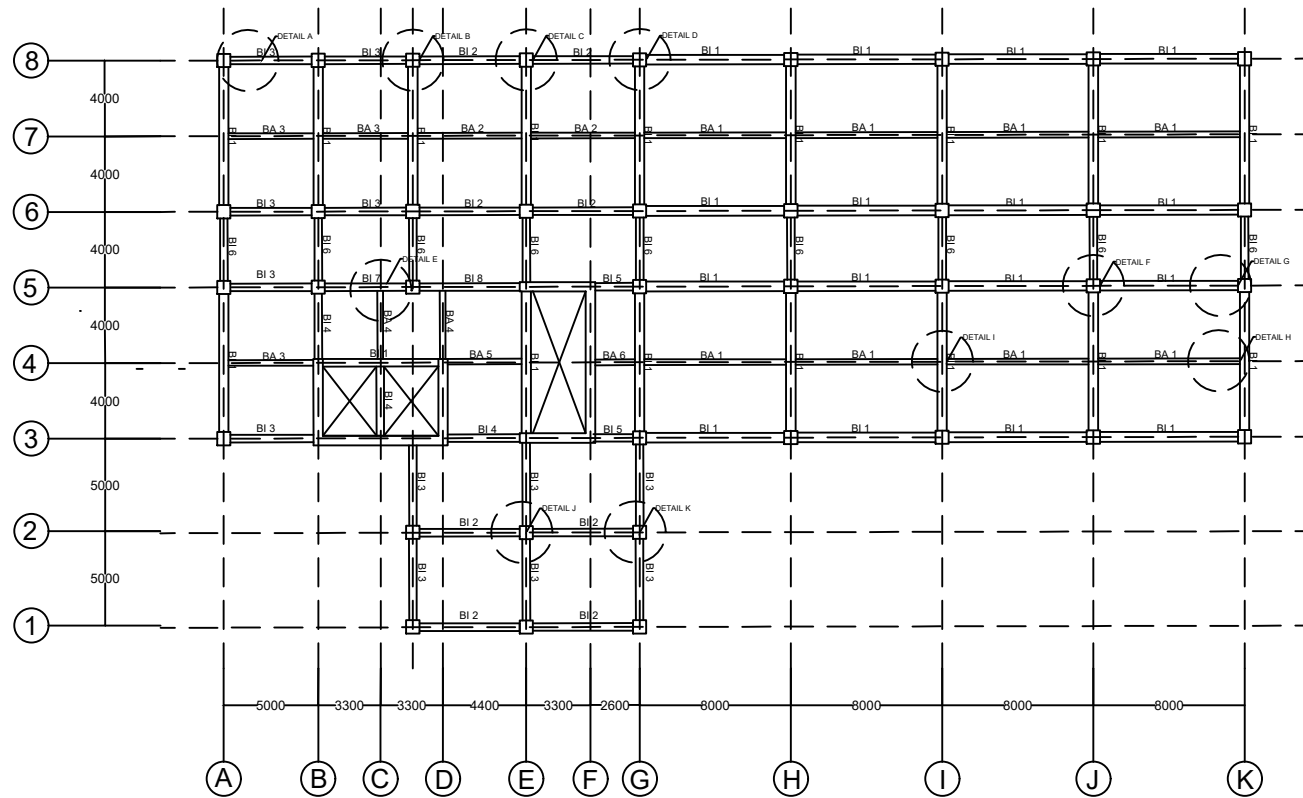
JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA
 Diana Dwi Yunita
 (03111540000104)

JUDUL GAMBAR
 DETAIL PENULANGAN
 SHEARWALL

NO / TOTAL LEMBAR
 25/38



PERENCANAAN SAMBUNGAN Lt. 7

SKALA 1 : 400

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

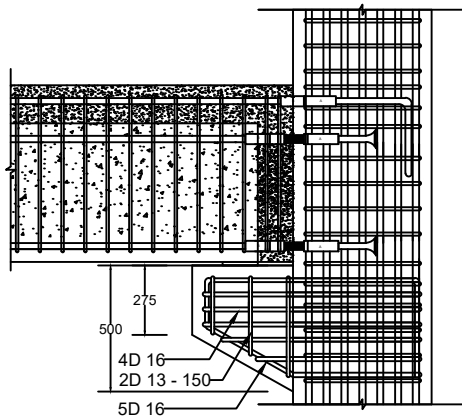
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

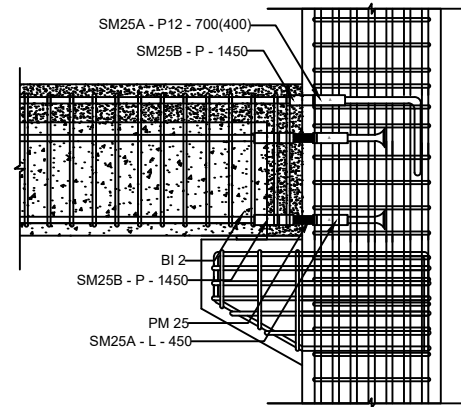
RENCANA SAMBUNGAN

NO / TOTAL LEMBAR

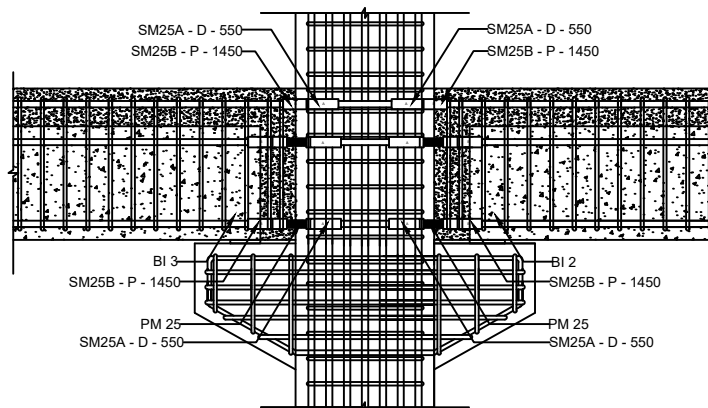
26/38



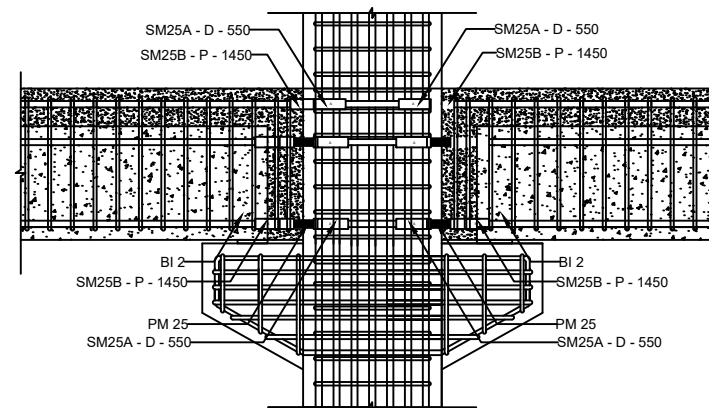
DETAIL PENULANGAN KONSOL (DETAIL X)
SKALA 1 : 15
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN SINGLE SIDED BI 3 - K3 (DETAIL A)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN DOUBLE SIDED BI 3 - K3 - BI 2 (DETAIL B)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN DOUBLE SIDED BI 2 - K3 - BI 2 (DETAIL C)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

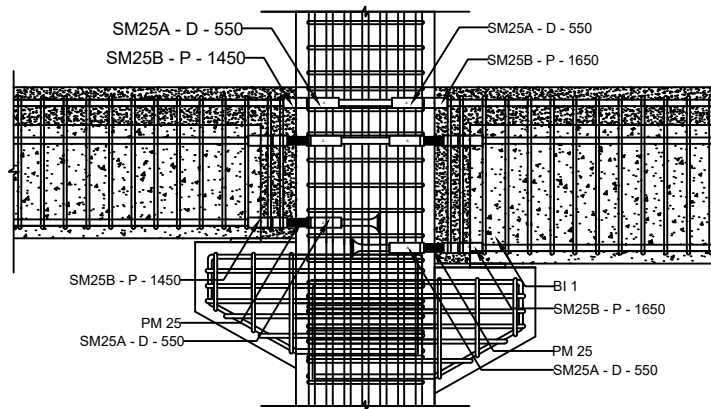
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

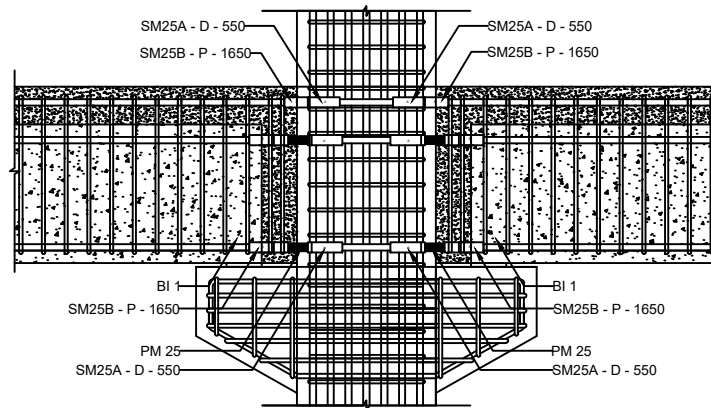
MAHASISWA
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR
DETAIL SAMBUNGAN

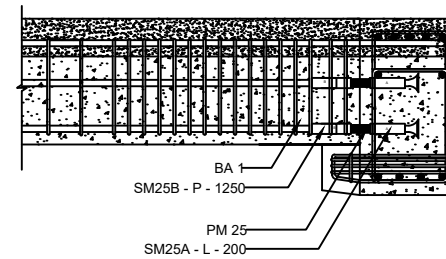
NO / TOTAL LEMBAR
27/38



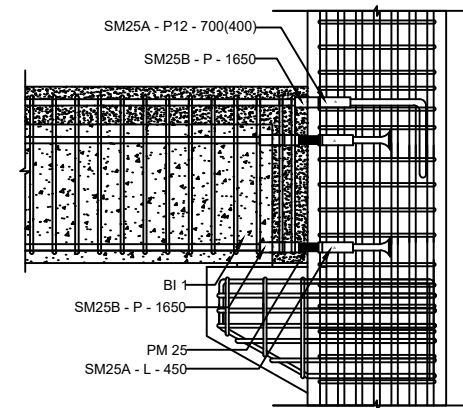
DETAIL SAMBUNGAN DOUBLE SIDED BI 2 - K3 - BI 1 (DETAIL D)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN DOUBLE SIDED BI 1 - K3 - BI 1 (DETAIL F)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN SINGLE SIDED BI 7 - BA 1 (DETAIL E)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN SINGLE SIDED BI 1 - K3 (DETAIL G)
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

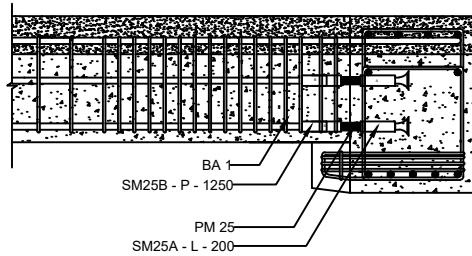
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

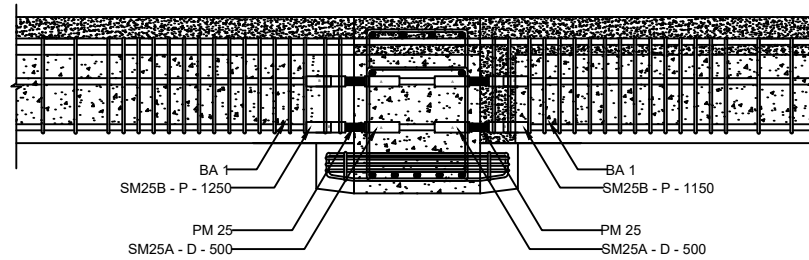
MAHASISWA
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)


JUDUL GAMBAR
DETAIL SAMBUNGAN

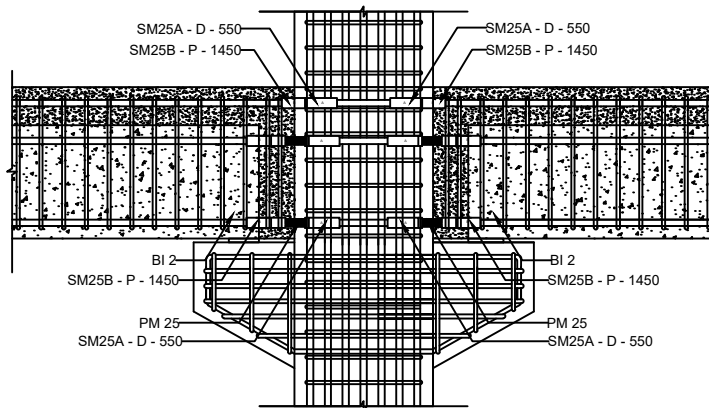
NO / TOTAL LEMBAR
28/38




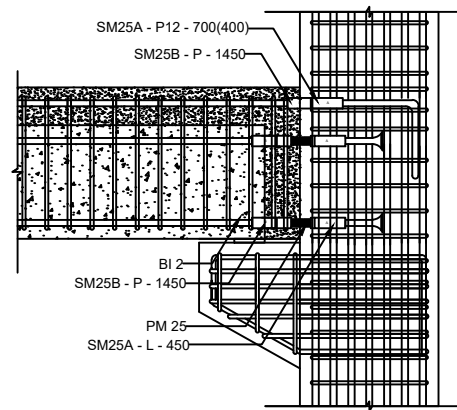

DETAIL SAMBUNGAN SINGLE SIDED BI 1 - BA 1 (DETAIL H)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm





DETAIL SAMBUNGAN DOUBLE SIDED BI 1 - BA 1 (DETAIL I)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL SAMBUNGAN DOUBLE SIDED BI 2 - K3 - BI 2 (DETAIL J)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL SAMBUNGAN SINGLE SIDED BI 2 - K3 (DETAIL K)
 SKALA 1 : 30
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

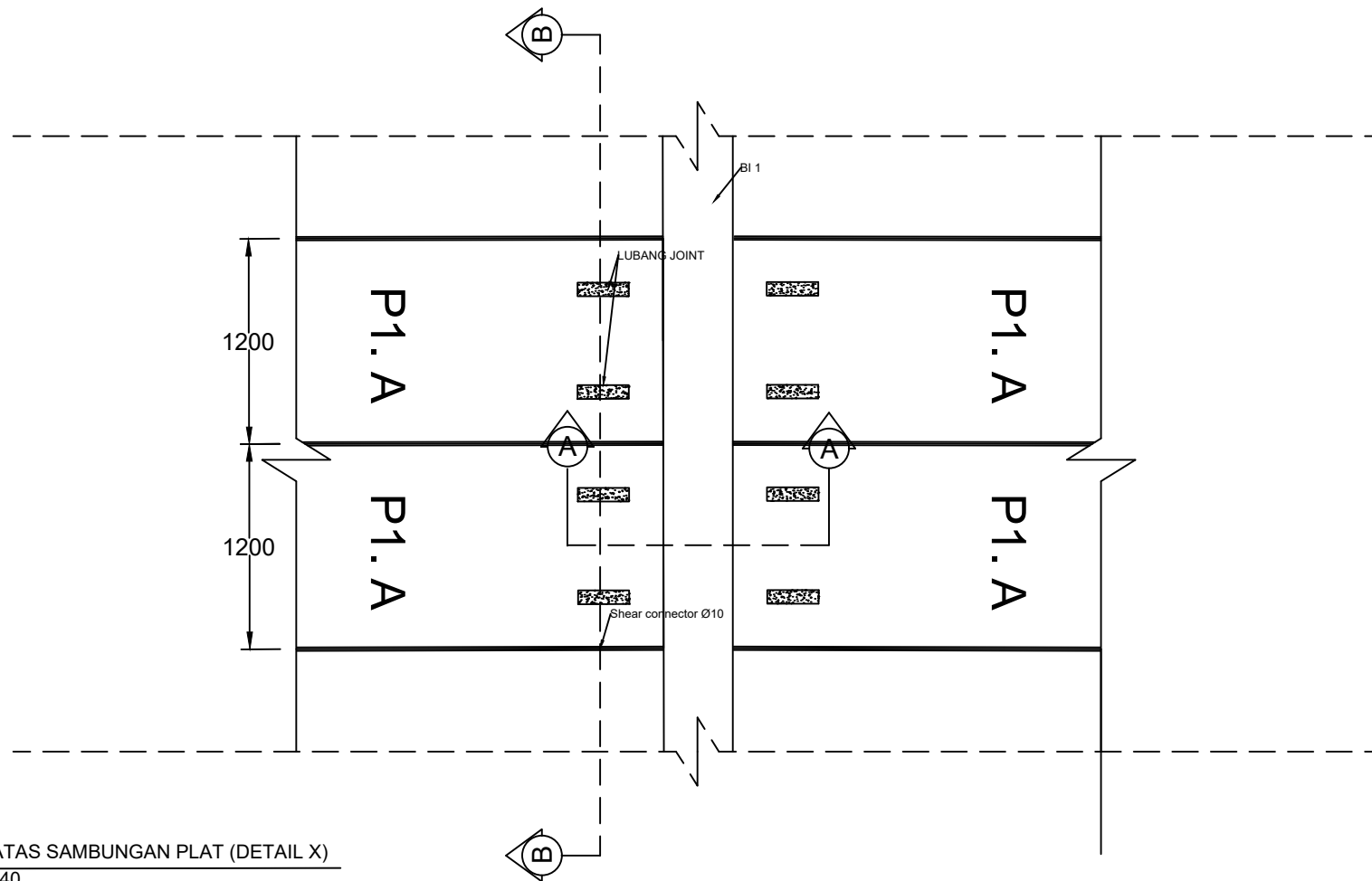
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN

NO / TOTAL LEMBAR

29/38



TAMPAK ATAS SAMBUNGAN PLAT (DETAIL X)

SKALA 1 : 40

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

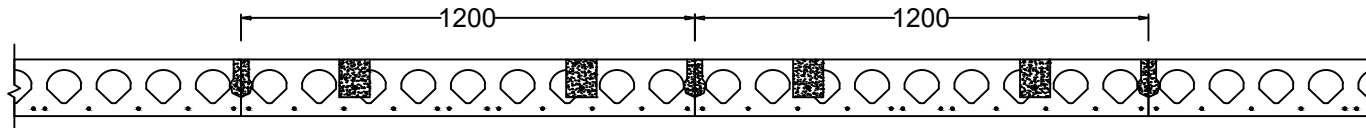
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

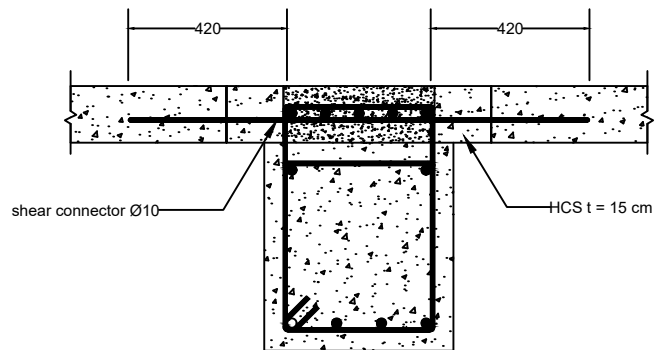
TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
PLAT

NO / TOTAL LEMBAR

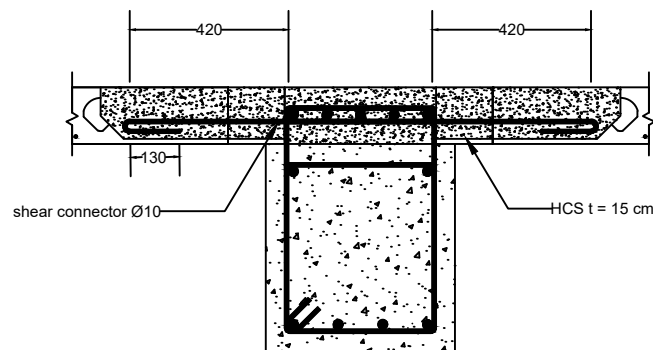
30/38



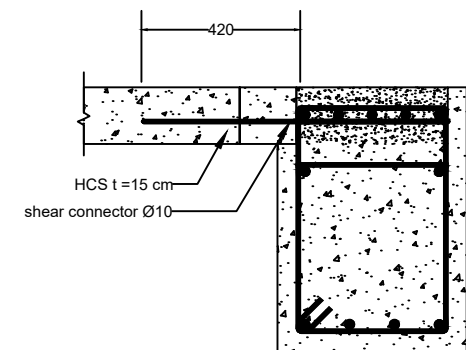
DETAIL POTONGAN B - B
SKALA 1 : 20
Satuan gambar dalam mm



DETAIL POTONGAN A - A
SKALA 1 : 20
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN SAMPING PLAT DAN BALOK (DETAIL Y)
SKALA 1 : 20
Satuan gambar dalam mm



DETAIL SAMBUNGAN PERLETAKAN UJUNG (DETAIL Z)
SKALA 1 : 20
Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

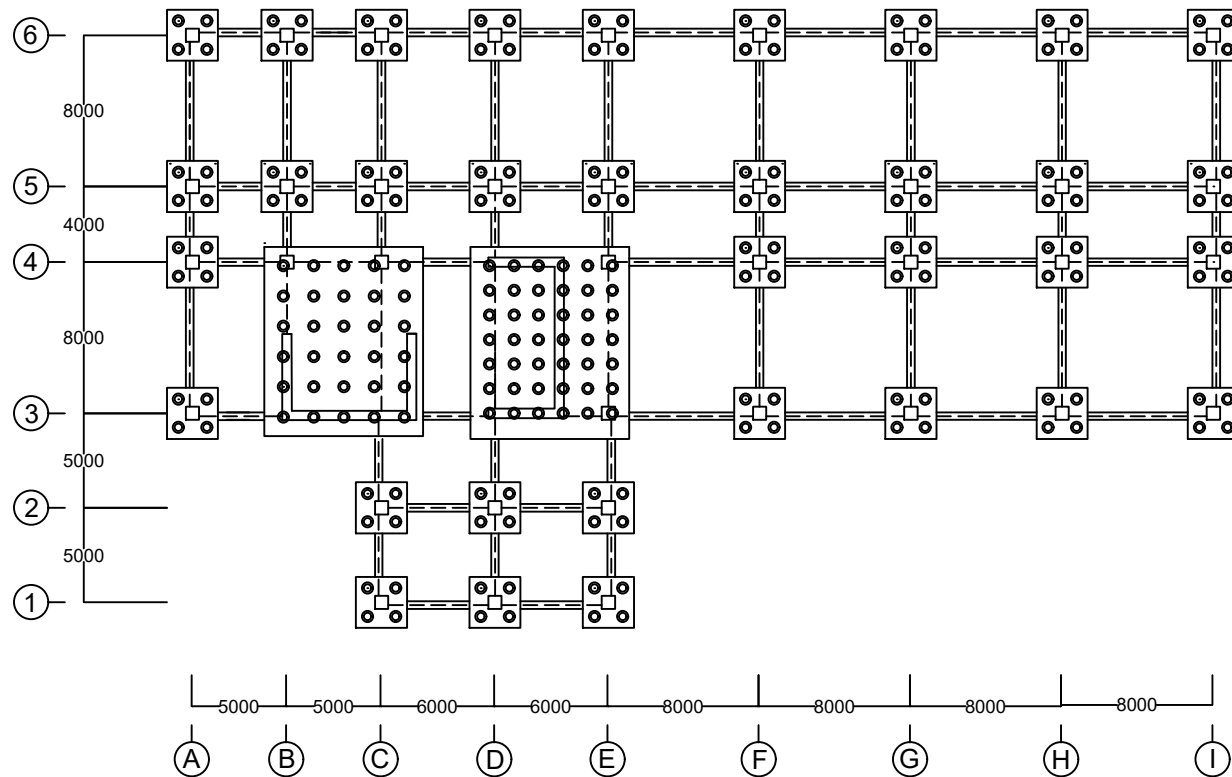
JUDUL TUGAS AKHIR
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA
Diana Dwi Yunita
(03111540000104)

JUDUL GAMBAR
DETAIL SAMBUNGAN
BALOK-PLAT

NO / TOTAL LEMBAR
31/38




RENCANA PONDASI
 SKALA 1 : 400
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

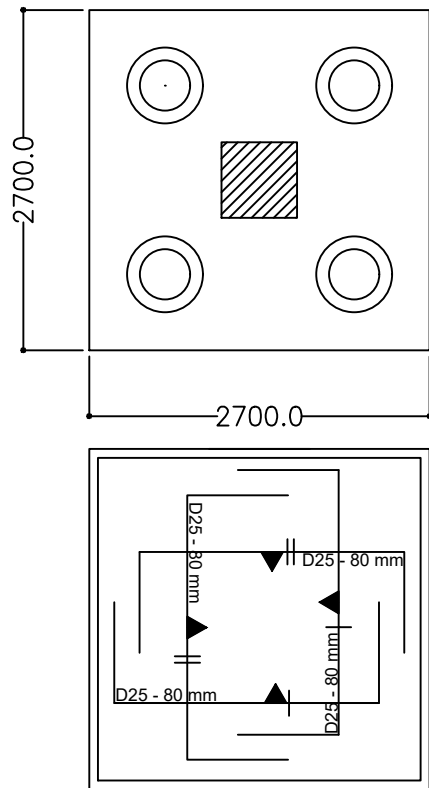
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA PONDASI

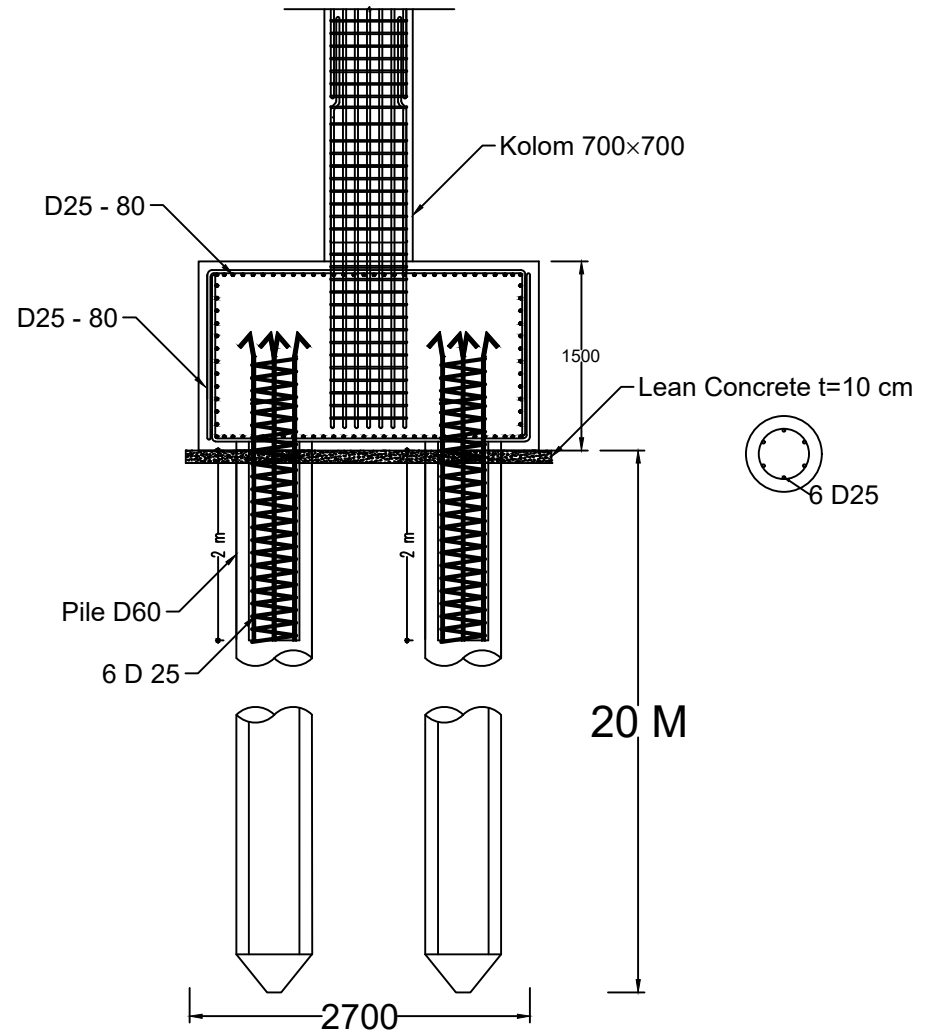
NO / TOTAL LEMBAR

32/38



 **DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 1**
SKALA 1 : 60

Satuan gambar dalam mm



 **DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 1**
SKALA 1 : 60

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

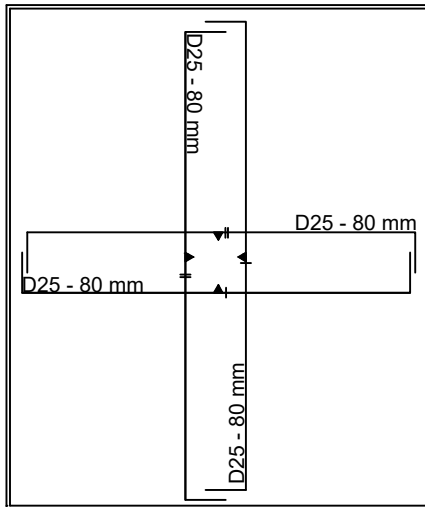
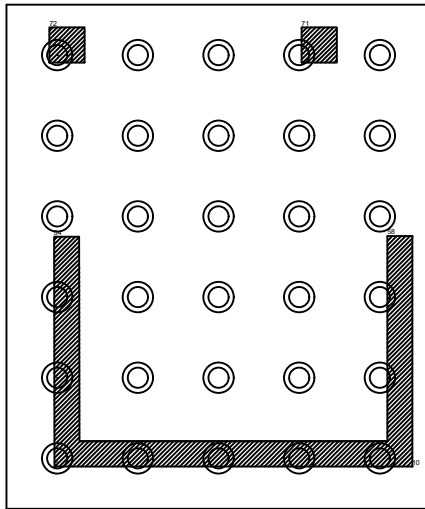
DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D


MAHASISWA
 Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

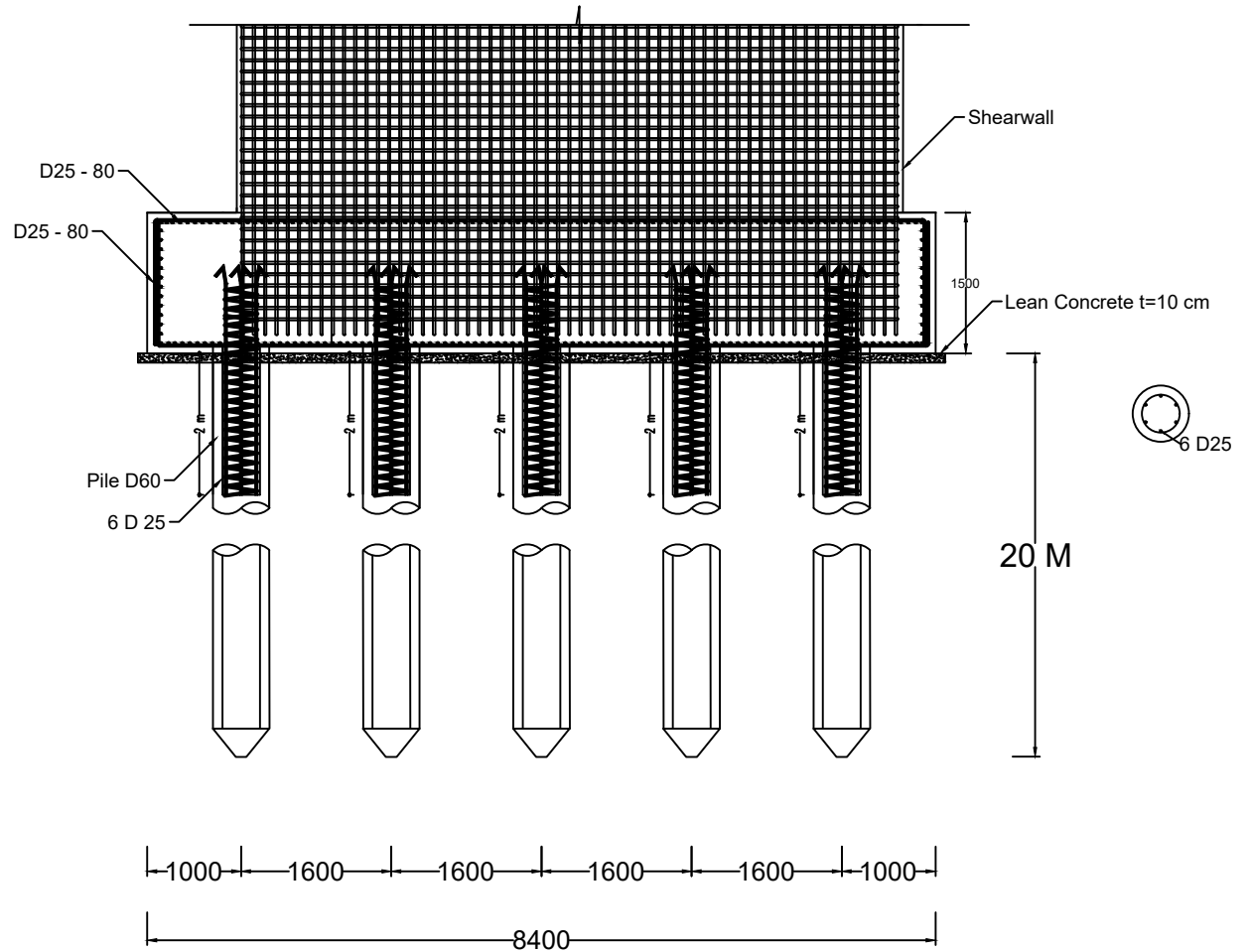
JUDUL GAMBAR
 DETAIL PENULANGAN
 PONDASI TIPE 1

NO / TOTAL LEMBAR

33/38




DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 2
 SKALA 1 : 150
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 3
 SKALA 1 : 80
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

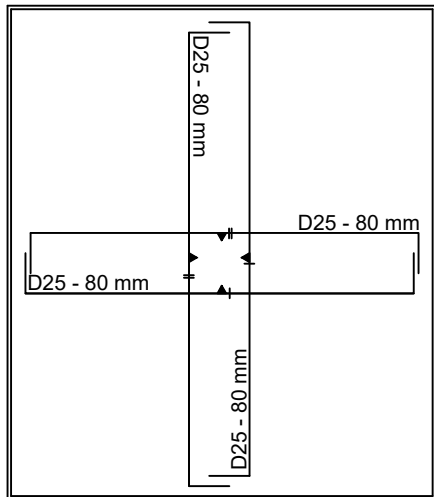
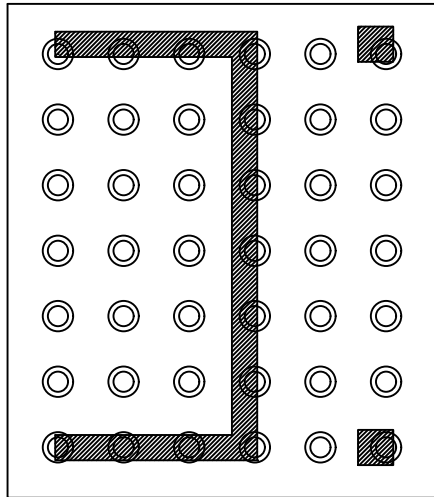
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)


JUDUL GAMBAR

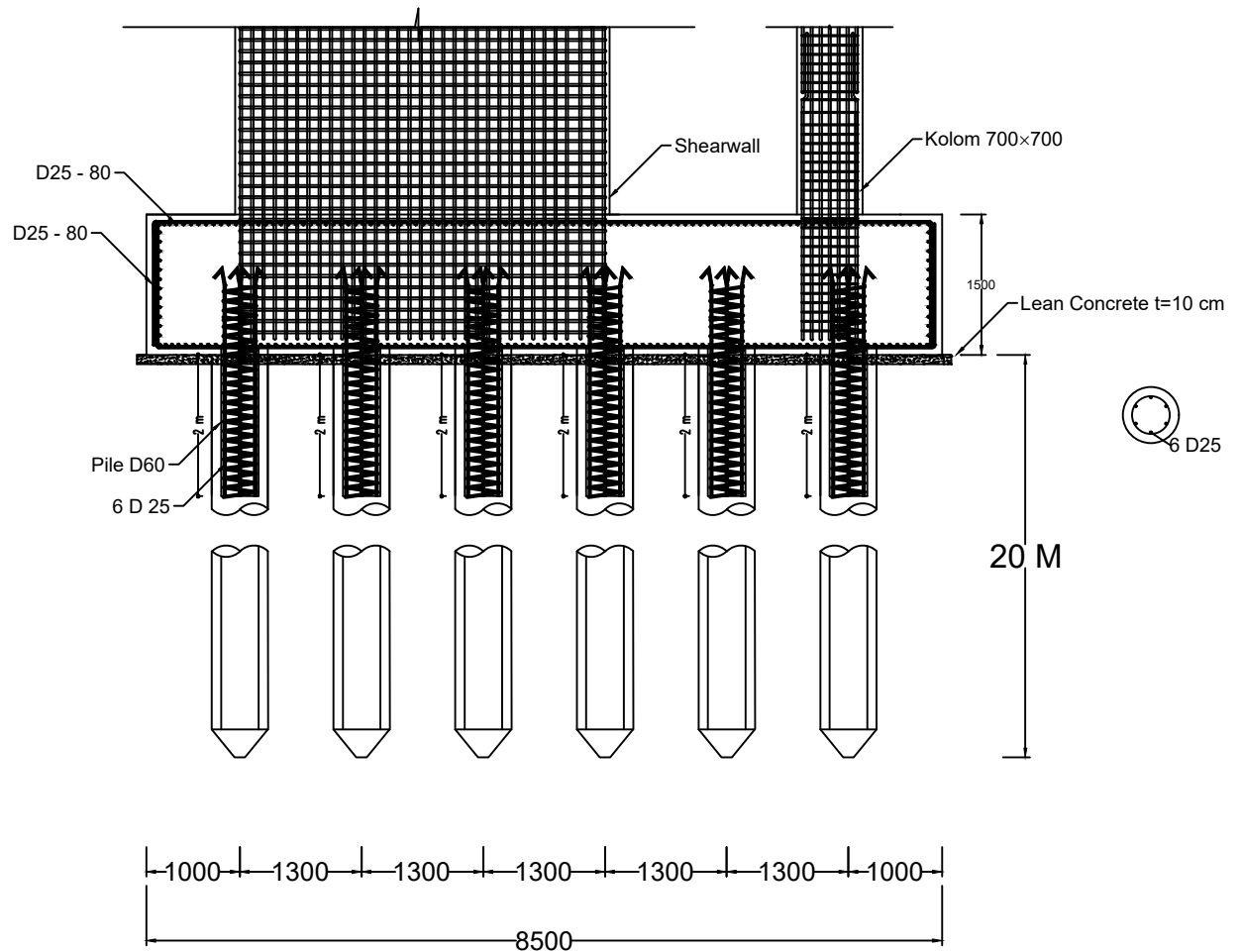
DETAIL PENULANGAN
 PONDASI TIPE 2


NO / TOTAL LEMBAR

34/38




DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 3
 SKALA 1 : 150
 Satuan gambar dalam mm




DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE 3
 SKALA 1 : 80
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

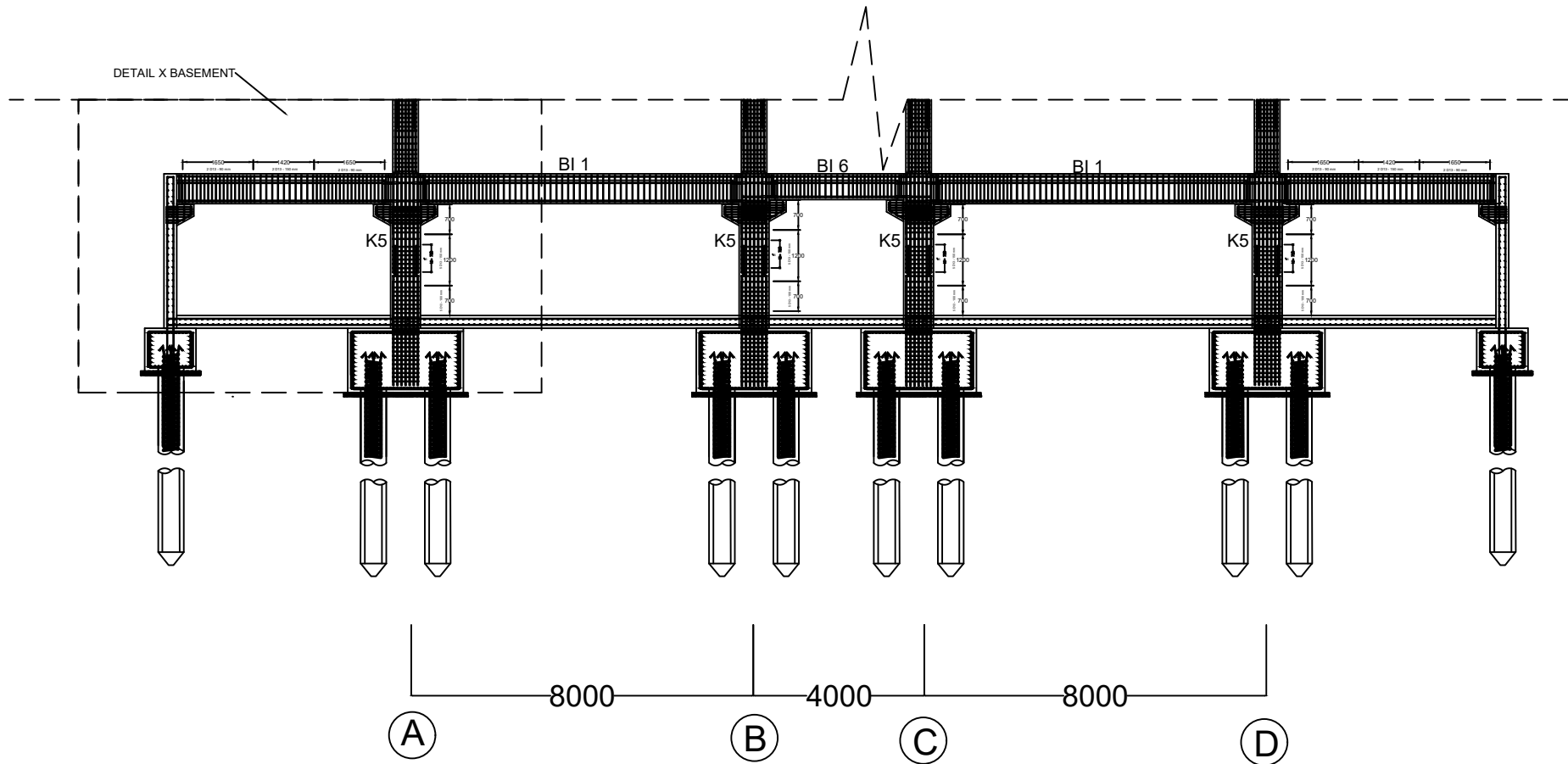
Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)


JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
 PONDASI TIPE 3

NO / TOTAL LEMBAR

35/38




POTONGAN MELINTANG B-B BASEMENT
SKALA 1 : 150
 Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN
 TEKNIK SIPIL

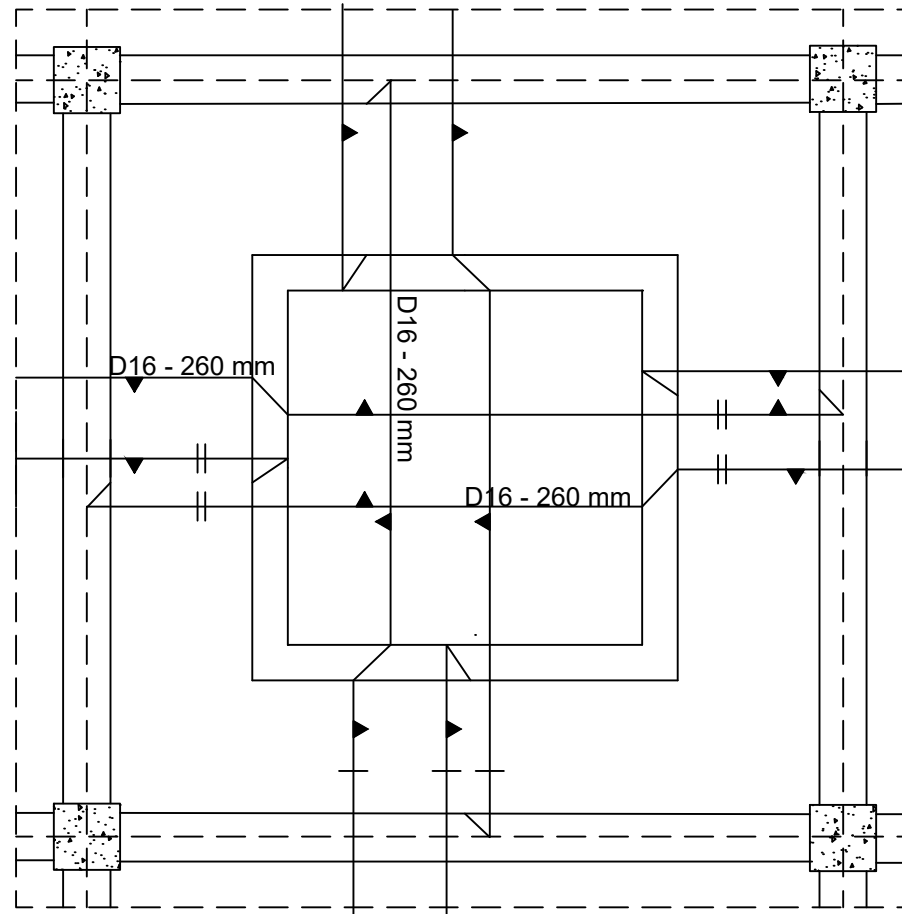
JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
 MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
 HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
 GANDA

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
 Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA
 Diana Dwi Yunita
 (0311154000104)

JUDUL GAMBAR
 POTONGAN BASEMENT

NO / TOTAL LEMBAR
 36/38



DETAIL PENULANGAN PLAT BASEMENT

SKALA 1 : 80

Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

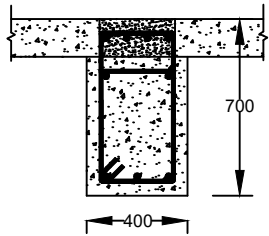
Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

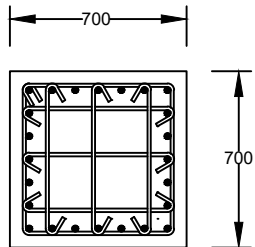
DETAIL PENULANGAN PLAT
BASEMENT

NO / TOTAL LEMBAR

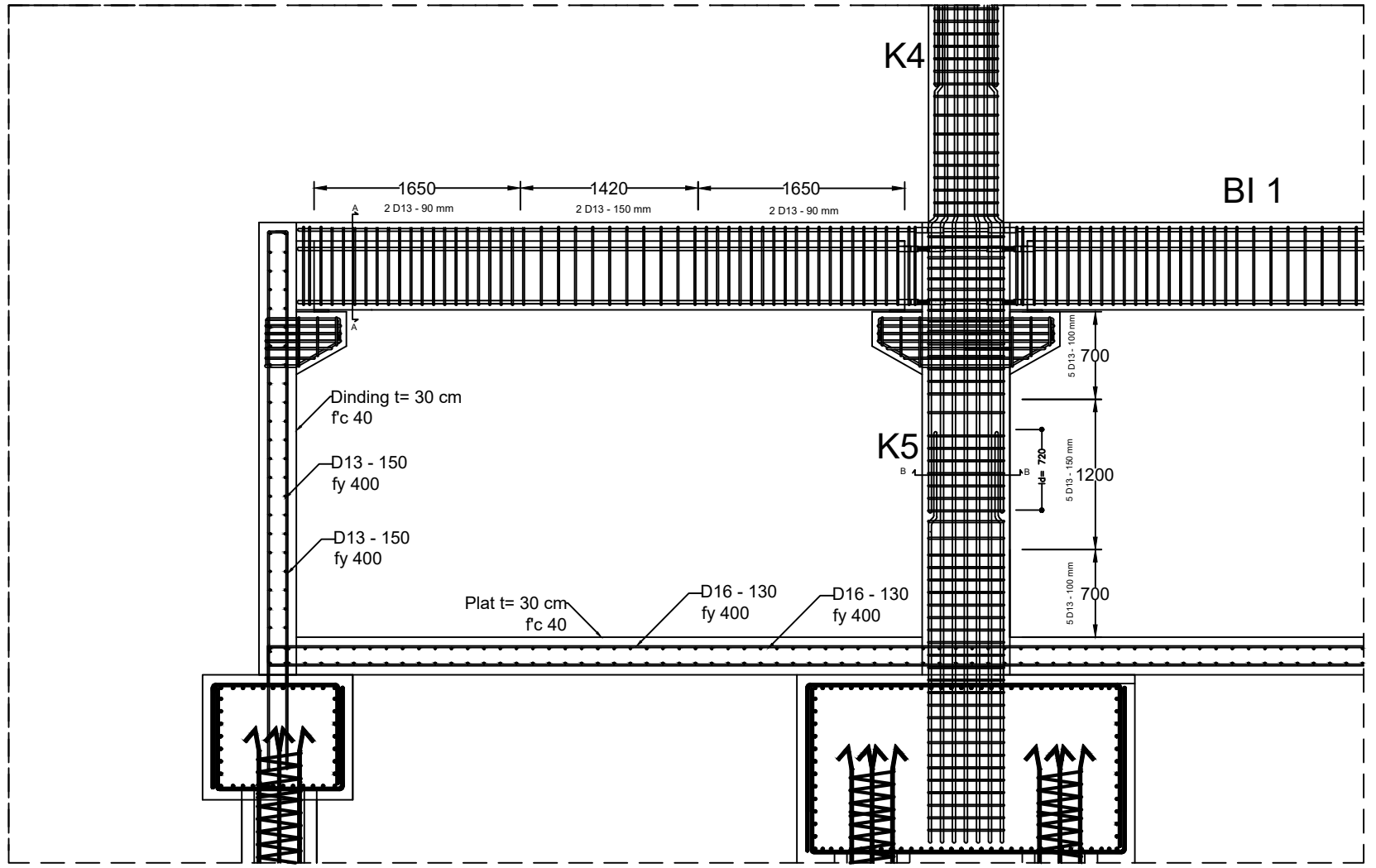
37/38



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 30
Satuan gambar dalam mm



DETAIL PENULANGAN DINDING DAN PLAT BASEMENT (DETAIL X)
SKALA 1 : 50
Satuan gambar dalam mm



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG ISABELLA TOWER BEKASI
MENGUNAKAN ELEMEN PRACETAK DAN
HOLLOW CORE SLABS DENGAN SISTEM
GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D

MAHASISWA

Diana Dwi Yunita
(0311154000104)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
DINDING DAN PLAT
BASEMENT

NO / TOTAL LEMBAR

38/38



Form AJ/TA-04
rev.01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt. 2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111
Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka |
| NAMA MAHASISWA | : Diana Dwi Yunita |
| NRP | : 0311540000109 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Isabella Tower Betasi Menggunakan Elemen Pracetak dan Hollow Core Slab dengan Sistem Ganda |
| TANGGAL PROPOSAL | : 29 Oktober 2018 |
| NO. SP-MMTA | : 086123 / IT 2. VI 4 1 / PP.00.02.00 / 2018 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|---------|---|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 19/12 | - Preliminary design balok, plat, kolom, dan dinding geser | - review dimensi plat hollow core - penentuan struktur gedung | <i>Pas</i> |
| 2 | 10/12 | - review - kontrol kapasitas plat - momen pengangkatan | - perhitungan paku-paku - kontrol momen plat - kontrol geser - kontrol lendutan | <i>Pas</i> |
| 3 | 18/12 | - perhitungan paku-paku - kontrol momen plat - perhitungan pengangkatan | - kontrol momen retak - kontrol momen retak - perencanaan sambungan | <i>Pas</i> |
| 4 | 24/12 | - kontrol geser - kontrol lendutan - kontrol momen retak | - Sambungan balok dan plat - sambungan balok dan dinding geser | <i>Pas</i> |
| 5 | 8/12 | - review kontrol retak - sambungan kolom - balok induk - sambungan balok anak - balok induk | - sambungan plat dan tangga - detail penulangan korbel | <i>Pas</i> |
| 6 | 22/12 | - sambungan balok dan plat - sambungan balok dan dinding geser | - gambar perencanaan | <i>Pas</i> |
| 7 | 29/12 | - sambungan plat dan tangga - penulangan tangga dari balok - detail penulangan korbel | - review penulangan korbel dan sambungan | <i>Pas</i> |
| 8 | 15/12 | - gambar perencanaan | | <i>Pas</i> |
| 9 | 22/12 | - review | | <i>Pas</i> |



Form AA/TA-54
MCM

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukoharjo, Surabaya 507111
Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947234



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMENBING | : Ir. Feoman, M.Sc, PhD |
| NAMA MAHASISWA | : Diana Dwi Yurto |
| NRP | : 0310540000104 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Restorasi Tower Bekan Menggunakan Elemen Pascatek dan Hollow Core Slab dengan Sistem Lantai |
| TANGGAL PROPOSAL | : 29 Oktober 2018 |
| NO. SP-MMTA | : 086123 / IT2 VI. 4.1 / PP. 05 02 00 / 2018 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|---------|--|---|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 20/11 | - Preliminary design balok, plat, kolom dan dinding geser | - review dokumen sebelum pelaksanaan pembebasan kolom awal dan kerat susut kolom - penjabaran + penjabaran struktur | f |
| 2 | 3/12 | - Periode geser struktur, kontrol total pembebasan, kontrol momen geser dan torsi, mass source, dual systems | - review penjabaran model core di etabs - review penjabaran momen - review penjabaran gempa - review momen geser dan torsi - review momen geser dan torsi | f |
| 3 | 16/12 | - final model core, mass source, penjabaran gempa, Momen geser dan torsi dan eksentrisitas | - review gempa drift diperbolehkan - review eksentrisitas diurutkan kembali | f |
| 4 | 23/12 | - review - penjabaran plat hollow core - penjabaran balok sekunder (momen torsi) | - penjabaran hollow core kudu - momen regang - penjabaran momen eksentrisitas - penjabaran momen torsi | f |
| 5 | 5/1 | - review - penjabaran balok sekunder (momen geser) | - penjabaran momen torsi + geser | f |
| 6 | 12/1 | - penjabaran momen (momen torsi + geser) - balok primer dengan torsi | - review torsi akibat beban geser - kontrol torsi - momen torsi dan dinding geser | f |
| 7 | 26/1 | - penjabaran floor diumumkan saat kontrol strong column weak beam - penjabaran floor column diarahkan kembali - penjabaran geser kolom | - penjabaran momen torsi - penjabaran momen torsi | f |
| 8 | 5/2 | - kontrol dinding geser - komposisi vertikal, dengan logika - review | - penjabaran momen torsi - penjabaran momen torsi | f |

BIODATA PENULIS



Diana Dwi Yunita

Lahir di Surabaya, pada 13 Juni 1997, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara pasangan M. Imam Hayattudin dan Sugiati. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN. Pacarkeling V, SMPN 6 Surabaya, dan SMAN 5 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) Surabaya melalui Program Sarjana dan terdaftar dengan NRP. 03111540000104. Selama menempuh studi, penulis aktif di organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa ITS sebagai Asisten Manajer Pewacanaan. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur dengan mengambil judul tugas akhir “**Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Isabella Tower Bekasi Menggunakan Elemen Pracetak dan *Hollow Core Slab* dengan Sistem Ganda**”.

Narahubung

Email : dianadwiunita13@gmail.com