



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG CIMB TOWER
SEMARANG DENGAN SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA**

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

Dosen Pembimbing I
Ir. Faimun, MSc., Ph.D

Dosen Pembimbing II
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMENT TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG CIMB TOWER
SEMARANG DENGAN SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA**

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

Dosen Pembimbing I
Ir. Faimun, MSc., Ph.D

Dosen Pembimbing II
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMENT TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RC14-1501

**STRUCTURE DESIGN OF CIMB TOWER SEMARANG
BUILDING WITH FABRICATED INTEGRAL STEEL
FLOOR AND EARTHQUAKE RESISTANT SYSTEM**

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

Supervisor I
Ir. Faimun, MSc., Ph.D

Supervisor II
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG CIMB TOWER
SEMARANG DENGAN SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ICHWAN PRIHANANTO

NRP. 3113 100 029

Disetujui oleh pembimbing tugas akhir

1. Ir. Faimun, MSc., Ph.D
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D



**SURABAYA
JULI, 2017**

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG CIMB TOWER SEMARANG DENGAN SISTEM LANTAI PABRIKASI INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

Nama Mahasiswa : Ichwan Prihananto
NRP : 3113100029
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Faimun, MSc., Ph.D
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Abstrak

Semakin berkembangnya pembangunan gedung bertingkat di Indonesia menuntut adanya sebuah teknologi maupun inovasi yang mendukungnya. Beragam metode pelaksanaan menuntut adanya pelaksanaan yang cepat dan kontrol kualitas yang tinggi.

Saat ini sedang dikembangkan sistem beton pracetak. Namun, material beton umumnya berdimensi besar sehingga menyulitkan pada proses pelaksanaan.

Di lain sisi, telah dikembangkan sistem lantai pabrikasi integral, yaitu modular pabrikasi dengan material baja berupa balok, pelat, finishing dan utilitas menjadi kesatuan modular. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan struktur gedung CIMB Tower Semarang dengan sistem lantai pabrikasi integral.

Berdasarkan hasil analisa, rancangan struktur ini dengan penahan gempa 100% shearwall telah memenuhi kontrol gempa SNI 1726-2012 dan kuat menerima beban gravitasi. Modular lantai pabrikasi integral tersebut direncanakan sebesar 8x8m terdiri dari pelat lantai bondek 9 cm, 3 balok tengah, dan balok tepi di semua sisi. Balok berupa rangka batang dibagi 2 segmen untuk efisiensi berat. Sambungan yang digunakan antara lain: baut-mur pada modular lantai dengan kolom dan antar kolom, las pada modular lantai pabrikasi. Metode pelaksanaan meliputi fabrikasi modular di pabrik, transportasi dari pabrik ke lokasi proyek dan ereksi modular di lokasi proyek, perakitan modular di lokasi proyek, dan perawatan modular. Perencanaan struktur bawah dari

hasil perhitungan didapat, dinding basement tebal 30 cm dengan tulangan lentur D22 – 125 dan tulangan bagi D22 – 750. Pondasi menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 42 m.

Kata kunci: Lantai Pabrikasi, Lantai Integral, Gedung Tahan Gempa, Bangunan Baja

STRUCTURE DESIGN OF CIMB TOWER SEMARANG BUILDING WITH FABRICATED INTEGRAL STEEL FLOOR AND EARTHQUAKE RESISTANT SYSTEM

Name : Ichwan Prihananto
NRP : 3113100029
Major : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : 1. Ir. Faimun, MSc., Ph.D
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Abstract

The rapidly growth of the construction of building in Indonesia requires the development of technologies or innovation supporting it. Various construction methods require fast implementation and high quality control.

Currently, a precast concrete system is being developed. However, concrete material has a large dimension. It makes difficult on the implementation process.

On the other hand, it has been developed an integral floor systems, a manufactured steel modular consists of beams, slabs, finishing, and utilites merged into a single modular. This final project is structure design of CIMB Tower semarang building with fabricated integral floor system.

Based on the results of the analysis, the design of this stucture with 100% shearwall earthquake resistant has fulfilled the seismic control of SNI 1726-2012 and strongly receives gravity load. The modular fabricated integral floor is planned 8x8m consists of 9 cm bondek slabs, 3 center beams, and edge beams on all sides. This beam is truss frames divides by 2 segments for heavy efficiency. Connections used : bolts on the floor's modular with columns and columns to columns, welding on modular fabricated floor. Implementation methods include modular fabrication at plant, transportation from factory to project site and modular erection at project site, modular assembly at project site, and modular maintenance. Design of the bottom structure from the

calculation obtained results, 30 cm thick basement wall with bending reinforcement D22 – 125 and divide reinforcement D22 – 750. Foundation uses a 60 cm pile diameter with a depth of 42 m.

Keywords: Fabricated floor, Integral floor, Earthquake Resistant Building, Steel Building

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir berjudul “Perancangan Struktur Gedung CIMB Tower Semarang dengan Sistem Lantai Pabrikasi Integral Baja Tahan Gempa” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah membantu penulis dalam pembuatan tugas akhir ini, mulai dari rencana, proses, hingga tahap penyusunan. Terutama untuk:

1. Ayah Rohmad Sundarto dan Ibu Sutarmi atas segala dukungan, doa, perhatian, dan kesabaran yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan studi hingga sarjana dan menggapai cita-cita.
2. Bapak Ir. Faimun, MSc., Ph.D dan Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Dosen pengajar dan karyawan di Teknik Sipil ITS yang telah memberikan begitu banyak ilmu teknik sipil untuk memenuhi kebutuhan lulusan yang berkualitas.
4. Kepada Dina Sulastiyo Murti yang selalu mendoakan dan menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Teman-teman IKEMAS SURABAYA dan Kost 27B yang terus memberikan dukungan dan masalah yang membuat hari-hari tidak membosankan.
6. Teman-teman Teknik Sipil S-56 yang terus mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini, semoga jasa anda sekalian dibalas kebaikan oleh-Nya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan sehingga masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena

itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak dalam perbaikan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Cover</i>	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiv
Daftar Tabel	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa	5
2.2. Struktur Rangka Baja <i>Moment Resisting Frame</i>	6
2.3. Perencanaan Elemen Struktur	7
2.3.1. Elemen Pelat	7
2.3.2. Elemen Balok (Rangka Batang)	7
2.3.3. Elemen Kolom Komposit	7
2.4. Jenis Beban	8
2.4.1. Beban Mati	8
2.4.2. Beban Hidup	8
2.4.3. Beban Angin	8
2.4.4. Beban Gempa	8
2.5. Sistem Lantai Pabrikasi Integral	9
2.6. Sambungan	10
2.7. Metode Konstruksi Sistem Pabrikasi	11
2.8. Basement dan pondasi	13

BAB III METODOLOGI	15
3.1. Diagram Alir Perencanaan	15
3.2. Studi Literatur	16
3.3. Preliminary Design	17
3.4. Pembebanan	18
3.4.1. Beban Mati	18
3.4.2. Beban Hidup	18
3.4.3. Beban Angin	19
3.4.4. Beban Gempa	20
3.4.5. Kombinasi Pembebanan	20
3.5. Perencanaan Struktur Sekunder	20
3.6. Pemodelan dan Analisa Strukur	20
3.7. Kontrol Desain	21
3.8. Perencanaan Struktur Utama	21
3.8.1. Desain Balok	21
3.8.2. Desain Kolom	24
3.9. Perencanaan Sambungan	25
3.10. Perencanaan Metode Pelaksanaan	28
3.11. Basement dan pondasi	28
3.11. Membuat Gambar Teknis	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Perencanaan Struktur Sekunder	31
4.1.1. Perencanaan Pelat Lantai	31
4.1.1.1. Perencanaan Pelat Atap	31
4.1.1.2. Perencanaan Pelat Lantai	33
4.1.2. Perencanaan Balok Penggantung Lift	34
4.1.2.1. Spesifikasi Lift	34
4.1.2.2. Rencana Balok Penggantung Lift	35
4.1.3. Perencanaan Tangga dan Bordes	38
4.1.3.1. Perencanaan Tangga	39
4.1.3.2. Perencanaan Pengaku Anak Tangga	41
4.1.3.3. Perencanaan Bordes	44
4.1.3.4. Balok Utama Tangga	48
4.1.3.5. Balok Penumpu Tangga (Melintang)	53

4.1.3.6. Balok Penumpu Tangga (Memanjang)	55
4.2. Permodelan Struktur	58
4.2.1. Pembebanan Struktur Utama	60
4.2.2. Kontrol Desain	64
4.2.2.1. Kontrol Beban Gravitasi	64
4.2.2.2. Kontrol Partisipasi Massa	70
4.2.2.3. Kontrol Periode Getar Struktur	74
4.2.2.4. Kontrol Nilai Akhir Dinamik	75
4.2.2.5. Kontrol Penahan Gempa	76
4.2.2.6. Kontrol Batas Simpangan (<i>drift</i>)	79
4.3. Perencanaan Struktur Utama	85
4.3.1. Perencanaan Balok Lantai Integral	86
4.3.1.1. Analisa Balok Lantai Integral	86
4.3.1.2. Rekapitulasi Analisa Balok Lantai	90
4.3.2. Perencanaan Kolom	94
4.3.2.1. Analisa Struktur Kolom	94
4.3.2.2. Rekapitulasi Analisa Struktur Kolom	100
4.3.3. Perencanaan Pengaku	103
4.3.4. Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja	105
4.3.4.1. Desain Dinding Geser Pelat Baja	105
4.3.4.2. Kontrol Desain Baik (HBE)	106
4.3.4.3. Kontrol Desain Kolom (VBE)	113
4.4. Perencanaan Sambungan	118
4.4.1. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	118
4.4.2. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	120
4.4.3. Sambungan antar Batang pada Balok	122
4.4.4. Sambungan Balok Tengah dengan Balok Tepi lantai	127
4.4.5. Sambungan antar Bagian Lantai	129
4.4.6. Sambungan Pengaku dengan Balok Lantai	129
4.4.7. Sambungan Pengaku dengan Kolom	132
4.4.8. Sambungan Balok Lantai dengan Kolom	134
4.4.9. Sambungan antar Kolom	137
4.4.10. Sambungan Dinding Geser (SPSW)	141
4.4.11. Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) .	142

4.4.12. Sambungan Kolom dengan <i>base plate</i>	145
4.4.13. Sambungan Dinding Geser dengan Pondasi	150
4.5. Metode Pelaksanaan	151
4.5.1. Pabrikasi	151
4.5.2. Penanganan Modular	152
4.5.3. Tahap Pelaksanaan dan Perakitan	159
4.5.3.1. Perakitan Sambungan antar Kolom	160
4.5.3.2. Perakitan Lantai Integral	161
4.5.3.3. Perakitan Struktur Sekunder	163
4.5.4. Finishing	164
4.6. Perencanaan Struktur Bawah	165
4.6.1. Perencanaan Basement	165
4.6.2. Perencanaan Pondasi	167
4.6.2.1. Daya Dukung Tanah	168
4.6.2.2. Perhitungan Pondasi	169
4.6.2.3. Perencanaan Poer	171
4.6.2.4. Ketahanan Pondasi terhadap Gaya Lateral	174
4.6.2.5. Perencanaan Kolom Pedestal	175
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	 179
5.1. Kesimpulan	179
5.2. Saran	180

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Dinding geser plat baja	6
Gambar 2.2. Kolom baja berselubung beton	7
Gambar 2.3. Kolom baja berintikan beton	8
Gambar 2.4. Sistem rangka dan sirkulasi udara sistem lantai integral (kiri) serta pabrikasi sistem lantai integral (kanan) oleh BROAD Group	9
Gambar 2.5. Proses perakitan sistem lantai integral di lapangan dan contoh implementasi teknologi BSB pada gedung 57 lantai J57 di Tiongkok	10
Gambar 3.1. Diagram alir perencanaan	15
Gambar 4.1. Denah pelat atap	31
Gambar 4.2. Penulangan pelat atap	32
Gambar 4.3. Denah pelat lantai	33
Gambar 4.4. Penulangan pelat lantai	34
Gambar 4.5. <i>Lift</i>	34
Gambar 4.6. <i>Hoistway section</i>	34
Gambar 4.7. Model pembebanan balok lift	36
Gambar 4.8. Diagram momen	37
Gambar 4.9. Denah tangga	38
Gambar 4.10. Pelat anak tangga	40
Gambar 4.11. Model pembebanan	41
Gambar 4.12. Denah bordes	44
Gambar 4.13. Diagram momen balok bordes	47
Gambar 4.14. Model pembebanan balok utama	49
Gambar 4.15. Bidang M balok tangga	50
Gambar 4.16. Bidang D balok tangga	50
Gambar 4.17. Bidang N balok tangga	50
Gambar 4.18. Analisa lendutan balok utama tangga	52
Gambar 4.19. Pembebanan balok penumpu tangga	53
Gambar 4.20. Analisa lendutan balok penumpu tangga A	55
Gambar 4.21. Pembebanan balok penumpu tangga B	56
Gambar 4.22. Analisa lendutan balok penumpu tangga B	58
Gambar 4.23. Denah lantai 1 (kiri) dan denah lantai 2 (kanan)	58

Gambar 4.24.	Denah lantai 3 tipikal untuk lantai ganjil (kiri) dan denah lantai 4 tipikal untuk lantai genap (kanan)	58
Gambar 4.25.	Permodelan gedung CIMB Tower	59
Gambar 4.26.	Output <i>base reaction</i> SAP2000	70
Gambar 4.27.	Gaya geser dasar akibat beban gempa	75
Gambar 4.28.	Drift arah X	82
Gambar 4.29.	Drift arah Y	84
Gambar 4.30.	Balok lantai integral A	86
Gambar 4.31.	Balok lantai integral B	86
Gambar 4.32.	Segmen profil balok lantai integral	87
Gambar 4.33.	Gaya dalam balok tepi tengah	87
Gambar 4.34.	Gaya tarik maksimum pada balok tepi tengah	87
Gambar 4.35.	Gaya tekan maksimum pada balok tepi tengah	88
Gambar 4.36.	Gaya dalam balok tepi tengah akibat beban gravitasi dan simpangan	89
Gambar 4.37.	Gaya tarik maksimum balok tepi tengah akibat beban gravitasi dan simpangan	90
Gambar 4.38.	Gaya tekan maksimum balok tepi tengah akibat beban gravitasi dan simpangan	90
Gambar 4.39.	Potongan rangka dan distribusi gaya dalam	94
Gambar 4.40.	Diagram interaksi kolom komposit	95
Gambar 4.41.	Diagram interaksi kolom komposit tipe A	97
Gambar 4.42.	Diagram interaksi kolom komposit tipe B	102
Gambar 4.43.	Diagram interaksi kolom komposit tipe C	102
Gambar 4.44.	Diagram interaksi kolom komposit tipe D	102
Gambar 4.45.	Pengaku	103
Gambar 4.46.	Gaya aksial pengaku akibat beban gravitasi	103
Gambar 4.47.	Gaya aksial pengaku akibat beban gravitasi dan simpangan	105
Gambar 4.48.	Struktur dinding geser pelat baja	105
Gambar 4.49.	Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tanga (tampak depan)	119
Gambar 4.50.	Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga (tampak samping)	119

Gambar 4.51. Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom (tampak samping)	121
Gambar 4.52. Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom (tampak depan)	122
Gambar 4.53. Sambungan antar batang tegak lurus	123
Gambar 4.54. Sambungan antar batang miring	124
Gambar 4.55. Sambungan balok tengah dengan balok tepi	127
Gambar 4.56. Sambungan antar bagian lantai	129
Gambar 4.57. Sambungan pengaku dengan balok lantai	130
Gambar 4.58. Sambungan pengaku dengan kolom	133
Gambar 4.59. Sambungan balok lantai dengan kolom	134
Gambar 4.60. Sambungan baut balok lantai dengan kolom ...	134
Gambar 4.61. Tampak samping sambungan antar kolom	138
Gambar 4.62. Tampak atas sambungan antar kolom	138
Gambar 4.63. Diagram tegangan kolom	140
Gambar 4.64. Sambungan dinding geser dengan kolom VBE	142
Gambar 4.65. Sambungan dinding geser dengan balok HBE .	142
Gambar 4.66. Sambungan HBE dan VBE pada dinding geser	145
Gambar 4.67. Diagram tegangan kolom pada <i>base plate</i>	147
Gambar 4.68. Tampak samping sambungan <i>base plate</i> dengan kolom dan pedestal	149
Gambar 4.69. Tampak atas sambungan <i>base plate</i> dengan kolom dan pedestal	149
Gambar 4.70. Sambungan pondasi dengan SPSW	151
Gambar 4.71. Proses pabrikasi modular	152
Gambar 4.72. Spesifikasi truk tipe semi low loader	153
Gambar 4.73. Bagian modular lantai	154
Gambar 4.74. Posisi perletakan modular ketika transportasi ..	154
Gambar 4.75. Letak titik pengangkatan lantai integral A	155
Gambar 4.76. Permodelan lantai integral A ketika pengangkatan	155
Gambar 4.77. Gaya aksial lantai integral A saat pengangkatan	156
Gambar 4.78. Letak titik pengangkatan lantai integral B	157

Gambar 4.79. Permodelan lantai integral B ketika pengangkatan	157
Gambar 4.80. Gaya aksial lantai integral B saat pengangkatan	157
Gambar 4.81. Penyambungan kolom	160
Gambar 4.82. Penyambungan antar bagian lantai	161
Gambar 4.83. Pemasangan bondek	161
Gambar 4.84. Pengangkatan modular	162
Gambar 4.85. Meletakkan modular ke posisi akhir	162
Gambar 4.86. Menyambung pengaku dengan lantai	162
Gambar 4.87. Menyambung modular dengan kolom	163
Gambar 4.88. Finishing	164
Gambar 4.89. Diagram tegangan tekanan tanah	165
Gambar 4.90. Pondas tiang pancang	170
Gambar 4.91. Permodelan pondasi	170
Gambar 4.92. Beban aksial pada tiang pancang	171
Gambar 4.93. Diagram momen pada <i>poer</i>	173
Gambar 4.94. Hasil analisis kolom pedestal	175

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Berat Sendiri Bangunan dan Komponen Gedung ..	18
Tabel 3.2. Beban Hidup pada Lantai Bangunan Gedung	19
Tabel 3.3. Rasio Kelangsingan untuk Elemen Baja Tekan Struktur Komposit	24
Tabel 4.1. Tabel Perhitungan N Rata-Rata	61
Tabel 4.2. Perhitungan Beban	65
Tabel 4.3. Perhitungan Beban Mati dan Hidup Total Struktur	68
Tabel 4.4. Rasio Partisipasi Massa Struktur Mode 1 – 26	71
Tabel 4.5. Rasio Partisipasi Massa Struktur Mode 27 – 52	72
Tabel 4.6. Rasio Partisipasi Massa Struktur Mode 53 – 72	73
Tabel 4.7. Kontrol Distribusi Penahan Gempa	76
Tabel 4.8. Kontrol Simpangan antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X	81
Tabel 4.9. Kontrol Simpangan antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y	83
Tabel 4.10. Data Perencanaan Seluruh Tipe Balok Lantai Integral	91
Tabel 4.11. Rekapitulasi Analisa Struktur Tarik Seluruh Tipe Balok Lantai Integral	92
Tabel 4.12. Rekapitulasi Analisa Struktur Tekan Seluruh Tipe Balok Lantai Integral	93
Tabel 4.13. Data Perencanaan Seluruh Tipe Kolom	98
Tabel 4.14. Analisa Struktur Aksial dan Lentur Seluruh Tipe Kolom	99
Tabel 4.15. Kekuatan Aksial Lentur Orde Kedua	100
Tabel 4.16. Analisa Struktur Seluruh Tipe SPSW	104
Tabel 4.17. Perhitungan Gaya Dalam Seluruh Tipe HBE	109
Tabel 4.18. Analisa Lentur dan Geser Seluruh Tipe HBE	110
Tabel 4.19. Analisa Kuat Tekan dan Interaksi Aksial Lentur Seluruh Tipe HBE	111
Tabel 4.20. Data Perencanaan dan Gaya Dalam Seluruh VBE	114
Tabel 4.21. Analisa Kekuatan Penampang Seluruh Tipe VBE	115

Tabel 4.22. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Tepi Tengah	123
Tabel 4.23. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Tepi Tepi	123
Tabel 4.24. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Miring ...	124
Tabel 4.25. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Tengah ..	124
Tabel 4.26. Bagan Beban-Radius Kapasitas Tower Crane XCP330	155

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Semakin berkembangnya pembangunan gedung bertingkat di Indonesia menuntut adanya sebuah teknologi maupun inovasi guna mendukung perkembangan pembangunan tersebut. Beragam metode pelaksanaan menuntut adanya pelaksanaan yang cepat dan kontrol kualitas yang lebih tinggi sehingga memperkecil biaya konstruksi dan meminimalisir terjadinya penyimpangan mutu. Inovasi sistem lantai pabrikasi integral baja merupakan solusi tepat karena memiliki kontrol kualitas yang tinggi karena diproduksi di pabrik sekaligus memiliki metode pelaksanaan yang cepat.

Sistem lantai pabrikasi integral baja merupakan sebuah sistem pabrikasi dimana pelat lantai dan balok dipabrikasi sekaligus dengan sistem drainase, mekanikal-elektrikal dan finishing menjadi satu kesatuan modular. Sistem ini memiliki beberapa keuntungan yaitu: tenaga pekerja yang digunakan 5 kali lebih efisien jika dibandingkan dengan proses pembangunan secara konvensional, biaya konstruksi lebih rendah sebesar 10-30 persen. Proses konstruksi ini menghasilkan kurang dari 1 persen limbah jika dibandingkan dengan proses konstruksi konvensional (CTBUH, 2013).

Pada sistem lantai pabrikasi integral ini dipilih material baja, dikarenakan baja memiliki kekuatan tinggi (Setiawan, 2008). Kekuatan yang tinggi dari baja per satuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat menguntungkan untuk bangunan tinggi terutama menggunakan metode pabrikasi karena akan memperkecil berat modular sehingga memudahkan proses pelaksanaan.

Di negara China, Board Sustainable Building telah mengembangkan sistem lantai pabrikasi integral baja yang dapat menghasilkan pembangunan gedung tahan gempa yang sangat cepat, bahkan hingga 6 lantai dalam satu hari. Inovasi ini telah

memenangkan Innovation Awards 2013 yang diselenggarakan oleh Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH).

Ada beberapa macam sistem penahan gempa, salah satunya yaitu *Steel Plate Shear Wall* (SPSW). SPSW merupakan salah satu sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom disekitarnya dan terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang (Berman dan Bruneau, 2003).

Sebagai bahan studi perencanaan, akan dilakukan perencanaan pada gedung CIMB Tower, Semarang. Gedung yang sebelumnya dibangun menggunakan struktur beton bertulang akan merencanakan ulang menggunakan sistem lantai pabrikasi integral baja dengan sistem penahan gempa SPSW. Perencanaan ini dilakukan agar gedung ini dapat dibangun secara cepat dengan mutu terjamin dan tahan gempa.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana merencanakan gedung yang mampu menahan beban lateral dan beban gravitasi ?
2. Bagaimana merencanakan elemen struktur dari modular pada sistem lantai pabrikasi integral baja tersebut ?
3. Bagaimana merencanakan sambungan penghubung antar modular pada sistem lantai pabrikasi integral baja ?
4. Bagaimana metode pelaksanaan pembangunan gedung menggunakan lantai pabrikasi integral baja ?
5. Bagaimana merencanakan struktur bawah yang meliputi basement dan pondasi tiang pancang ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah:

1. Tidak mempertimbangkan aspek estetika.
2. Tidak mengkaji sistem utilitas dan finishing dari modular lantai. Hanya memberikan ruang pada modular lantai yang mungkin dibutuhkan untuk sistem tersebut.

3. Tidak dilakukan analisa biaya dan waktu.

1.4. Tujuan

Tujuan pada perencanaan gedung ini adalah:

1. Merencanakan gedung yang mampu menahan beban lateral dan beban gravitasi.
2. Merencanakan elemen struktur dari modular pada sistem lantai pabrikasi integral baja tersebut.
3. Merencanakan sambungan penghubung antar modular pada sistem lantai pabrikasi integral baja.
4. Merencanakan metode pelaksanaan pembangunan gedung menggunakan lantai pabrikasi integral baja.
5. merencanakan struktur bawah yang meliputi basement dan pondasi tiang pancang

1.5. Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan perancangan dari gedung CIMB Tower dengan sistem lantai pabrikasi integral baja tahan gempa.
2. Agar dapat menjadi acuan studi untuk para pembaca tentang sistem lantai pabrikasi integral baja.
3. Menambah pengetahuan penulis tentang sistem lantai pabrikasi integral baja.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Pada dasarnya dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, bangunan didesain untuk hancur sesuai dengan level kerusakan yang telah ditentukan. Dengan kata lain, bangunan diizinkan untuk hancur tapi tidak menimbulkan korban jiwa sehingga ketika terjadi gempa, manusia dapat melakukan tindakan evakuasi.

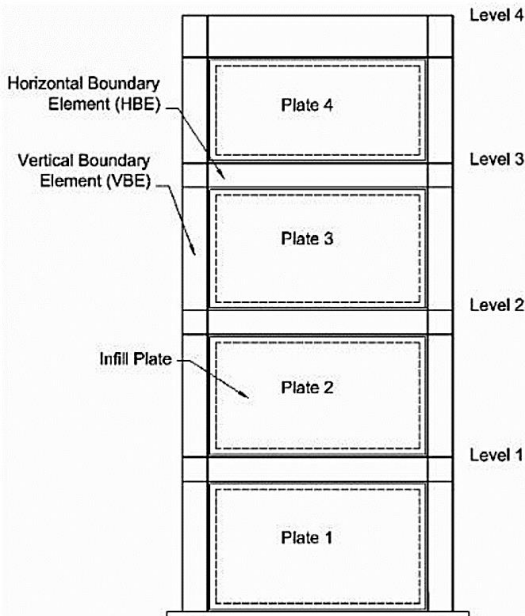
Untuk struktur tahan gempa, displacement (perpindahan) merupakan hal yang paling mendasar untuk suatu struktur tahan gempa. Pada umumnya, kerusakan struktur diakibatkan oleh besarnya *displacement* yang terjadi. Oleh karena itu, struktur seharusnya bersifat daktail untuk mengakomodasi besarnya *displacement* yang terjadi. Hal berikutnya yang ikut menyumbangkan kekuatan untuk menahan beban gempa yang terjadi adalah kekakuan struktur. Dengan semakin kaku sebuah struktur maka semakin besar gaya yang dihasilkan untuk melawan gaya gempa yang terjadi. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kekuatan untuk suatu struktur bangunan tahan gempa terletak pada daktilitas dan kekakuannya.

Saat ini, sebagian besar bangunan tahan gempa direncanakan dengan prosedur yang ditulis dalam peraturan perencanaan bangunan (*building codes*). Peraturan dibuat untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi, dan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan atau kerugian harta benda terhadap gempa sedang yang sering terjadi. Meskipun demikian, prosedur yang digunakan dalam peraturan tersebut tidak dapat secara langsung menunjukkan kinerja bangunan terhadap suatu gempa yang sebenarnya, kinerja tadi tentu terkait dengan resiko yang dihadapi pemilik bangunan dan investasi yang dibelanjakan terkait dengan resiko diambil (Dewobroto, 2005).

2.2. Sistem Penahan Gempa *Steel Plate Shear Wall*

Dinding geser plat baja yang dikenakan beban inelastis siklik menunjukkan kekakuan, daktilitas yang tinggi, dan mampu mendisipasi energi dalam jumlah besar. Karakter-karakter ini membuat dinding geser plat baja sangat cocok digunakan untuk menahan beban seismik. Dinding geser plat baja ini memiliki keuntungan lain dalam hal biaya, daktilitas, kekakuan awal yang tinggi, dan proses pengerjaan yang relatif cepat di lapangan.

Secara umum, dinding geser plat baja terdiri dari dinding plat baja yang dikelilingi oleh kolom yang disebut *Vertical Boundary Elements* (VBEs), dan balok yang disebut *Horizontal Boundary Elements* (HBEs). Batang vertikal/kolom berfungsi sebagai *flens*, dinding geser berfungsi sebagai *web* dan batang horizontal/balok berfungsi sebagai pengaku/*stiffner* (Astaneh, 2000). Penggunaan *Steel Plate Shear Wall* banyak dilakukan di kota-kota besar seperti Amerika, Kanada, Meksiko, Jepang, Taiwan, dll.



Gambar 2.1. Dinding geser plat baja (Bruneau, 2004)

2.3. Perencanaan Elemen Struktur

2.3.1. Elemen Pelat

Steel Floor Deck yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkeuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penompangannya.

2.3.2. Elemen Balok (Rangka batang)

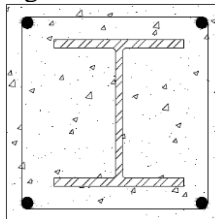
Rangka batang adalah susunan elemen bentuk segitiga yang hanya menerima gaya aksial baik tarik maupun tekan pada masing-masing elemen batang, sehingga beban harus berada pada titik simpul. Apabila beban tidak berada pada titik simpul, maka beban terlebih dahulu didistribusikan ke titik simpul (Lam, 2004). Momen yang terjadi pada balok harus diubah menjadi gaya aksial dengan rumus mekanika tegangan.

2.3.3. Elemen Kolom Komposit

Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Johnson, 1995)

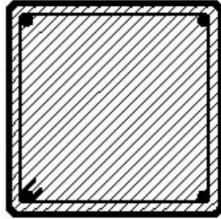
Ada 2 tipe kolom komposit, yaitu:

1. Kolom komposit terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton disekelilingnya atau disebut juga kolom baja berselubung beton.



Gambar 2.2. Kolom baja berselubung beton

2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berinti beton)



Gambar 2.3. Kolom baja berintikan beton

2.4. Jenis Beban

2.4.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran.

2.4.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

2.4.3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

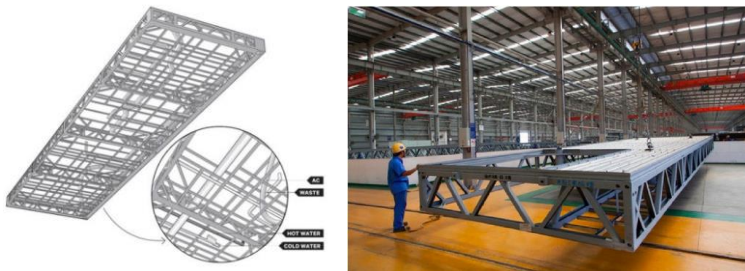
2.4.4. Beban Gempa

Beban gempa adalah gaya-gaya yang berasal dari gerakan-gerakan tanah dikombinasikan dengan sifat-sifat dinamis struktur karena seringkali percepatan horizontal tanah lebih besar daripada percepatan vertikal, dan struktur secara umum lebih sensitif terhadap gerakan horizontal daripada gerakan vertikal, maka

pengaruh gempa horizontal seringkali lebih menentukan daripada pengaruh gempa vertikal.

2.5. Sistem Lantai Pabrikasi Integral

Bangunan tinggi selalu membutuhkan waktu pembangunan yang cukup lama, yang berdampak luas pada industri bangunan hingga penggunaan lahan yang sia-sia. Pembatasan konsumsi energi ketika pembangunan gedung yang masif juga menjadi tantangan yang harus segera diselesaikan. Dalam menjawab tantangan tersebut, BROAD Group menginisiasi teknologi Broad Sustainable Building (BSB), metode konstruksi pabrikasi yang mengadopsi teknologi perancangan modular yang mereduksi secara signifikan pemborosan yang terjadi ketika proses konstruksi, termasuk salah satunya yaitu Sistem Lantai Integral (CTUBH, 2013).



Gambar 2.4. Sistem rangka dan sirkulasi udara sistem lantai integral (kiri) serta pabrikasi sistem lantai integral(kanan) oleh BROAD Group.

Sistem Lantai Integral yang dikembangkan oleh BROAD Group adalah modular lantai yang tersusun dari pelat lantai dan balok dari rangka baja yang juga telah dilengkapi dengan sistem sirkulasi udara, mekanikal-elektrikal, drainase, serta finishing. Modular lantai tersebut dihubungkan dengan kolom dan antar elemennya menggunakan baut mutu tinggi di lapangan. Sistem ini memungkinkan perakitan, pembongkaran, dan perawatan yang mudah, dengan tetap memperhatikan kekuatan. Setiap

modular lantai berukuran 260x2000x12000 dan 560x4000x12000 tergantung dari kebutuhan konsumen. (BSB, 2013).



Gambar 2.5. Proses perakitan sistem lantai integral di lapangan (kiri) dan contoh implementasi teknologi BSB pada gedung 57 lantai J57 di Tiongkok (kanan)

Sistem Lantai Integral dari teknologi BSB mengubah proses konstruksi yang sebelumnya bersifat sangat luas menjadi proses yang ringkas dan berkelanjutan. Hanya sepuluh persen waktu pengerjaan yang dilakukan di lapangan, sisanya dilakukan dalam kondisi yang terkontrol di dalam pabrik. Tidak seperti konstruksi di lapangan, di pabrik tidak ada resiko kebakaran, polusi air dan debu, bau yang berbahaya, dan pemborosan konstruksi. Di lapangan, pekerja hanya perlu mengereksi modular lantai, mengencangkan baut, dan memasang partisi. Tidak ada pemotongan dan pengelasan yang dibutuhkan sehingga mereduksi kebutuhan waktu, serta mengurangi gangguan suara dan lalu lintas pada lingkungan sekitar. Tidak hanya polusi lingkungan yang direduksi, kualitas konstruksi dan produktivitas juga ditingkatkan, serta biaya total konstruksi yang rendah juga akan sangat berdampak pada masa depan bangunan tinggi (BSB, 2013).

2.6. Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan aksial) antara

komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan.

Berdasarkan perilaku struktur yang direncanakan sambungan dapat dibagi menjadi:

1. Sambungan kaku
Sambungan yang memiliki kekakuan cukup untuk mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambungkan. Hal ini disebabkan sambungan mampu memikul momen yang bekerja sehingga deformasi titik kumpul tidak terlalu berpengaruh terhadap distribusi gaya dalam maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.
2. Sambungan semi-kaku
Sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut antara komponen struktur yang disambung. Akan tetapi memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap besarnya perubahan sudut-sudut tersebut.
3. Sambungan sederhana
Sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut diantara komponen struktur yang disambung. Ujung komponen struktur yang disambung dianggap tidak menahan kekangan sehingga bebas momen.

2.7. Metode Konstruksi Sistem Pabrikasi

Untuk membangun suatu konstruksi menggunakan elemen pabrikasi, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut (Rahman, 2005):

1. Rangkaian kegiatan yang dilakukan pada proses produksi
 - a. Pembuatan cetakan
 - b. Pembuatan elemen pabrikasi
 - c. Perawatan
 - d. Penyimpanan

2. Transportasi

Transportasi adalah pengangkutan elemen pabrikan dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi ini berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya transportasi. Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem transportasi ini adalah:

- a. Spesifikasi alat transportasi
- b. Rute transportasi
- c. Perijinan

3. Alat angkat

Alat angkat adalah alat untuk memindahkan elemen dari tempat penumpukan ke posisi penyambungan (perakitan). Peralatan angkat untuk memasang elemen pracetak dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. *Mobile crane*
- b. *Telescopic crane*
- c. *Tower crane*
- d. *Portal crane*

4. Pelaksanaan konstruksi (ereksi)

Metode dan jenis ereksi pada pelaksanaan konstruksi sistem pabrikan diantaranya:

- a. Dirakit per elemen
- b. Lift-Slab System
Lift-slab system adalah pengikatan elemen lantai ke kolom dengan menggunakan dongkrak hidrolis.
- c. Slip-Form System
Pada sistem ini beton dituangkan di atas cetakan baja yang dapat bergerak memanjat ke atas mengikuti penambahan ketinggian dinding yang bersangkutan.
- d. Push-Up / Jack-Block System
Pada sistem ini lantai teratas atap di cor terlebih dahulu kemudian diangkat ke atas dengan hydraulic jack yang dipasang di bawah elemen pendukung vertical.

e. Box System

Sistem ini menggunakan dimensi berupa modular kubus beton.

2.8. Basement dan pondasi

Basement adalah ruang bawah tanah yang merupakan bagian dari bangunan gedung. Pada masa ini basement dibuat sebagai usaha untuk mengoptimalkan penggunaan lahan yang semakin padat dan mahal. Basement biasanya diperuntukkan untuk tempat parkir (seperti banyak di gedung-gedung mall dan perkantoran). Struktur utama dari basement yaitu dinding penahan tanah untuk menahan tekanan tanah horizontal dan pelat lantai basement untuk menahan gaya uplift dari tanah.

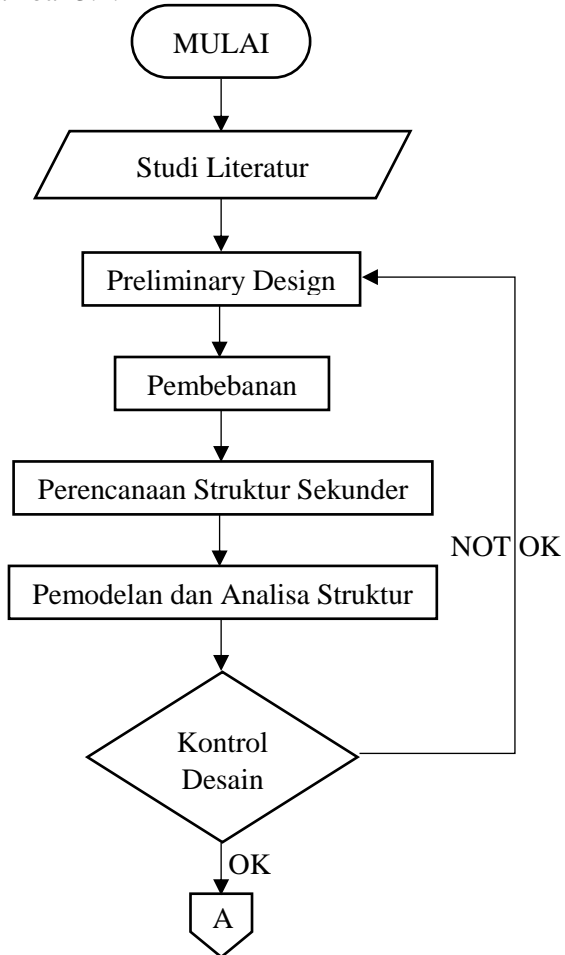
Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

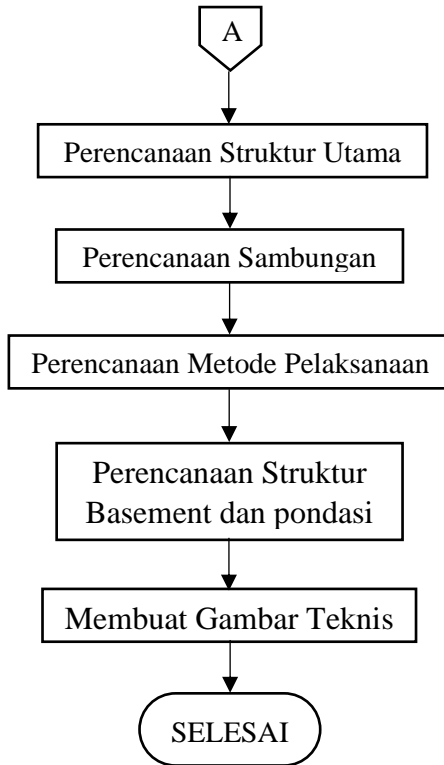
BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Perencanaan

Langkah perencanaan dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir perencanaan



Gambar 3.1. Diagram alir perencanaan (lanjutan)

3.2. Studi Literatur

Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang terbaru, relevan, dan asli dalam pengumpulan materi yang menjadi acuan dalam perencanaan ini. Literatur yang digunakan dititikberatkan pada buku-buku dan jurnal ilmiah mengenai materi berikut:

- Sistem lantai pabrikasi integral, meliputi: elemen struktur, finishing, serta utilitas
- Struktur baja, khususnya elemen balok, kolom, dan pelat lantai bangunan gedung

- Sistem struktur baja tahan gempa, khususnga sistem *Steel Plate Shear Wall*
- Sistem sambungan struktur baja, khususnya pada hubungan balok kolom, balok dengan pelat lantai, antar pelat lantai, dan antar kolom
- Metode perencanaan dan analisa struktur bangunan gedung tahan gempa, elemen baja struktural, dan sambungan
- Metode pelaksanaan elemen sistem pabrikasi dengan sambungan baut untuk bangunan gedung baja
- Standar yang digunakan, meliputi:
 - SNI 1726-2012 : Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
 - SNI 1727-2013 : Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung
 - SNI 1729-2015 : Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural

3.3. Preliminary Design

Struktur yang akan direncanakan adalah struktur bangunan baja menggunakan sistem lantai pabrikasi integral baja yang akan dianalisa gaya dalamnya menggunakan program SAP2000. Berikut data spesifikasi struktur yang direncanakan:

- Nama Gedung : CIMB Tower Semarang
 - Lokasi : Jln. Ahmad Yani Semarang
 - Fungsi : Perkantoran
 - Struktur Utama : Baja
 - Jumlah Lantai : 23 Lantai dan 1 Basement
 - Lantai : Plat Bondek
- Data Material
- Profil Kolom : Profil CFT (BJ 41)
 - Profil Balok : Balok Rangka Batang Profil Box (BJ 41)

3.4. Pembebanan

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan beban- beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi yang mendekati keadaan yang sesungguhnya. Asumsi yang digunakan mengacu pada peraturan yang ada dan terbaru yakni SNI 1727-2013 tentang “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain” serta SNI 1726-2012 tentang “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”. Apabila pada peraturan terbaru tidak diatur, maka digunakan peraturan sebelumnya.

3.4.1. Beban Mati

Berhubung pada SNI 1727-2013 tidak diatur beban mati, maka besarnya beban mati mengacu pada PPIUG 1983 dengan nilai seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Berat Sendiri Bangunan dan Komponen Gedung

Nama bahan bangunan dan komponen gedung	Berat sendiri
Bahan bangunan	
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Komponen gedung	
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Aspal, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding setengah bata	250 kg/m ²
Plafond	11 kg/m ²
Penggantung langit-langit	7 kg/m ²
Penutup lantai tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²

(Sumber: PPIUG 1983)

3.4.2. Beban Hidup

Besarnya beban hidup dengan fungsi gedung untuk perkantoran mengacu pada SNI 1727-2013 dengan nilai seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.2. Beban Hidup pada Lantai Bangunan Gedung

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,900)

(Sumber: SNI 1727-2013)

3.4.3. Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap, yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya beban akibat angin dinyatakan dalam kg/m² (PPIUG 1983 Pasal 4.2).

- Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m²
- Tekanan tiup dilaut dan ditepi laut sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m²
- Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan - kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang besar daripada yang ditentukan dalam ketentuan a,b, maka tekanan tiup (p) harus dihitung sebagai berikut:

$$p = \frac{v^2}{16} \text{ kg/m}^2 \quad (3.1)$$

Dimana:

p = tekanan tiup angin kg/m²

- Beban angin yang digunakan pada desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh belih kecil dari 16 lb/ft² (0,77 kN/m²) dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan 8 lb/ft² (0,38 kN/m²) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung terproyeksi ke

bidang vertical tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan (SNI 1727-2013).

3.4.4. Beban Gempa

Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 2500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 2% selama umur gedung 50 tahun. Terdapat 2 buah peta wilayah gempa, yaitu untuk gempa dengan periode $T = 0,2$ detik dan gempa dengan periode $T = 1$ detik. Beban gempa dihitung menggunakan grafik respons spektrum. Pembuatan grafik respons spektrum dengan menggunakan software SAP2000, dimana parameter yang digunakan didapat dari puskim.pu.go.id

3.4.5. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727-2013 Pasal 2.3 dengan kombinasi sebagai berikut:

$$1. 1,4D \quad (3.2)$$

$$2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (3.3)$$

$$3. 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (3.4)$$

$$4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (3.5)$$

$$5. 1,2D + 1,0E + L + 0,2S \quad (3.6)$$

$$6. 0,9D + 1,0W \quad (3.7)$$

$$7. 0,9D + 1,0E \quad (3.8)$$

3.5. Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder meliputi pelat lantai pada modular lantai pabrikasi integral, struktur tangga, dan struktur balok lift. Pelat lantai direncanakan menggunakan bondek, sedangkan struktur tangga direncanakan dari material baja.

3.6. Pemodelan dan Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang kemudian digunakan untuk merancang elemen dan sambungan. Struktur yang dianalisa adalah struktur primer, meliputi elemen lantai pabrikasi integral (balok tengah dan balok tepi modular) dan kolom. Balok direncanakan berupa rangka

batang. Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.

3.7. Kontrol Desain

Hasil analisa struktur dikontrol terhadap persyaratan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Hal-hal yang dikontrol meliputi:

- Kontrol beban gravitasi
- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol waktu getar alami fundamental
- Kontrol simpangan antar lantai

3.8. Perencanaan Struktur Utama

3.8.1. Desain Balok

Balok merupakan elemen struktur yang terkena beban lentur. Balok pada modular direncanakan berupa rangka batang, sehingga dalam perencanaannya momen yang terjadi pada balok diubah terlebih dahulu menjadi gaya aksial (tarik atau tekan), dengan rumus mekanika tegangan:

$$T = f \cdot A \quad (3.9)$$

$$f = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.10)$$

Keterangan:

f = besarnya tekanan (Mpa)

M = momen lentur (Nmm)

y = jarak titik berat ke serat yang ditinjau (mm)

I = momen inersia (mm⁴)

T = besarnya gaya aksial (N)

A = luas bidang yang mengalami gaya aksial (mm²)

Menurut SNI 1729-2015 Bab D, semua komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor sebesar T_u , maka harus memenuhi:

$$P_u \leq \phi_t P_n \quad (3.11)$$

Besarnya tahanan nominal P_n suatu batang tarik untuk tipe leleh tarik dan keruntuhan tarik sebagai berikut:

- Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_n = F_y A_g \quad (3.12)$$

$$\phi_t = 0,9$$

- Untuk keruntuhan tarik pada penampang neto:

$$P_n = F_u A_e \quad (3.13)$$

$$\phi_t = 0,75$$

Keterangan:

A_e = luas neto efektif (mm^2)

A_g = luas bruto dari komponen struktur (mm^2)

F_y = tegangan leleh minimum yang diisyaratkan (Mpa)

F_u = kekuatan tarik minimum yang diisyaratkan (Mpa)

Luas neto efektif dari komponen struktur tarik harus ditentukan sebagai berikut:

$$A_e = A_n U \quad (3.14)$$

Keterangan:

U = faktor shear lag,

$$= 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0,9 \quad (3.15)$$

\bar{x} = eksentrisitas sambungan (mm)

A_n = luas neto (mm^2)

Luas neto A_n dari komponen struktur adalah jumlah dari produk ketebalan dan lebar neto dari setiap elemen yang dihitung sebagai berikut:

- Dalam penghitungan luas neto untuk tarik dan geser, lubang baut harus diambil sebesar 1/16 in (2 mm) lebih besar dari dimensi nominal dari lubang.
- Untuk suatu rangkaian lubang-lubang yang diperluas bersilangan dalam sembarang diagonal, lebar neto dari bagian tersebut harus diperoleh dengan pengurangan diameter dari semua lubang dalam rangkaian tersebut dan dijumlahkan untuk setiap rangkaian miring

$$s^2 / 4g \quad (3.16)$$

Keterangan:

s = spasi pusat ke pusat longitudinal dari setiap dua lubang berurutan (mm)

g = spasi pusat ke pusat transversal antara garis sarana penyambung (mm)

- Batas A_n maksimum sebesar $0,85A_g$

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban berfaktor, menurut SNI 1729-2015 Bab E harus memenuhi:

$$P_u \leq \phi_c P_n \quad (3.17)$$

Dimana $\phi_c = 0,9$

Kekuatan tekan nominal P_n , harus nilai terendah yang diperoleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk torsi-lentur. Apabila rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan b/t tidak melebihi λ_r maka penampang tersebut tidak langsing.

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.18)$$

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (3.19)$$

Tegangan kritis, F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

- a. Bila $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (3.20)$$

- b. Bila $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$)

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.21)$$

Keterangan:

K = faktor panjang efektif

L = panjang tanpa dibresing lateral (mm)

r = radius girasi (mm)

F_e = tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3.22)$$

3.8.2. Desain Kolom

Untuk komponen struktur komposit terisi beton, luas penampang baja harus terdiri sedikitnya 4% dari total penampang melintang komposit.

Menurut SNI 1729-2015 Bab I, kekuatan tekan yang tersedia dari komponen struktur komposit terisi beton simetris ganda yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas tekuk lentur sebagai berikut:

$$P_u \leq \phi_c P_n \quad (3.23)$$

Dimana: $\phi_c = 0,75$

- a. Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.24)$$

Keterangan:

$$P_p = F_y A_s + C_2 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.25)$$

$C_2 = 0,85$ untuk penampang persegi dan $0,95$ untuk penampang bundar

- b. Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.26)$$

Keterangan:

λ , λ_p dan λ_r adalah rasio kelangsingan, dengan nilai seperti tabel berikut

Tabel 3.3. Rasio Kelangsingan untuk Elemen Baja Tekan Struktur Komposit

Deskripsi Elemen	Rasio Lebar-terhadap-Ketebalan	λ_p Kompak / Nonkompak	λ_r Nonkompak / Langsing	Maksimum yang diizinkan
Dinding dari PSB Persegi dan Boks dengan Ketebalan Sama	<i>b/t</i>	$2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
PSB Bundar	<i>D/t</i>	$\frac{0,15E}{F_y}$	$\frac{0,19E}{F_y}$	$\frac{0,3E}{F_y}$

P_p ditentukan dari persamaan 3.25

- c. Untuk penampang langsing

$$P_{no} = F_{cr} A_s + 0,7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.27)$$

Keterangan:

- Untuk penampang persegi diisi beton

$$F_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (3.28)$$

- Untuk penampang bundar diisi beton

$$F_{cr} = \frac{0,72F_y}{\left(\left(\frac{D}{t}\right)\frac{F_y}{E_s}\right)^{0,2}} \quad (3.29)$$

Menurut SNI 1729-2015 Bab H, interaksi lentur dan gaya tekan pada komponen struktur harus dibatasi oleh persamaan sebagai berikut:

- a. Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.30)$$

- b. Bila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.31)$$

Keterangan:

P_r = kekuatan aksial perlu (N)

P_c = kekuatan aksial tersedia (N)

M_r = kekuatan lentur perlu (N.mm)

M_c = kekuatan lentur tersedia (N.mm)

3.9. Perencanaan Sambungan

Pada struktur baja ada 2 macam sambungan yaitu dengan menggunakan baut dan las. Menurut SNI 1729-2015 Bab J Pasal J3, suatu baut yang memikul beban terfaktor harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.32)$$

Kekuatan tarik dan geser dari baut harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F_n A_b \quad ; \quad \phi = 0,75 \quad (3.33)$$

Dimana:

A_b = luas tubuh baut (mm^2)

$F_n = F_{nt}$ dan F_{nv}

F_{nt} = tegangan tarik nominal (Mpa)

F_{nv} = tegangan geser (Mpa)

Baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad ; \quad \phi = 0,75 \quad (3.34)$$

Dimana:

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (Mpa)

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} F_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.35)$$

F_{nt} = tegangan tarik nominal (Mpa)

F_{nv} = tegangan geser (Mpa)

F_{rv} = tegangan geser yang diperlukan (Mpa)

Kekuatan tumpuan nominal dari material yang disambung ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk baut dalam sambungan standar, lubang slot pendek
- Bila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah suatu perhitungan desain

$$R_n = 1,2l_c t F_u \leq 2,4dt F_u \quad (3.36)$$

- Bila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah bukan suatu perhitungan desain

$$R_n = 1,5l_c t F_u \leq 3,0dt F_u \quad (3.37)$$

- b. Untuk baut dalam sambungan dengan lubang slot panjang

$$R_n = 1,0l_c t F_u \leq 2,0dt F_u \quad (3.38)$$

Dimana:

F_u = kekuatan tarik minimum yang diisyaratkan dari material yang disambung (Mpa)

d = diameter baut nominal (mm)

l_c = jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari material (mm)

t = ketebalan dari material yang disambung (mm)

Kekuatan geser dari elemen yang disambung harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari pelelehan geser dan keruntuhan geser.

- a. Untuk pelelehan geser dari elemen:

$$R_n = 0,60F_y A_{gv} ; \phi = 1 \quad (3.39)$$

A_{gv} adalah luas bruto yang menahan geser (mm^2)

- b. Untuk keruntuhan geser dari elemen:

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} ; \phi = 0,75 \quad (3.40)$$

A_{nv} adalah luas neto yang menahan geser (mm^2)

Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan blok geser sepanjang alur kegagalan geser harus diambil sebesar

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + F_u A_{nt} \\ \phi = 0,75 \quad (3.41)$$

Dimana:

A_{nt} = luas neto yang menahan gaya tarik (mm^2)

Bila tegangan tarik adalah merata, $U_{bs} = 1$; bila tidak merata,

$$U_{bs} = 0,5$$

Menurut SNI 1729-2015 Bab J Pasal J2, suatu las yang memikul beban terfaktor harus ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las:

Untuk logam dasar:

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.42)$$

Untuk logam las:

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.43)$$

Dimana:

F_{nBM} = tegangan nominal dari logam dasar (Mpa)

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las (Mpa)

A_{BM} = luas penampang logam dasar (mm^2)

A_{we} = luas efektif las (mm^2)

Alternatif, untuk las sudut, kekuatan yang tersedia diizinkan sebagai berikut:

- a. Untuk kelompok las linier, dibebani melalui titik berat

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.44)$$

Dimana

$$F_{nw} = 0,60F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta) \quad (3.45)$$

Dan

F_{EXX} = kekuatan klasifikasi logam pengisi (Mpa)

θ = sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

b. Untuk elemen las dalam suatu kelompok las

$$R_{nx} = \sum F_{nwx} A_{wei} \quad (3.46)$$

$$R_{ny} = \sum F_{nwy} A_{wei} \quad (3.47)$$

$$M_n = \sum [F_{nwy} A_{wei} (x_i) - F_{nwx} A_{wei} (y_i)] \quad (3.48)$$

c. Untuk kelompok las sudut konsentris

$$R_n = R_{nwl} + R_{nwt} \quad (3.49)$$

Atau

$$R_n = 0,85R_{nwl} + 1,5R_{nwt} \quad (3.50)$$

Dimana:

R_{nwl} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani longitudinal (N)

R_{nwt} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani transversal (N)

3.10. Perencanaan Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan dari sistem lantai pabrikasi integral baja yang direncanakan meliputi:

- Metode pabrikasi modular di industri
- Metode transportasi modular dari industri pabrikasi menuju lokasi proyek
- Metode pengangkatan modular menuju posisi perakitan
- Metode perakitan modular
- Metode perawatan modular

3.11. Basement dan pondasi

Beban yang terjadi pada basement yaitu tekanan tanah horizontal dan gaya uplift. Besarnya tegangan arah horizontal pada kondisi aktif dan pasif dapat diketahui dengan rumus:

Tegangan tanah arah horizontal pada kondisi aktif:

$$\sigma_{hi} = \sigma'_{vi} \cdot K_{ai} \pm 2c\sqrt{K_{ai}} \quad (3.51)$$

Tegangan tanah arah horizontal pada kondisi pasif:

$$\sigma_{hi} = \sigma'_{vi} \cdot K_{pi} \pm 2c\sqrt{K_{pi}} \quad (3.52)$$

Dimana:

σ_{hi} = Tegangan efektif arah horizontal pada tiap kedalaman (t/m^2)

σ_{vi} = Tegangan efektif arah vertikal pada tiap kedalaman (t/m^2)

K_i = Koefisien tanah lateral pada kondisi *at rest*

Adanya beban uplift dan air tanah dapat membahayakan basement akibat beban angkat keatas. Untuk itu perlu dilakukan analisa kesetimbangan beban antara uplift dengan beban gedung dengan rumus:

$$\frac{F_{uplift}}{W_{struktur}} > SF \quad (3.53)$$

Dimana:

$$F_{uplift} = \gamma_w \cdot h_w \cdot A_{pelat} \quad (3.54)$$

$$W_{struktur} = W_{dinding} + W_{pelat} \quad (3.55)$$

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.56)$$

Dimana:

Q_{ult} = Ultimate pile capacity

Q_e = End- bearing capacity

Q_f = Side friction capacity

W = Berat tiang

Pada pondasi kelompok bidang keruntuhan di daerah ujung dari masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi yang dipakai dengan menggunakan persamaan konversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (3.57)$$

Dimana:

m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

D = Diameter tiang

s = jarak antara pusat ke pusat tiang

3.12. Membuat Gambar Teknis

Hasil perhitungan struktur (Plat lantai, balok anak, balok induk, kolom, dan modular lantai pabrikan) dituangkan ke dalam gambar rencana. Gambar rencana dibuat dengan software Autocad.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

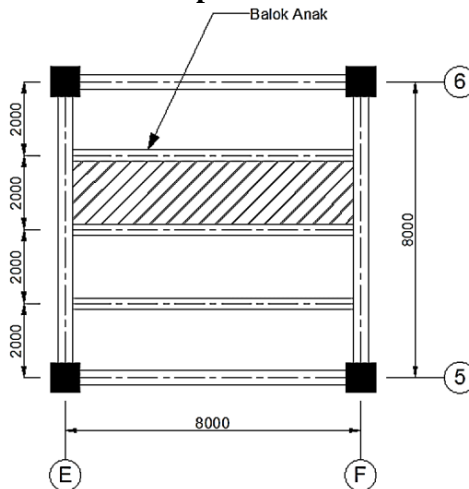
4.1. Perencanaan Struktur Sekunder

4.1.1. Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan bondex dengan tabel perencanaan praktis yang ada dari super floor deck. Struktur lantai direncanakan tanpa menggunakan baris penyangga selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Bondex menggunakan Tebal 0,75 mm
- Beton menggunakan mutu $f'_c = 25$ MPa
- Mutu baja tulangan $f_u = 480$ MPa

4.1.1.1. Perencanaan Pelat Atap



Gambar 4.1. Denah pelat atap

Beban mati:

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Berat aspal 2 cm | = 28 kg/m ² |
| - Berat plafond + penggantung | = 18 kg/m ² |
| - Berat ducting dan plumbing | = 10 kg/m ² |
| | + _____ |
| | q_{Dtotal} = 56 kg/m² |

Beban hidup:

- Lantai atap $q_{L\text{atap}} = 97,859 \text{ kg/m}^2$

Beban berguna:

- $Q_U = q_D + q_L$
 $= 56 + 97,859$
 $= 153,859 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

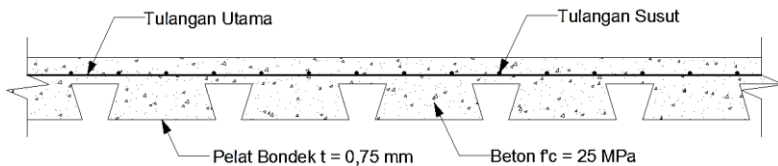
Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang = 2 m
- Beban berguna = 200 kg/m²
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1,07 cm²/m

Digunakan tulangan Ø6 (As = 0,283 cm²)

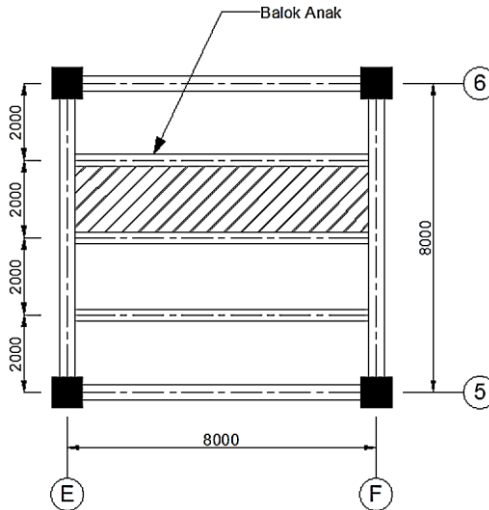
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

- $n = \frac{1,07}{0,283} = 3,78$ buah
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{3,78} = 264,485 \text{ mm}$
- Jadi digunakan wire mesh Ø6 sebagai tulangan negatif dan tulangan susut dengan jarak antar tulangan 250 mm



Gambar 4.2. Penulangan pelat atap

4.1.1.2. Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 4.3. Denah pelat lantai

Beban mati:

- Berat spesi 2 cm = 42 kg/m²
 - Berat keramik = 24 kg/m²
 - Berat plafond + penggantung = 18 kg/m²
 - Berat ducting dan plumbing = 10 kg/m²
- $$q_{Dtotal} = 94 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup:

- Lantai perkantoran $q_{Latap} = 244,648 \text{ kg/m}^2$

Beban berguna:

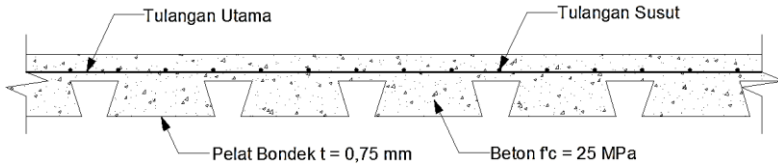
- $Q_U = q_D + q_L$
 $= 94 + 244,648$
 $= 338,648 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang = 2 m
 - Beban berguna = 400 kg/m²
 - Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1,55 cm²/m
- Digunakan tulangan Ø6 (As = 0,283 cm²)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

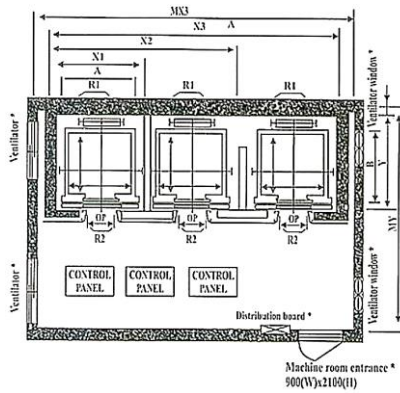
- $n = \frac{1,55}{0,283} = 5,48$ buah
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{5,48} = 182,581$ mm
- Jadi digunakan wire mesh Ø6 sebagai tulangan negatif dan tulangan susut dengan jarak antar tulangan 150 mm



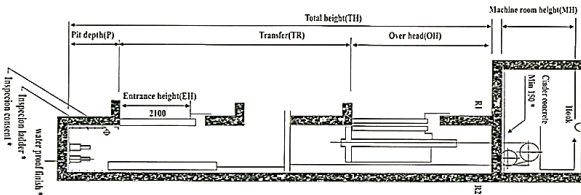
Gambar 4.4. Penulangan pelat lantai

4.1.2. Perencanaan Balok Punggantung Lift

4.1.2.1. Spesifikasi Lift



Gambar 4.5. Lift



Gambar 4.6. Hoistway Section

Pada perencanaan balok lift meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data- data sebagai berikut:

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 17 Orang / 1150 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1000 mm
- Dimensi ruang luncur
(*hoistway inside*) 3 Car : 7250 x 2380 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1800 x 1500 mm²
 - Eksternal : 1900 x 1670 mm²
- Dimensi ruang mesin (3 Car) : 7500 x 3900 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 - $R_1 = 6600 \text{ kg}$
 - $R_2 = 5100 \text{ kg}$

4.1.2.2. Rencana Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14, dengan data-data sebagai berikut:

d = 386 mm	ix = 16,7 cm
bf = 299 mm	iy = 4,48 cm
tf = 14 mm	Zx = 1846 cm ³
tw = 9 mm	Zy = 633 cm ³
A = 72,16 cm ²	Sx = 1740 cm ³
q = 94,3 kg/m	Sy = 145 cm ³
Ix = 33700 cm ⁴	r = 16 cm
Iy = 6240 cm ⁴	h = d - 2(tf+r)
Fy = 250 Mpa (BJ-41)	= 326 mm

➤ Pembebanan balok penggantung lift

- Beban mati
 - Berat profil balok pnggantung lift = 754,4 kg
 - qD = 754,4 kg
- Beban hidup
 - Digunakan beban hidup untuk *maintenance*

Beban hidup terpusat (P) = 100 kg

- Beban merata ultimate

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \times 754,4 + 1,6 \times 100 \\ &= 1065,28 \text{ kg} = 133,16 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban terpusat lift

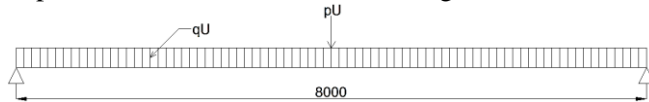
Pada pasal 4.7 Impact load RSNI-03-1727 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan beban lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.

Pada tabel perencanaan lift diperoleh:

$$\begin{aligned} P_{U1} &= R_1 \cdot (1+100\%) \\ &= 6600 \times (1+100\%) = 13200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{U2} &= R_2 \cdot (1+100\%) \\ &= 5100 \times (1+100\%) = 10200 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipilih beban P_U terbesar = 13200 kg



Gambar 4.7. Model pembebanan balok lift

- Perhitungan gaya dalam balok penggantung lift

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned} R_a = R_b &= \frac{1}{2} \times q_u \times l + \frac{1}{2} \times p_u \\ &= \frac{1}{2} \times 133,16 \times 8 + \frac{1}{2} \times 13200 \\ &= 7132,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} \times q_u \times l^2 + \frac{1}{4} \times p_u \times l \\ &= \frac{1}{8} \times 133,16 \times 8^2 + \frac{1}{4} \times 13200 \times 8 \\ &= 27465,28 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_u = R_a = 7132,64 \text{ kg}$$

- Kontrol kekuatan profil
- Kontrol penampang profil

Sayap

$$\frac{b}{2t} = \frac{299}{2 \times 14} = 10,678$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_p > \frac{b}{t} \text{ (penampang kompak)}$$

Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{326}{9} = 36,22$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda_p > \frac{h}{t_w} \text{ (penampang kompak)}$$

- Kontrol momen lentur

Pelelehan

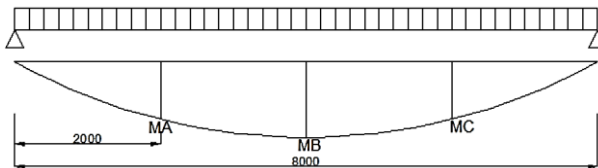
$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 1846 \times 2500 = 46150 \text{ kg.m (dipakai)}$$

Tekuk torsi lateral

$$L_p = 358,916 \text{ cm}; L_r = 1056,78 \text{ cm}$$

$$L_b = 800 \text{ cm} \Rightarrow L_p < L_b < L_r$$



Gambar 4.8. Diagram momen

$$M_a = M_c = R_a \times (l/4) - qU \times (l/4) \times (l/8)$$

$$= 7132,64 \times (8/4) - 133,16 \times (8/4) \times (8/8)$$

$$= 13999 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 1/8 \times qU \times l^2$$

$$= 1/8 \times 133,16 \times 8^2 = 27465,3 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$= \frac{12,5 \times 27465,3}{2,5 \times 27465,3 + 3 \times 13999 + 4 \times 27465,3 + 3 \times 13999} = 1,307$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

$$= 1,307 \left[46150 - (46150 - 0,7 \times 2500 \times 1740) \left(\frac{800 - 358,92}{1056,78 - 358,92} \right) \right]$$

$$= 47376,8 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 47376,8$$

$$= 42639,12 \text{ kg.m} \geq 27465,28 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{326}{9} = 36,22$$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} = 2,24 \sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 250 \times (386 \times 9) \times 1 = 52110 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 52110$$

$$= 46899 \text{ kg} > 7132,64 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

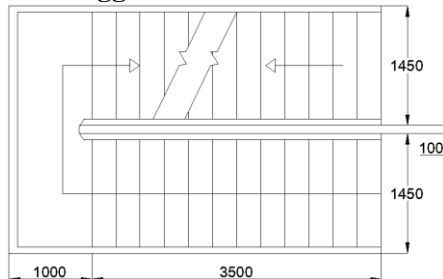
$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3,33 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl}{100} \right) l^4}{384 E I_x} + \frac{P_u \times l^3}{48 E I_x}$$

$$= \frac{5 \left(\frac{133,16}{100} \right) 800^4}{384 \times 2 \cdot 10^6 \times 333700} + \frac{13200 \times 800^3}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 333700} = 0,043 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \Rightarrow 2,194 < 3,33 \text{ cm (OK)}$$

4.1.3. Perencanaan Tangga dan Bordes



Gambar 4.9. Denah tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung CIMB Tower ini struktur tangga direncanakan menggunakan konstruksi dari baja.

Data Teknis Tangga

- Mutu baja	= BJ-41
- Tinggi antar lantai	= 450 cm
- Tinggi bordes	= 225 cm
- Panjang tangga	= 350 cm
- Lebar tangga	= 145 cm
- Panjang bordes	= 100 cm
- Lebar bordes	= 145 cm
- Lebar injakan (i)	= 30 cm
- Lebar pegangan tangga	= 10 cm

4.1.3.1. Perencanaan Tangga

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

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

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

Dimana:

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan

- Perhitungan jumlah injakan dan kemiringan tangga

Tinggi injakan (t) = 17 cm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(450/2)}{17} = 14 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 14 - 1 = 13 \text{ buah}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq (64) \leq 65 \text{ cm (OK)}$$

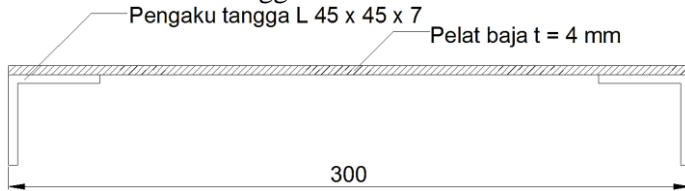
Panjang bordes = 100 cm

Lebar tangga = 145 cm

$$a = \text{arc tg} \left(\frac{450/2}{350} \right) = 32,73^\circ$$

$$25^\circ < 32,73^\circ < 40^\circ \text{ (OK)}$$

- Perencanaan anak tangga



Gambar 4.10. Pelat anak tangga

- Perencanaan tebal anak tangga

Tebal pelat tangga = 4 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m³

Mutu baja BJ 41 => fy = 2500 kg/m²

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

Berat pelat = 0,004 x 1,45 x 7850 = 45,53 kg/m

Alat penyambung (10%) = 4,553 kg/m +

q_D = 50,083 kg/m

Beban hidup

q_L = 488,28 x 1,45 = 708,006 kg/m

- Perhitungan M_D, M_L dan M_U

M_D = 1/8 q_D l² = 1/8 x 50,083 x 0,3² = 0,56 kg.m

M_L = 1/8 q_L l² = 1/8 x 708,006 x 0,3² = 7,96 kg.m

M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L

= 1,2 x 0,56 + 1,6 x 7,96 = 13,42 kg.m

- Kontrol momen lentur

Z_x = 1/4 bh² = 0,25 x 145 x 0,4² = 5,8 cm³

ØMn = ØZ_x x fy

= 0,9 x 5,8 x 2500 = 13050 kg.cm = 130,5 kg.m

Syarat: ØMn > Mu

130,5 kg.m > 13,42 kg.m (OK)

- Kontrol lendutan

f_{ijin} = $\frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083 \text{ cm}$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,4^3 = 0,773 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{q d l + q l l}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x}$$

$$= \frac{5 \left(\frac{(50,083 + 708,24)}{100} \right) 30^4}{384 \times 2 \cdot 10^6 \times 0,073} = 0,052 \text{ cm}$$

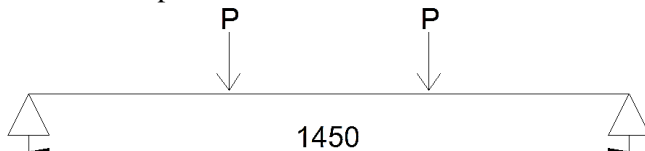
$$f^o < f_{ijin} \Rightarrow 0,052 < 0,083 \text{ cm (OK)}$$

4.1.3.2. Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 45 x 45 x 7 dengan data sebagai berikut:

$$\begin{array}{lll} b = 45 \text{ mm} & I_x = 10,4 \text{ cm}^4 & i_x = 1,33 \text{ cm} \\ t_w = 7 \text{ mm} & I_y = 10,4 \text{ cm}^4 & i_y = 1,33 \text{ cm} \\ W = 4,6 \text{ kg/m} & A = 5,86 \text{ cm}^2 & S_x = 10,4 \text{ cm}^3 \end{array}$$

- Perencanaan pembebanan



Gambar 4.11. Model pembebanan

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = (0,3 \times 0,5) \times 0,004 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 45 \times 45 \times 7 = 4,6 \text{ kg/m}$$

$$= 9,31 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)} = 0,931 \text{ kg/m}$$

$$\underline{qD = 10,24 \text{ kg/m}}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$qL = 73,242 \text{ kg/m}$$

$$pL = 136,078 \text{ kg}$$

- Perhitungan M_D , M_L dan M_U

$$M_D = 1/8 q_D l^2$$

$$= 1/8 \times 10,24 \times 1,45^2 = 2,691 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/8 \times 73,242 \times 1,45^2 = 19,248 \text{ kg.m} \Rightarrow \text{b. merata} \\
 M_L &= 1/3 p_L l \\
 &= 1/3 \times 136,078 \times 1,45 = 65,77 \text{ kg.m} \Rightarrow \text{b. terpusat} \\
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 \times 2,691 + 1,6 \times 65,77 \\
 &= 108,463 \text{ kg.m} \\
 V_U &= 1,2 \times (0,5 \times q_D \times l) + 1,6 \times (0,5 \times p_L) \\
 &= 1,2 \times (0,5 \times 10,24 \times 1,45) + 1,6 \times (0,5 \times 136,078) \\
 &= 117,772 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil

$$\frac{b}{t} = \frac{45}{7} = 6,428$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,27$$

$$\lambda_p > \frac{b}{t} \text{ (penampang kompak)}$$

- Kontrol momen lentur

Pelelehan

$$\begin{aligned}
 M_n &= 1,5M_y \\
 &= 1,5 \times 10,4 \times 2500 = 390 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Tekuk torsi lateral

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2q_D + 1,6q_L \Rightarrow \text{b. merata} \\
 &= 1,2 \times 10,241 + 1,6 \times 73,242 = 129,476 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2q_D + 1,6p_L/l \Rightarrow \text{b. Terpusat} \\
 &= 1,2 \times 10,241 + 1,6 \times 136,078/1,45 = 162,444 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_a &= 0,5 \times q_U \times L \\
 &= 0,5 \times 162,444 \times 1,45 = 117,772 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_a &= M_c = R_a \times (l/4) - q_U \times (l/4) \times (l/8) \\
 &= 117,772 \times (1,45/4) - 162,444 \times (1,45/4) \times (1,45/8) \\
 &= 32,019 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= 1/8 \times q_U \times l^2 \\
 &= 1/8 \times 162,444 \times 1,45^2 = 42,692 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$= \frac{12,5 \times 42,692}{2,5 \times 42,692 + 3 \times 32,02 + 4 \times 42,692 + 3 \times 32,02} = 1,136$$

$$M_e = \frac{0,46 E b^2 t^2 C_b}{L_b} = \frac{0,46 \times 2000000 \times 4,5^2 \times 0,7^2 \times 1,136}{145} = 715,186 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 10,4 \times 2500 = 260 \text{ kg.m} < M_e$$

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y$$

$$= \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{260}{715,186}} \right) 260$$

$$= 315,784 \text{ kg.m (dipakai)}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 315,784$$

$$= 284,206 \text{ kg.m} \geq 108,463 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{45}{7} = 6,42$$

$$1,10 \sqrt{k_v E / F_y} = 1,10 \sqrt{1 \times 200000 / 250} = 34,08$$

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 3,15 \times 1 = 4725 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 4725$$

$$= 4252,5 \text{ kg} > 117,772 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

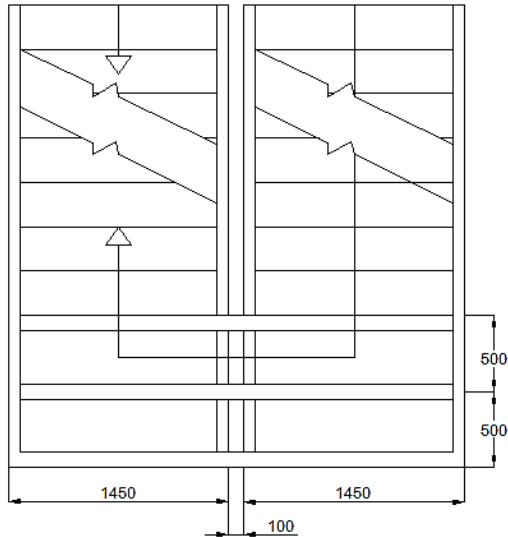
$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,604 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{q d l + q l^2}{100} \right) l^4}{384 E I_x}$$

$$= \frac{5 \left(\frac{(10,241 + 73,242)}{100} \right) 145^4}{384 \times 2 \cdot 10^6 \times 10,4} = 0,231 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \Rightarrow 0,231 < 0,604 \text{ cm (OK)}$$

4.1.3.3. Perencanaan Bordes



Gambar 4.12. Denah bordes

a. Pelat Bordes

Tebal pelat bordes = 6 mm
 Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 Mutu baja BJ 41 => fy = 2500 kg/m²

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,006 \times 1,45 \times 7850 &&= 68,29 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung (10\%)} &&&= 6,829 \text{ kg/m} \\ \text{qD} &&&= 75,124 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$qL = 488,28 \times 1,45 = 708,006 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D , M_L dan M_U

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 75,124 \times 0,5^2 = 2,347 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 708,006 \times 0,5^2 = 22,125 \text{ kg.m}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 2,347 + 1,6 \times 22,125 = 38,217 \text{ kg.m}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = 0,25 \times 145 \times 0,6^2 = 13,05 \text{ cm}^3$$

$$\emptyset M_n = \emptyset Z_x \times f_y$$

$$= 0,9 \times 13,05 \times 2500 = 29362,5 \text{ kg.cm} = 293,6 \text{ kg.m}$$

Syarat: $\emptyset M_n > M_u$

$$293,6 \text{ kg.m} > 38,217 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{50}{360} = 0,138 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,6^3 = 2,61 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl + ql^2}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x}$$

$$= \frac{5 \left(\frac{(75,124 + 708,006)}{100} \right) 50^4}{384 \times 2 \cdot 10^6 \times 2,61} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \Rightarrow 0,138 < 0,122 \text{ cm (OK)}$$

b. Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7

$$d = 100 \text{ mm} \quad i_x = 3,98 \text{ cm}$$

$$bf = 50 \text{ mm} \quad i_y = 1,12 \text{ cm}$$

$$tf = 7 \text{ mm} \quad Z_x = 42 \text{ cm}^3$$

$$tw = 5 \text{ mm} \quad Z_y = 9 \text{ cm}^3$$

$$A = 11,85 \text{ cm}^2 \quad S_x = 37,5 \text{ cm}^3$$

$$q = 9,3 \text{ kg/m} \quad S_y = 5,91 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 187 \text{ cm}^4 \quad r = 16 \text{ cm}$$

$$I_y = 14,8 \text{ cm}^4 \quad h = d - 2(tf+r)$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa (BJ-41)} = 342 \text{ mm}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,5 \times 0,005 \times 7850 = 23,55 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 9,3 \text{ kg/m}$$

$$= 32,85 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)}$$

$$= 3,285 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 36,13 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

Lantai perkantoran

$$q_L = 0,5 \times 488,28 = 244,14 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D , M_L dan M_U

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 q_D l^2 \\ &= 1/8 \times 36,13 \times 1,45^2 = 9,496 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= 1/8 q_L l^2 \\ &= 1/8 \times 244,14 \times 1,45^2 = 64,163 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 9,496 + 1,6 \times 64,163 \\ &= 114,056 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_U &= 1,2 \times (0,5 \times q_D \times l) + 1,6 \times (0,5 \times q_L \times l) \\ &= 1,2 \times (0,5 \times 36,13 \times 1,45) + 1,6 \times (0,5 \times 244,14 \times 1,45) \\ &= 314,639 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil

Sayap

$$\frac{b}{2t} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_p > \frac{b}{t} \text{ (penampang kompak)}$$

Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{5} = 68,4$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda_p > \frac{h}{t_w} \text{ (penampang kompak)}$$

- Kontrol momen lentur

Pelelehan

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 = 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

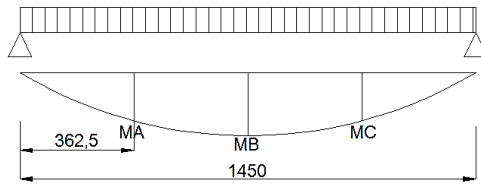
Tekuk torsi lateral

$$L_p = 55,754 \text{ cm}; L_r = 286,927 \text{ cm}$$

$$L_b = 145 \text{ cm} \Rightarrow L_p < L_b < L_r$$

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$= 1,2 \times 36,135 + 1,6 \times 244,14 = 433,986 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.13. Diagram momen balok bordes

$$R_a = 0,5 \times qU \times L$$

$$= 0,5 \times 433,986 \times 1,45 = 314,639 \text{ kg}$$

$$M_a = M_c = R_a \times (l/4) - qU \times (l/4) \times (l/8)$$

$$= 314,639 \times (1,45/4) - 433,986 \times (1,45/4) \times (1,45/8)$$

$$= 85,542 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 1/8 \times qU \times l^2$$

$$= 1/8 \times 433,986 \times 1,45^2 = 114,056 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$= \frac{12,5 \times 114,056}{2,5 \times 114,056 + 3 \times 85,542 + 4 \times 114,056 + 3 \times 85,542} = 1,136$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

$$= 1,13 \left[1050 - (1050 - 0,7 \times 2500 \times 37,5) \left(\frac{145 - 55,75}{286,9 - 55,75} \right) \right]$$

$$= 1020,443 \text{ kg.m (dipakai)}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 1020,443$$

$$= 918,398 \text{ kg.m} \geq 114,056 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{54}{5} = 10,8$$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} = 2,24 \sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,5) \times 1 = 750 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 750$$

$$= 675 \text{ kg} > 314,639 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,6 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{(qdl+qll)}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x}$$

$$= \frac{5 \left(\frac{(36,135+244,24)}{100} \right) 145^4}{384 \times 2 \cdot 10^6 \times 6187} = 0,043 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \Rightarrow 0,043 < 0,6 \text{ cm (OK)}$$

4.1.3.4. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 150 x 75 x 5 x 7, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	= 150 mm	ix	= 6,11 cm
bf	= 75 mm	iy	= 1,66 cm
tf	= 7 mm	Zx	= 98 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 21 cm ³
A	= 17,85 cm ²	Sx	= 88,8 cm ³
q	= 14 kg/m	Sy	= 13,2 cm ³
Ix	= 666 cm ⁴	r	= 8 cm
Iy	= 49,5 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 120 mm

- Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,004 \times (1,45 \times 0,5) \times 7850 = 22,765 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku } 4,6 \times 2 = 9,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } 14 / \cos(32,73) = 16,64 \text{ kg/m} +$$

$$= 48,608 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)} = 4,86 \text{ kg/m} +$$

$$qD_1 = 53,469 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$qL_1 = 488,28 \times 0,725 / \cos 32,73 = 420,84 \text{ kg/m}$$

$$qU_1 = 1,2 qD + 1,6 qL$$

$$= 1,2 \times 53,469 + 1,6 \times 420,84$$

$$= 737,51 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan pembebanan dan gaya dalam bordes

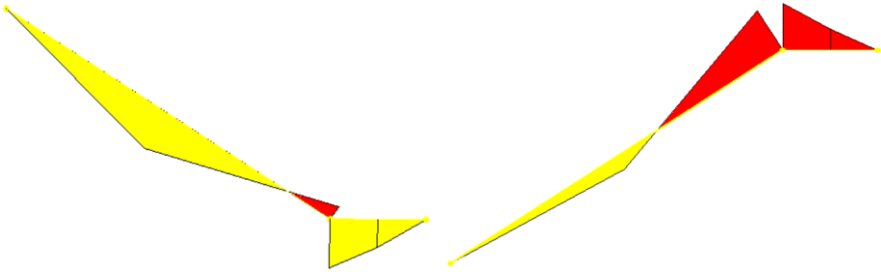
Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat profil} &= 14 \text{ kg/m} \\ \text{Berat bordes } 0,006 \times 0,725 \times 7850 &= 34,147 \text{ kg/m} \\ &= 48,147 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan (10\%)} &= 4,814 \text{ kg/m} \\ qD_2 &= 52,962 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

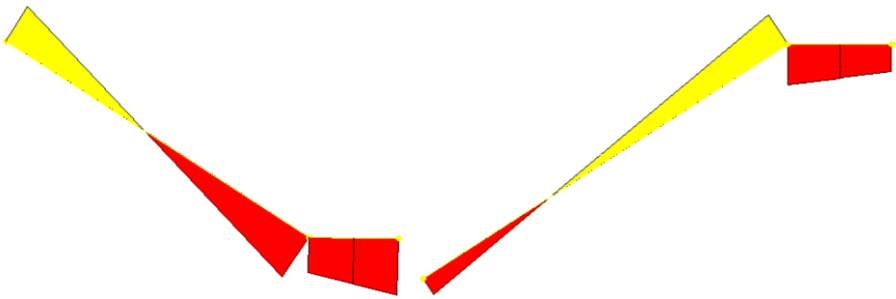
Beban hidup

$$\begin{aligned} qL_2 &= 488,28 \times 0,725 = 354,003 \text{ kg/m} \\ qU_2 &= 1,2 qD_2 + 1,6 qL_2 \\ &= 1,2 \times 52,962 + 1,6 \times 354,003 = 629,959 \text{ kg/m} \\ \text{Beban terpusat akibat balok bordes} \\ pl &= 9,3 \times 0,725 = 6,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

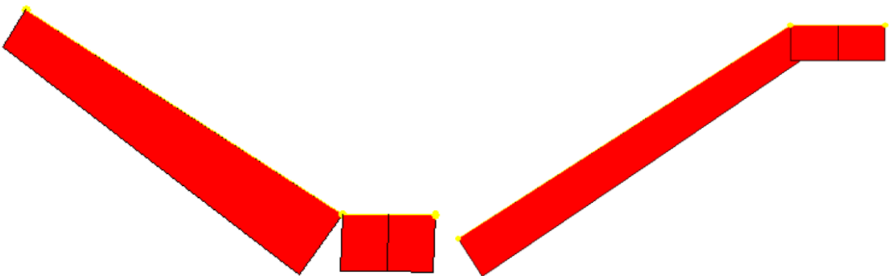
- Perhitungan gaya dalam akibat beban gravitasi
Analisa pembebanan dilakukan dengan program bantu SAP 2000 dan didapatkan gaya dalam sebagai berikut:
Momen maksimum = 1062,1 kg.m
Geser maksimum = 1455,1 kg
Tekan maksimum = 5671,54 kg
- Perhitungan gaya dalam akibat pengaruh gempa
Perletakan tangga berupa sendi-sendi sehingga tangga juga mempengaruhi kekakuan struktur gedung. Dari program bantu SAP2000 didapatkan gaya dalam akibat pengaruh gempa sebagai berikut:
Momen maksimum = 1630,86 kg.m
Geser maksimum = 1682,6 kg
Tekan maksimum = 7893,83 kg
Dari hasil analisa gaya dalam akibat pengaruh gempa lebih besar daripada akibat beban gravitasi, sehingga gaya dalam akibat pengaruh gempa digunakan untuk perhitungan kekutan struktur.



Gambar 4.15. Bidang M balok tangga



Gambar 4.16. Bidang D balok tangga



Gambar 4.17. Bidang N balok tangga

- Kontrol penampang profil

Sayap

$$\frac{b}{2t} = \frac{75}{2 \times 7} = 5,35$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_p > \frac{b}{t} \text{ (penampang kompak)}$$

Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda_p > \frac{h}{t_w} \text{ (penampang kompak)}$$

- Kontrol momen lentur

Pelehan

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 98 \times 2500 = 2450 \text{ kg.m (dipakai)}$$

Tekuk torsi lateral

$$L_p = 82,635 \text{ cm}; L_r = 300,441 \text{ cm}$$

$$L_b = \sqrt{30^2 + 17^2} = 35 \text{ cm} \Rightarrow L_b < L_p \text{ (Bentang pendek)}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 2450$$

$$= 2205 \text{ kg.m} \geq 1630,86 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24$$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} = 2,24 \sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (15 \times 0,5) \times 1 = 11250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 11250$$

$$= 10125 \text{ kg} > 1682,6 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol kuat tekan

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,218$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 4160}{61,1} = 68,09 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 2000000}{\left(\frac{1 \times 4160}{61,1}\right)^2} = 425,218 \text{ MPa}$$

$$F_{Cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$= \left[0,658 \frac{250}{425,218} \right] \times 250 = 195,465 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{Cr} A_g$$

$$= 195,465 \times 1785 = 348905 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 348905 = 314014,5 \text{ N} = 31401,45 \text{ kg}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$31401,45 \text{ kg} \geq 7893,83 \text{ kg (OK)}$$

- Interaksi aksial dan lentur

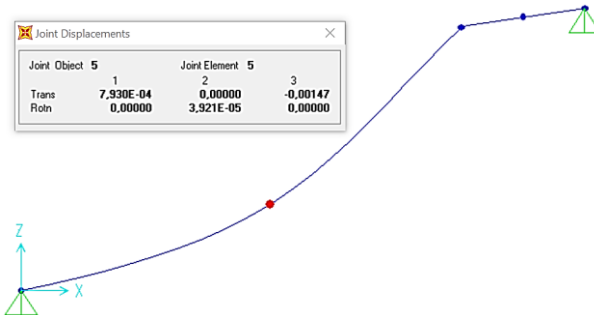
$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{7893,83}{31401,45} = 0,25 > 0,2$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = \frac{7893,83}{31401,45} + \frac{8}{9} \left(\frac{1630,86}{2205} \right) = 0,908 < 1 \text{ (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{416}{240} = 1,73 \text{ cm}$$

Joint Object 5		Joint Element 5	
	1	2	3
Trans	7,930E-04	0,00000	-0,00147
Rotn	0,00000	3,921E-05	0,00000



Gambar 4.18. Analisa lendutan balok utama tangga
 $f^o = 0,147 \text{ cm} < f_{ijin} \text{ (OK)}$

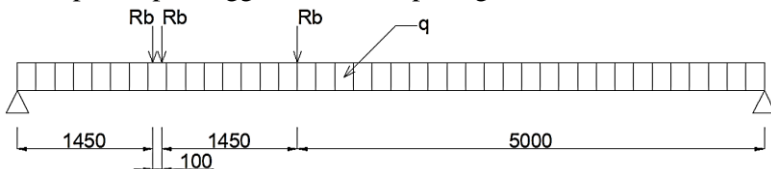
4.1.3.5. Balok Penumpu Tangga (Melintang)

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 175 x 125 x 5,5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 169 mm	ix	= 7,18 cm
bf	= 125 mm	iy	= 2,97 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 193 cm ³
tw	= 5,5 mm	Zy	= 64 cm ³
A	= 29,65 cm ²	Sx	= 181 cm ³
q	= 23,3 kg/m	Sy	= 41,8 cm ³
Ix	= 1530 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 261 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 129 mm

- **Pembebanan**

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Ra dan Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.19. Pembebanan balok penumpu tangga

$$Rb_{\text{kiri}} = Rb_{\text{kanan}} = -272,17 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 23,3 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding } 2,25 \times 100 &= 225 \text{ kg/m} + \\ &= 248,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat sambungan (10\%)} = 24,83 \text{ kg/m} +$$

$$qD = 273,13 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan gaya dalam**
Dari analisa SAP2000 didapat :

$$M_{\max} = 1419,59 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} = 879,59 \text{ kg}$$

- Kontrol momen lentur

Pelelehan

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 193 \times 2500 = 4825 \text{ kgm}$$

Tekuk torsi lateral

$$L_p = 147,848 \text{ cm}; L_r = 511,175 \text{ cm}$$

$$L_b = 645 \text{ cm} \Rightarrow L_b > L_r$$

$$M_a = M_c$$

$$= 1217,32 \text{ kgm}$$

$$M_b = 1419,59 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$= \frac{12,5 \times 1419,59}{2,5 \times 1419,59 + 3 \times 1217,32 + 4 \times 1419,59 + 3 \times 1217,32} = 1,073$$

$$h_o = d - 2t_f$$

$$= 169 - 2 \times 8 = 16,1 \text{ cm}$$

$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$$

$$= \frac{261 \times 16,1^2}{4} = 16913,45 \text{ cm}^6$$

$$r_{ts} = \left(\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \right)^{0,5}$$

$$= \left(\frac{\sqrt{261 \times 16913,45}}{181} \right)^{0,5} = 3,407 \text{ cm}$$

$$J = 1/3 \cdot h \cdot t_w^3 + 2/3 \cdot b_f \cdot t_f^3$$

$$= 1/3 \times 12,9 \times 0,55^3 + 2/3 \times 12,5 \times 0,8^3 = 5,115 \text{ cm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$

$$= \frac{1,073 \times \pi^2 \times 200000}{\left(\frac{800}{3,407} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{5,115}{18,1 \times 16,1} \left(\frac{800}{3,407} \right)^2}$$

$$= 1123,635 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = F_{cr} \times S_x$$

$$= 1123,635 \times 181 = 2033,78 \text{ kgm (dipakai)}$$

$$\emptyset Mn \geq Mu$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 2033,78$$

$$= 1830,4 \text{ kgm} \geq 1419,59 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{129}{5,5} = 23,45$$

$$2,24\sqrt{E/F_y} = 2,24\sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (16,9 \times 0,55) \times 1 = 13942,5 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 13942,5$$

$$= 12548,25 \text{ kg} > 879,59 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3,33 \text{ cm}$$



Gambar 4.20. Analisa lendutan balok penumpu tangga A
 $f^o = 0,657 \text{ cm} < f_{ijin} \text{ (OK)}$

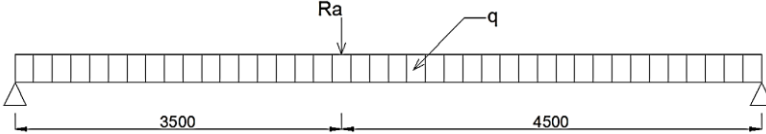
4.1.3.6. Balok Penumpu Tangga (Memanjang)

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 300 x 200 x 8 x 12 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 294 mm	ix	= 12,5 cm
bf	= 200 mm	iy	= 4,71 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 823 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 244 cm ³
A	= 72,38 cm ²	Sx	= 771 cm ³
q	= 56,8 kg/m	Sy	= 160 cm ³
Ix	= 11300 cm ⁴	r	= 18 cm
Iy	= 1600 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 234 mm

- **Pembebanan**

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R_a dan R_b) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.21. Pembebanan balok penumpu tangga B

- **Reaksi perletakan**

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{v_b} \cdot 8 - R_a \cdot 3,5 - 0,5 \cdot q \cdot l^2 = 0$$

$$R_{v_b} = \frac{4047,53 \times 3,5 + 0,5 \times 56,8 \times 8^2}{8}$$

$$= 1997,99 \text{ kg}$$

$$R_{v_a} = Q_d \cdot 8 + R_a - R_{v_b}$$

$$= 2503,93 \text{ kg}$$

- **Perhitungan gaya dalam**

$$M_{\max} = 9445,35 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} = R_{v_a}$$

$$= 2503,93 \text{ kg}$$

- **Kontrol momen lentur**

Pelelehan

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 823 \times 2500 = 20575 \text{ kgm}$$

Tekuk torsi lateral

$$L_p = 234,465 \text{ cm}; L_r = 742,89 \text{ cm}$$

$$L_b = 800 \text{ cm} \Rightarrow L_b > L_r$$

$$M_a = M_c$$

$$= 4495,48 \text{ kgm}$$

$$M_b = 9445,36 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$= \frac{12,5 \times 9445,36}{2,5 \times 9445,36 + 3 \times 4495,48 + 4 \times 9445,36 + 3 \times 4495,48} = 1,336$$

$$\begin{aligned} \text{ho} &= d - 2t_f \\ &= 294 - 2 \times 8 = 28,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{I_y h_o^2}{4} \\ &= \frac{1600 \times 28,2^2}{4} = 318096 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \left(\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \right)^{0,5} \\ &= \left(\frac{\sqrt{1600 \times 318096}}{771} \right)^{0,5} = 5,41 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= 1/3 \cdot h \cdot t_w^3 + 2/3 \cdot b_f \cdot t_f^3 \\ &= 1/3 \times 23,4 \times 0,8^3 + 2/3 \times 20 \times 1,2^3 = 27,648 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \\ &= \frac{1,336 \pi^2 \times 200000}{\left(\frac{800}{5,41} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{27,648}{771 \times 28,2} \left(\frac{800}{5,41} \right)^2} \\ &= 2146,65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \times S_x \\ &= 2146,65 \times 771 = 16550,7 \text{ kgm (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 16550,7$$

$$= 14895,6 \text{ kgm} \geq 9445,355 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} = 2,24 \sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times (29,4 \times 0,8) \times 1 = 35280 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 35280$$

$$= 31752 \text{ kg} > 2503,93 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

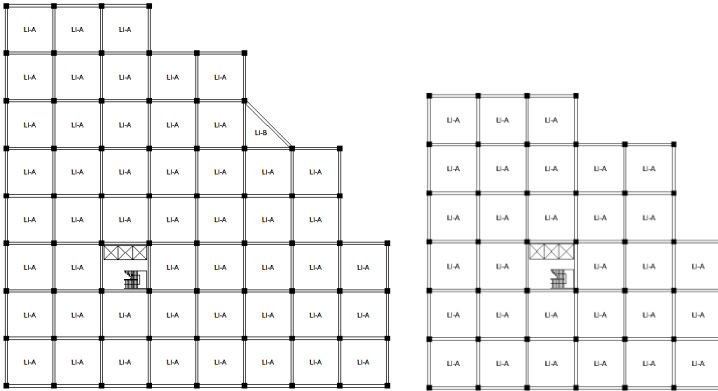
$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3,33 \text{ cm}$$



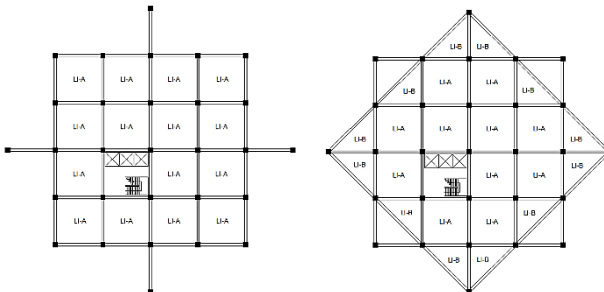
Gambar 4.22. Analisa lendutan balok penumpu tangga B
 $f^o = 3,196 \text{ cm} < f_{ijin}$ (OK)

4.2. Permodelan Struktur

Struktur yang direncanakan adalah bangunan perkantoran 23 lantai dan 1 basement dengan total tinggi struktur 108 meter. Denah dari struktur dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut.



Gambar 4.23. Denah lantai 1 (kiri) dan denah lantai 2 (kanan)

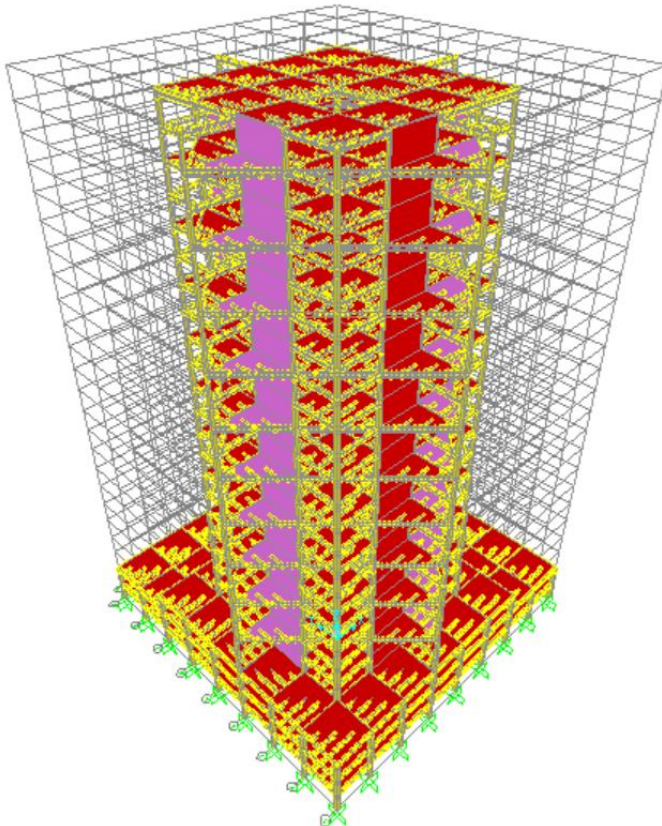


Gambar 4.24. Denah lantai 3 tipikal untuk lantai ganjil (kiri) dan denah lantai 4 tipikal untuk lantai genap (kanan)

Pada Gambar 4.23 dan 4.24 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horizontal gambar.

Permodelan struktur dilakukan menggunakan program bantu SAP2000. Pada program SAP2000, struktur gedung akan dimodelkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya, sehingga akan membantu dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berada di SNI-1729-2015 (Baja) dan SNI-1726-2012 (Gempa).

Berikut adalah permodelan yang dilakukan dalam program SAP2000:



Gambar 4.25. Permodelan gedung CIMB Tower

4.2.1. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Standar Nasional Indonesia (SNI 1727 2013) dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya.

Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa kolom, balok, tangga dll memiliki berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding bata ringan hebel 100 kg/m^2
- Berat spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/m^2
- Dinding beton ringan 100 kg/m^2

2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan. Beban hidup yang bekerja pada perkantoran ini adalah sebagai berikut:

- Lantai atap = $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Lantai perkantoran = $2,4 \text{ kN/m}^2$

3. Beban gempa (*Earthquake Load*)

Berdasarkan wilayah gempa, kota Semarang termasuk dalam wilayah gempa zona tinggi. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia (www.puskim.pu.go.id).

➤ Data tanah

Salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan adalah mengetahui jenis tanah di lokasi dimana akan didirikan bangunan.

Tabel 4.1. Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/N
Lapisan 1	0	-	0	-
Lapisan 2	2	2	10	0,200
Lapisan 3	4	2	12	0,167
Lapisan 4	6	2	3	0,667
Lapisan 5	8	2	4	0,500
Lapisan 6	10	2	5	0,400
Lapisan 7	12	2	4	0,500
Lapisan 8	14	2	6	0,333
Lapisan 9	16	2	5	0,400
Lapisan 10	18	2	7	0,286
Lapisan 11	20	2	8	0,250
Lapisan 12	22	2	8	0,250
Lapisan 13	24	2	8	0,250
Lapisan 14	26	2	8	0,250
Lapisan 15	28	2	9	0,222
Lapisan 16	30	2	11	0,182
Lapisan 17	32	2	10	0,200
Lapisan 18	34	2	10	0,200
Lapisan 19	36	2	12	0,167
Lapisan 20	38	2	31	0,065
Lapisan 21	40	2	36	0,056
Lapisan 22	42	2	39	0,051
Lapisan 23	43,5	1,5	37	0,041
Lapisan 24	45	1,5	43	0,035
Total 30 m		30		4,357

Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah (SNI-1726-2012) :

$$\tilde{N} \geq 50 = \text{Tanah Keras}$$

$$15 \geq \tilde{N} \geq 50 = \text{Tanah Sedang}$$

$$\tilde{N} < 15 = \text{Tanah Lunak}$$

Berdasarkan tabel 5.1 dapat dilakukan perhitungan N rata-rata sebagai berikut :

$$\tilde{N} = \frac{30}{4,357} = 6,885$$

Dari perhitungan nilai N rata-rata di atas diperoleh jenis tanah kategori tanah lunak.

Parameter-parameter respon spektrum untuk wilayah Semarang dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E) adalah sebagai berikut :

- S_s (g) = 1,098
- S_1 (g) = 0,364
- F_A = 0,900
- S_{MS} (g) = 0,988
- S_{M1} (g) = 0,926
- S_{DS} (g) = 0,659
- S_{D1} (g) = 0,617
- T_0 (detik) = 0,187
- T_s (detik) = 0,937

➤ Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :

100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y

- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X
- Faktor keutamaan gempa
Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Berdasarkan tabel 1 dan tabel 2 SNI 1726-2012, didapatkan kategori dan nilai sebagai berikut:
 - Kategori resiko bangunan = II
 - Faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,0
 - $S_{ds} = 0,659$, berdasarkan tabel 6 SNI 1726-2012 termasuk dalam kategori desain seismik D
- Faktor untuk sistem penahan gaya gempa
Ketika analisis, faktor-faktor tertentu harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa. Sistem struktur gedung ini adalah sistem rangka bangunan dengan penahan gempa 100% shearwall. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 didapatkan nilai faktor yaitu:
 - Koefisien modifikasi respon (R) = 6,5
 - Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 2,5
 - Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5

4. Kombinasi beban

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726-2012 sebagai berikut:

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L
- 1,2 D + 1 L + 1 E
- 0,9 D + 1 E
- 1 D + 1 L

Keterangan :

D : Beban mati

L : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

4.2.2. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol beban gravitasi
- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol nilai akhir dinamik
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.2.2.1. Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu SAP 2000 dengan desain bangunan gedung. Pengecekan ini bisa dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisa SAP2000 pada total reaksi vertikal perletakan yang ditinjau dengan kombinasi 1D+1L. Hasil perbandingan analisa dengan SAP 2000 dengan perhitungan manual tidak boleh melebihi batasan 5%. Sesuai nilai beban mati dan beban hidup yang telah dijelaskan pada bagian 5.2 diatas, perhitungan beban mati masing-masing elemen gedung ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.2. Perhitungan Beban

No	Jenis	Dimensi			Total	Pengali	Berat (kg)
		b (m)	h (m)	L (m)			
1	Superimposed lantai	8		8	64 m ²	83,1 kg/m ²	5318,4
2	Superimposed atap	8		8	64 m ²	52,1 kg/m ²	3334,4
3	Kolom lt 3 (t = 25mm)	0,7	0,7	4,5	2,205 m ³	2400 kg/m ³	8126,3
4	Kolom A (t = 19mm)	0,7	0,7	4,5	2,205 m ³	2400 kg/m ³	7067,1
5	Kolom B (t = 12mm)	0,6	0,6	4,5	1,62 m ³	2400 kg/m ³	5038,6
6	Kolom C (t = 12mm)	0,5	0,5	4,5	1,125 m ³	2400 kg/m ³	3498,8
7	Balok Tengah						143,4
	Zona A	0,000674		22,88	0,015421 m ³	7850 kg/m ³	123,3
	Zona B	0,000368		6,88	0,002532 m ³	7850 kg/m ³	20,1
8	Balok Tengah 1/2	0,000674		44,64	0,030087 m ³	7850 kg/m ³	240,6
9	Balok Tepi Tengah						574,1
	Zona A	0,002740		24,28	0,066527 m ³	7850 kg/m ³	522,2
	Zona B	0,000736		8,98	0,006609 m ³	7850 kg/m ³	51,9
10	Balok Tepi Tepi						322,7
	Zona A	0,001520		24,28	0,036906 m ³	7850 kg/m ³	289,7

Tabel 4.2. Perhitungan Beban (lanjutan)

No	Jenis	Dimensi			Total	Pengali	Berat (kg)
		b (m)	h (m)	L (m)			
	Zona B	0,000468		8,98	0,00420 m ³	7850 kg/m ³	33,0
11	Balok Tepi Miring						418,6
	Zona A	0,001520		31,987	0,04862 m ³	7850 kg/m ³	381,7
	Zona B	0,000468		10,059	0,004708 m ³	7850 kg/m ³	37,0
12	Pengaku	0,001185		0,707	0,000838 m ³	7850 kg/m ³	6,6
13	Tangga						971,8
	Balok utama	0,001785		19,6433	0,03506 m ³	7850 kg/m ³	275,2
	Balok bordes	0,001185		6	0,00711 m ³	7850 kg/m ³	55,8
	Balok penumpu atas	0,002965		8	0,02372 m ³	7850 kg/m ³	186,2
	Balok penumpu bawah	0,007238		8	0,0579 m ³	7850 kg/m ³	454,5
14	Beban Tangga						14162,0
	Balok utama				16,64 m	737,5 kg/m	12272,2
	Balok bordes				3 m	630,0 kg/m	1889,9
15	SPSW C	0,0032	4,5	8	0,1152 m ³	7850 kg/m ³	904,3
16	SPSW B	0,004	4,5	8	0,144 m ³	7850 kg/m ³	1130,4

Tabel 4.2. Perhitungan Beban (lanjutan)

No	Jenis	Dimensi			Total	Pengali	Berat
		b (m)	h (m)	L (m)			
17	SPSW A	0,0045	4,5	8	0,162 m ³	7850 kg/m ³	1271,7
18	Balok HBE C	0,02736		8	0,21888 m ³	7850 kg/m ³	1718,2
19	Balok HBE B	0,03076		8	0,24608 m ³	7850 kg/m ³	1931,7
20	Balok HBE A	0,0364		8	0,2912 m ³	7850 kg/m ³	2285,9
21	Kolom VBE C	0,7	0,7	4,5	2,205 m ³	2400 kg/m ³	9248,4
22	Kolom VBE B	0,8	0,8	4,5	2,88 m ³	2400 kg/m ³	11433,6
23	Kolom VBE A	0,9	0,9	4,5	3,645 m ³	2400 kg/m ³	13834,8
24	Dinding	8	4,5		36 m ²	100 kg/m ²	3600,0
25	Beban hidup lantai	8		8	64 m ²	244,6483 kg/m ²	15657,5
26	Beban hidup atap	8		8	64 m ²	97,85933 kg/m ²	6263,0

Dan perhitungan beban mati dan beban hidup total struktur dari seluruh elemen struktur gedung ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.3. Perhitungan Beban Mati dan Hidup Total Struktur

Lantai	Jumlah							B. mati	B. Hidup	Total
	1	2	3	4	5	6	7	(kg)	(kg)	(kg)
Dasar	50,5	150	84	30	1	68	236	2023418,6	790703	2814122,0
1	50,5	150	84	30	1	68	236	2023418,6	790703	2814122,0
2	30	90	46	24		44	148	1268764,1	469725	1738488,8
3	15	45	24	16		29	88	753404,9	234862	988267,3
4	15	33	32	8	12	29	88	703722,7	234862	938585,1
5	15	45	24	16	0	29	88	731161,5	234862	966023,9
6	15	33	32	8	12	29	88	703722,7	234862	938585,1
7	15	45	24	16	0	29	88	731161,5	234862	966023,9
8	15	33	32	8	12	29	88	639934,0	234862	938585,1
9	15	45	24	16	0	29	88	667372,8	234862	966023,9
10	15	33	32	8	12	29	88	639934,0	234862	938585,1
11	15	45	24	16	0	29	88	667372,8	234862	966023,9
12	15	33	32	8	12	29	88	639934,0	234862	938585,1

Tabel 4.3. Perhitungan Beban Mati dan Hidup Total Struktur (lanjutan)

Lantai	Jumlah							B. mati	B. Hidup	Total
	1	2	3	4	5	6	7	(kg)	(kg)	(kg)
13	15	45	24	16	0	29	88	667372,8	234862	966023,9
14	15	33	32	8	12	29	88	639934,0	234862	938585,1
15	15	45	24	16	0	29	88	667372,8	234862	966023,9
16	15	33	32	8	12	29	88	588358,3	234862	938585,1
17	15	45	24	16	0	29	88	615797,1	234862	966023,9
18	15	33	32	8	12	29	88	588358,3	234862	938585,1
19	15	45	24	16	0	29	88	615797,1	234862	966023,9
20	15	33	32	8	12	29	88	588358,3	234862	938585,1
21	15	45	24	16	0	29	88	615797,1	234862	966023,9
22	15	33	32	8	12	29	88	588358,3	234862	938585,1
Atap	15	45	24	16	0	29	88	456437,1	93945	550382,1
Total										26985448,5

Keterangan :

1. Lantai; 2. Balok Tengah; 3. Balok Tepi Tengah; 4. Balok Tepi Tepi
5. Balok Tepi Miring; 6. Kolom; 7. Pengaku

Base Reactions

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m	GlobalK m
▶	1D + 1L	Combination	-0.000068	-0.00003682	27068435,88	15034504,55	-16580679,1	0.000005749	0

Record: 1 of 1

Add Tables... Done

Gambar 4.26. Output *base reaction* SAP2000

Dari hasil analisa SAP2000 diperoleh beban hidup dan beban mati (1D + 1L) sebesar 27068435,88 kg.

Selisih perhitungan antara perhitungan manual dan hasil SAP2000 adalah sebagai berikut:

$$27068435,88 \text{ kg} - 26985448,5 \text{ kg} = 82987,4 \text{ kg}$$

Sehingga diperoleh persentase:

$$\frac{82987,4}{26985448,5} \times 100\% = 0,307\% < 5\% \text{ (OK)}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh kesimpulan bahwa permodelan telah mendekati keadaan sesungguhnya.

4.2.2.2. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.4. Rasio Partisipasi Massa Struktur Mode 1 - 26

Output Case	Step Num	Period	Sum UX	Sum UY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1	3,407214	0,001	0,005
MODAL	2	3,406019	0,001	0,005
MODAL	3	3,398424	0,004	0,005
MODAL	4	3,397302	0,004	0,005
MODAL	5	3,251902	0,08	0,487
MODAL	6	3,220463	0,561	0,561
MODAL	7	2,888143	0,561	0,561
MODAL	8	2,882453	0,561	0,561
MODAL	9	2,882357	0,561	0,561
MODAL	10	2,882253	0,562	0,564
MODAL	11	2,880524	0,562	0,564
MODAL	12	2,875041	0,562	0,564
MODAL	13	2,874975	0,562	0,564
MODAL	14	2,873706	0,565	0,564
MODAL	15	2,406305	0,568	0,567
MODAL	16	2,346508	0,568	0,567
MODAL	17	2,341152	0,568	0,567
MODAL	18	2,341075	0,568	0,567
MODAL	19	2,340748	0,568	0,567
MODAL	20	2,335733	0,569	0,567
MODAL	21	2,335145	0,569	0,567
MODAL	22	2,335076	0,569	0,567
MODAL	23	2,247122	0,569	0,568
MODAL	24	0,893516	0,599	0,735
MODAL	25	0,88968	0,765	0,765
MODAL	26	0,714048	0,765	0,765

Tabel 4.5. Rasio Partisipasi Massa Struktur Mode 27 - 52

Output Case	Step Num	Period	Sum UX	Sum UY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	27	0,707567	0,765	0,765
MODAL	28	0,707195	0,765	0,765
MODAL	29	0,707054	0,765	0,765
MODAL	30	0,706317	0,765	0,765
MODAL	31	0,704146	0,765	0,765
MODAL	32	0,692217	0,765	0,765
MODAL	33	0,690439	0,765	0,765
MODAL	34	0,656633	0,765	0,765
MODAL	35	0,622906	0,765	0,765
MODAL	36	0,60523	0,766	0,765
MODAL	37	0,600135	0,766	0,766
MODAL	38	0,598652	0,766	0,766
MODAL	39	0,596738	0,766	0,766
MODAL	40	0,589921	0,766	0,766
MODAL	41	0,556686	0,766	0,766
MODAL	42	0,55355	0,767	0,766
MODAL	43	0,536663	0,767	0,767
MODAL	44	0,514594	0,768	0,767
MODAL	45	0,512321	0,768	0,768
MODAL	46	0,491908	0,769	0,768
MODAL	47	0,482888	0,77	0,771
MODAL	48	0,471321	0,775	0,774
MODAL	49	0,454967	0,787	0,794
MODAL	50	0,450644	0,819	0,814
MODAL	51	0,443262	0,836	0,854
MODAL	52	0,439651	0,861	0,861

Tabel 4.6. Rasio Partisipasi Massa Struktur Mode 53 - 72

Output Case	Step Num	Period	Sum UX	Sum UY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	53	0,39349	0,862	0,862
MODAL	54	0,382644	0,862	0,862
MODAL	55	0,357665	0,863	0,862
MODAL	56	0,338799	0,863	0,862
MODAL	57	0,322467	0,863	0,863
MODAL	58	0,315264	0,863	0,863
MODAL	59	0,297628	0,864	0,916
MODAL	60	0,297297	0,916	0,916
MODAL	61	0,22883	0,927	0,93
MODAL	62	0,226814	0,943	0,943
MODAL	63	0,201026	0,946	0,947
MODAL	64	0,179957	0,954	0,954
MODAL	65	0,170129	0,96	0,96
MODAL	66	0,144019	0,966	0,965
MODAL	67	0,127867	0,972	0,972
MODAL	68	0,112309	0,978	0,978
MODAL	69	0,090831	0,986	0,986
MODAL	70	0,081663	0,993	0,993
MODAL	71	0,057799	0,997	0,997
MODAL	72	0,05433	1	1

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91,6 % pada moda ke 60 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,6 % pada moda ke 60. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.2.2.3. Kontrol Periode Getar Struktur

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental pendekatan (T_a) untuk struktur dinding geser plat baja ditentukan sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]}$$

Nilai T_a di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas berdasarkan Tabel 14 SNI 1726-2012 yang tergantung dari nilai S_{D1} .

Untuk nilai $S_{D1}=0,617$, nilai koefisien batas (C_u) adalah 1,4. Struktur studi kasus memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung (h_n) adalah 108 m, dan luas struktur 30080 m².

$$D_1 = D_2 = 8 \text{ m}$$

$$h_1 = h_2 = 108 \text{ m}$$

$$A_1 = A_2 = 8 \times 108 = 864 \text{ m}^2$$

$$C_w = \frac{100}{30080} \left\{ \left(\frac{108}{108} \right)^2 \frac{864}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{108}{8} \right)^2 \right]} + \left(\frac{108}{108} \right)^2 \frac{864}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{108}{8} \right)^2 \right]} \right\}$$

$$= 0,037728$$

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{0,037728}} 108 = 3,44736$$

$$T = C_u \times T_a = 1,4 \times 3,44736 = 4,82629$$

T dari analisis SAP200 = 3,40721 < 4,82629 (OK)

Dari Tabel 5.5 di atas didapat $T_c = 3,40721$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur gedung CIMB Tower masih memenuhi syarat SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2.

4.2.2.4. Kontrol Nilai Akhir Dinamik

Berdasarkan SNI 1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s x W \text{ (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1)}$$

dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,659}{\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,1014$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,617}{3,40721\left(\frac{6,5}{1}\right)} = 0,0278 < 0,1014$$

Maka diambil $C_s = 0,0278$

Dan tidak lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,659 \times 1 \\ &= 0,0278 < 0,0289 \end{aligned}$$

Maka nilai C_s diambil 0,0278

Dari tabel 5.4 didapat berat total struktur adalah 27068435,88 kg. Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \times W \\ &= 0,0278 \times 27068435,88 \\ &= 754111,489 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut :

Base Reactions

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m	GlobalMZ Kgf-m
▶ GEMPA X	LinRespSpec	Max	650173.41	197323.25	1848.2	8666077.6	28717185.54	988312.17
GEMPA Y	LinRespSpec	Max	197352.94	650162.14	1613.6	28539142.02	8718883.98	964216.44

Record: 1 of 2

Add Tables... Done

Gambar 4.27. Gaya geser dasar akibat beban gempa

Kontrol:

- Untuk gempa arah X
 - $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$
 - $650173,41 \geq 85\% \times 27068435,88$
 - $650173,41 \geq 640994,765 \text{ kg (OK)}$
- Untuk gempa arah Y
 - $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$
 - $650162,14 \geq 85\% \times 27068435,88$
 - $650162,14 \geq 640994,765 \text{ kg (OK)}$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa pembebanan gempa dinamik pada permodelan telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2012 Pasal 7.8

4.2.2.5. Kontrol Penahan Gempa

Pada perencanaan ini, beban gempa 100% diterima oleh shearwall sehingga frame hanya menerima beban gravitasi saja. Selain itu, frame juga harus mampu menerima simpangan yang diakibatkan oleh simpangan shearwall.

Tabel 4.7. Kontrol Distribusi Penahan Gempa

Joint	Gempa X		Gempa Y	
	U1 (kg)	U2 (kg)	U1 (kg)	U2 (kg)
Kolom	2,099E-11	1,313E-11	1,07E-11	2,9E-11
Kolom	1,07E-11	5,118E-12	8,34E-12	1,52E-11
Kolom	1,774E-11	1,607E-11	7,1E-12	1,84E-11
Kolom	1,814E-11	1,01E-11	6,85E-12	1,25E-11
Kolom	9,267E-12	1,462E-11	5,02E-12	1,34E-11
Kolom	1,308E-11	1,51E-11	9,89E-12	1,54E-11
Kolom	1,861E-11	1,529E-11	7,71E-12	3,22E-11
Kolom	9,657E-12	1,269E-11	5,61E-12	2,13E-11
Kolom	1,055E-11	7,246E-12	9,4E-12	6E-12
Kolom	1130,96	1,354E-15	357,13	1,62E-15

Tabel 4.7. Kontrol Distribusi Penahan Gempa (lanjutan)

Joint	Gempa X	Gempa Y	Gempa X	Gempa Y
	U1 (kg)	U2 (kg)	U1 (kg)	U2 (kg)
Kolom	109,14	3,453E-16	93,46	8,33E-16
Kolom	5,438E-12	1,138E-11	1,18E-11	3,25E-11
Kolom	6,123E-12	5,924E-12	6,88E-12	7,74E-12
Kolom	1,092E-11	8,841E-12	7E-12	2,13E-11
Kolom	1,135E-11	1,175E-11	7,69E-12	2,34E-11
Kolom	2,243E-11	9,528E-12	8,79E-12	2,06E-11
Kolom	1,307E-11	1,036E-11	8,4E-12	1,83E-11
Kolom	1,562E-11	2,708E-11	1,03E-11	2,12E-11
Kolom	1,661E-11	1,078E-11	1,5E-11	2,5E-11
Kolom	237,83	210,25	167,39	347,56
Kolom	2,556E-11	7,625E-12	1,94E-11	7,28E-12
Kolom	3,388E-11	7,934E-12	1,33E-11	2,06E-11
Kolom	2,028E-11	7,592E-12	1,49E-11	1,62E-11
Kolom	9,472E-12	1,467E-11	8,16E-12	3,56E-11
Kolom	1,438E-11	1,792E-11	6,24E-12	1,69E-11
Kolom	3,131E-11	2,357E-11	1,32E-11	1,52E-11
Kolom	2,021E-11	1,559E-11	1,22E-11	2,3E-11
Kolom	201,29	188,07	171,7	373,78
Kolom	2,828E-11	1,336E-11	1,29E-11	2,46E-11
Kolom	1,074E-11	3,095E-11	5,22E-12	1,23E-11
Kolom	2,863E-11	9,353E-12	9,25E-12	1,35E-11
Kolom	3,923E-11	2,137E-11	2,13E-11	2,36E-11
Kolom	8,13E-11	2,236E-11	1,37E-10	5,98E-11
Kolom	1,851E-11	9,526E-12	1,41E-11	1,53E-11
Kolom	1,131E-11	1,197E-11	6,65E-12	2,01E-11
Kolom	1,325E-11	5,757E-12	4,88E-12	1,17E-11
Kolom	2,16E-11	5,96E-11	5,23E-11	1,76E-10

Tabel 4.7. Kontrol Distribusi Penahan Gempa (lanjutan)

Joint	Gempa X	Gempa Y	Gempa X	Gempa Y
	U1 (kg)	U2 (kg)	U1 (kg)	U2 (kg)
Kolom	2,154E-11	1,123E-11	1,11E-11	2,24E-11
Kolom	1,881E-11	1,362E-11	1,31E-11	2,85E-11
Kolom	1,545E-11	7,292E-12	5,19E-12	1,35E-11
Kolom	1,771E-11	1,069E-11	8,78E-12	9,27E-12
Kolom	9,218E-12	1,078E-11	6,53E-12	1,59E-11
Kolom	8,649E-12	1,09E-11	1,23E-11	1,69E-11
Kolom	6,784E-12	8,795E-12	4,68E-12	9,36E-12
Kolom	2,31E-11	1,475E-11	1,23E-11	2,89E-11
Kolom	1,287E-11	9,328E-12	8,45E-12	2,2E-11
Kolom	9,285E-12	1,351E-11	6,93E-12	1,52E-11
Kolom	1,477E-11	5,742E-12	7,78E-12	1,3E-11
Kolom	7,385E-12	8,146E-12	5,63E-12	1,37E-11
Kolom	2,378E-11	6,022E-12	1,38E-11	9,33E-12
Kolom	4,505E-11	7,782E-12	1,9E-11	7,56E-12
Kolom	4,47E-11	7,001E-12	1,55E-11	2,02E-11
Kolom	1,253E-11	7,141E-12	4,82E-12	1,2E-11
Kolom	1,725E-11	9,596E-12	8,98E-12	1,72E-11
Kolom	2,321E-11	7,524E-12	1,43E-11	6,82E-12
Kolom	1,491E-11	1,456E-11	1,03E-11	1,04E-11
Kolom	1,933E-11	1,046E-11	1,3E-11	7,5E-12
Kolom	4,426E-11	8,043E-12	2,58E-11	2,2E-11
Kolom	1,585E-11	1,819E-11	7,22E-12	2,33E-11
Kolom	1,926E-11	1,119E-11	1,09E-11	1,03E-11
Kolom	2,029E-11	1,743E-11	1,61E-11	3,7E-11
Kolom	1,287E-11	5,011E-12	6,7E-12	1,45E-11
Shearwall	117504,87	11015,99	37035,38	35593,42
Shearwall	117230,95	11373,62	36822,71	37248,53

Tabel 4.7. Kontrol Distribusi Penahan Gempa (lanjutan)

Joint	Gempa X	Gempa Y	Gempa X	Gempa Y
	U1 (kg)	U2 (kg)	U1 (kg)	U2 (kg)
Shearwall	35366,81	37171,09	10953,75	117939,7
Shearwall	35491,11	42374,54	10993,72	135004,3
Shearwall	37244,07	36954,29	11374,57	117606,6
Shearwall	37302,65	42122,39	11393,02	134540,6
Shearwall	135108,35	11021,41	42276,44	35607,7
Shearwall	134710,49	11400,14	42054,33	37332,41
Total	651638,52	203831,79	203693,6	651594,6
Σ Shearwall	649959,30	203433,47	202903,9	650873,3
% Shearwall	99,742308	99,804584	99,61232	99,8893

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa shearwall rata-rata menerima gaya gempa sebesar 99,7 % mendekati 100% sehingga permodelan yang dilakukan untuk mengetahui simpangan yang terjadi pada shearwall saat menerima beban gempa sudah benar.

4.2.2.6. Kontrol Batas Simpangan (*drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

Δ_s dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan dibawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor pembesaran defleksi (5)

I_e = faktor keutamaan gedung (1,0)

ρ = Faktor redudansi (1,0)

Untuk sistem rangka bangunan dan dinding geser khusus, dari tabel 9 SNI 1726-2012 didapatkan nilai $C_d = 5$ dan dari tabel 2 SNI 1726-2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{sx}$$

Dimana : h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

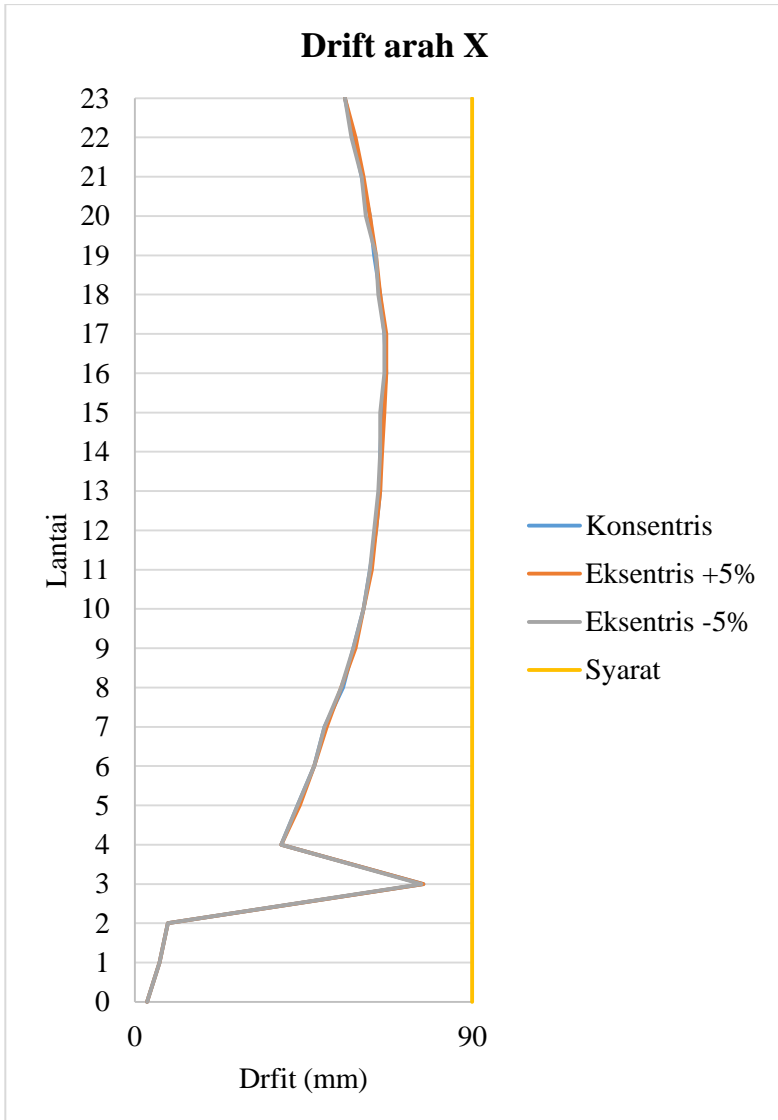
Untuk tinggi tingkat 4,5 m, simpangan ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times 4500 = 90 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.8. Kontrol Simpangan antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X

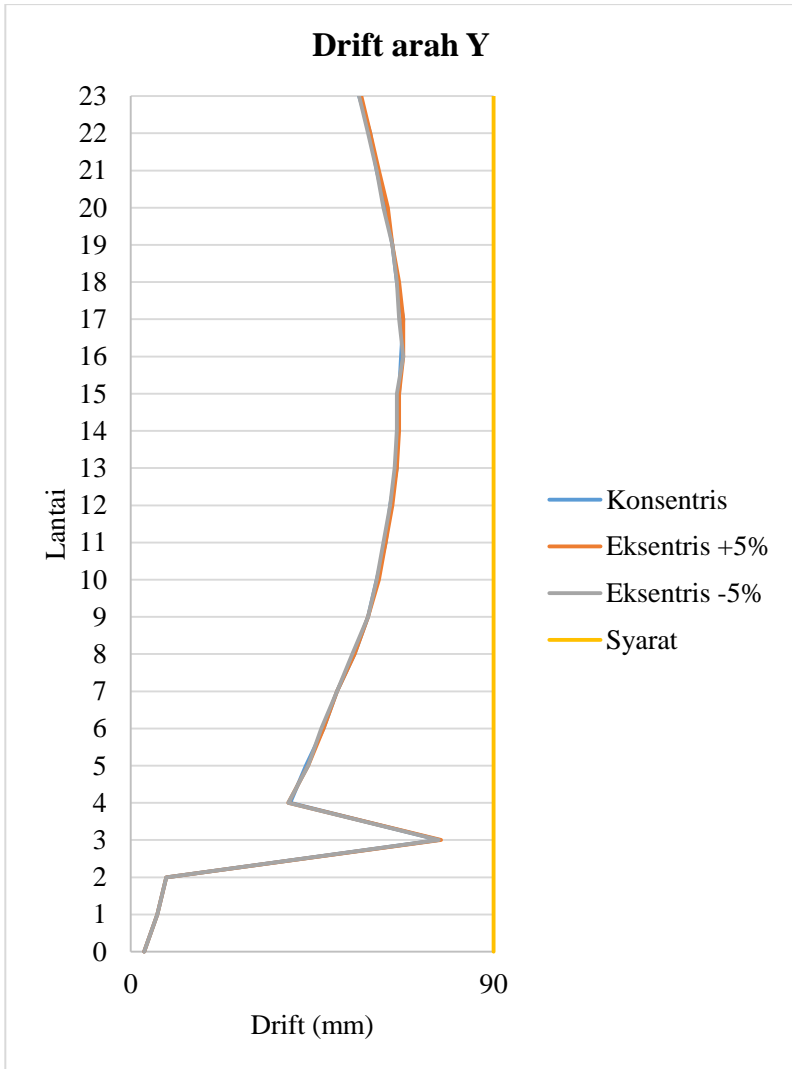
Lantai	Konsentris			Eksentris +5%		Eksentris -5%		$\delta x < \Delta a$
	Δa (mm)	Δx (mm)	δx (mm)	Δx (mm)	δx (mm)	Δx (mm)	δx (mm)	
23	90	232,0	56,1	232,9	56,1	231,1	56,1	OK
22	90	221,8	58,3	222,7	58,8	220,9	57,8	OK
21	90	211,2	60,5	212,0	61,1	210,4	60,5	OK
20	90	200,2	62,7	200,9	62,7	199,4	61,6	OK
19	90	188,8	63,8	189,5	64,3	188,2	64,3	OK
18	90	177,2	65,4	177,8	65,5	176,5	64,9	OK
17	90	165,3	66,6	165,9	67,1	164,7	66,6	OK
16	90	153,2	67,1	153,7	67,1	152,6	66,6	OK
15	90	141,0	66,0	141,5	66,6	140,5	65,5	OK
14	90	129,0	65,5	129,4	66,0	128,6	65,5	OK
13	90	117,1	65,5	117,4	65,5	116,7	64,9	OK
12	90	105,2	64,4	105,5	64,4	104,9	63,8	OK
11	90	93,5	62,7	93,8	63,3	93,3	62,7	OK
10	90	82,1	61,1	82,3	61,1	81,9	61,1	OK
9	90	71,0	58,3	71,2	58,9	70,8	58,3	OK
8	90	60,4	55,6	60,5	55,0	60,2	55,0	OK
7	90	50,3	50,6	50,5	51,2	50,2	50,6	OK
6	90	41,1	47,9	41,2	47,9	41,0	47,9	OK
5	90	32,4	43,5	32,5	44,0	32,3	43,5	OK
4	90	24,5	39,1	24,5	39,1	24,4	39,1	OK
3	90	17,4	77,0	17,4	77,0	17,3	76,5	OK
2	90	3,4	8,8	3,4	8,8	3,4	8,8	OK
1	90	1,8	6,6	1,8	6,6	1,8	6,6	OK
0	90	0,6	3,3	0,6	3,3	0,6	3,3	OK



Gambar 4.28. Drift arah X

Tabel 4.9. Kontrol Simpangan antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Konsentris			Eksentris +5%		Eksentris -5%		$\delta y < \Delta a$
	Δa (mm)	Δy (mm)	δy (mm)	Δy (mm)	δy (mm)	Δy (mm)	δy (mm)	
23	90	233,6	56,6	234,5	57,2	232,8	56,7	OK
22	90	223,3	59,4	224,1	59,4	222,5	58,8	OK
21	90	212,5	61,1	213,3	61,6	211,8	61,1	OK
20	90	201,4	63,3	202,1	63,8	200,7	62,7	OK
19	90	189,9	64,9	190,5	64,9	189,3	64,9	OK
18	90	178,1	66,0	178,7	66,6	177,5	66,0	OK
17	90	166,1	67,6	166,6	67,6	165,5	66,6	OK
16	90	153,8	67,1	154,3	67,7	153,4	67,7	OK
15	90	141,6	66,6	142,0	66,6	141,1	66,0	OK
14	90	129,5	66,0	129,9	66,6	129,1	66,0	OK
13	90	117,5	66,0	117,8	66,0	117,1	65,5	OK
12	90	105,5	64,4	105,8	64,9	105,2	64,4	OK
11	90	93,8	63,3	94,0	63,3	93,5	62,7	OK
10	90	82,3	61,1	82,5	61,6	82,1	61,1	OK
9	90	71,2	58,9	71,3	58,9	71,0	58,9	OK
8	90	60,5	55,6	60,6	55,6	60,3	55,0	OK
7	90	50,4	51,2	50,5	51,2	50,3	51,2	OK
6	90	41,1	47,9	41,2	47,9	41,0	47,3	OK
5	90	32,4	43,5	32,5	44,0	32,4	44,0	OK
4	90	24,5	39,6	24,5	39,1	24,4	39,1	OK
3	90	17,3	76,5	17,4	77,0	17,3	76,5	OK
2	90	3,4	8,8	3,4	8,8	3,4	8,8	OK
1	90	1,8	6,6	1,8	6,6	1,8	6,6	OK
0	90	0,6	3,3	0,6	3,3	0,6	3,3	OK



Gambar 4.29. Drift arah Y

Dari hasil analisa Tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1

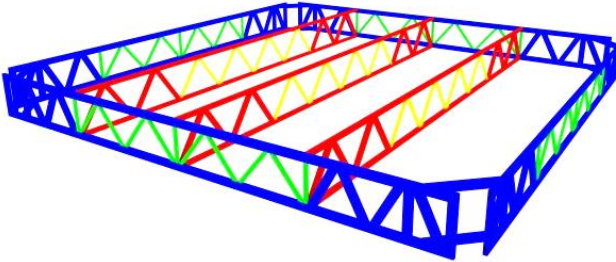
4.3. Perencanaan Struktur Utama

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur primer mencakup kebutuhan profil yang diperlukan pada komponen tersebut. Komponen utama terdiri dari:

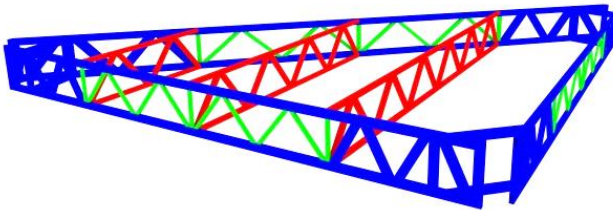
- Lantai integral
 - Lantai Integral A (bentuk segi empat)
 - Lantai Integral B (bentuk segitiga)
- Kolom
 - Kolom A (lantai dasar s/d 7 terhitung dari bawah)
Profil HSS 700 x 700 x 25 x 25
 - Kolom B (lantai ke 8 s/d 15 terhitung dari bawah)
Profil HSS 600 x 600 x 19 x 19
 - Kolom C (lantai ke 16 s/d 23 terhitung dari bawah)
Profil HSS 500 x 500 x 16 x 16
 - Kolom D (lantai ke 3)
Profil HSS 700 x 700 x 40 x 40
- Pengaku
Profil WF 100 x 100 x 6 x 8
- Steel Plate Shearwall
 - Lantai 0 s/d 7
SPSW = Plat 4,5 mm
Balok HBE = WF 900 x 300 x 18 x 34
Kolom VBE = HSS 900 x 900 x 40 x 40
 - Lantai 8 s/d 15
SPSW = Plat 4 mm
Balok HBE = WF 800 x 300 x 16 x 30
Kolom VBE = HSS 800 x 800 x 40 x 40
 - Lantai 16 s/d 23
SPSW = Plat 3,2 mm
Balok HBE = WF 700 x 300 x 16 x 30
Kolom VBE = HSS 700 x 700 x 40 x 40

4.3.1. Perencanaan Balok Lantai Integral

4.3.1.1. Analisa Balok Lantai Integral



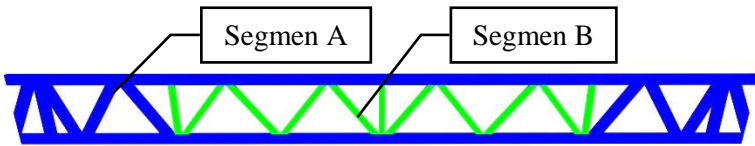
Gambar 4.30. Balok lantai integral A



Gambar 4.31. Balok lantai integral B

Ada beberapa balok yang terdapat pada lantai integral, diantaranya : balok tengah, balok tepi tengah, balok tepi tepi, dan balok miring. Balok tengah merupakan balok yang terletak di tengah lantai integral. Balok tepi tengah merupakan balok yang terletak di tepi lantai integral dimana lantai integral berada di tengah bangunan. Balok tepi tepi merupakan balok yang terletak di tepi lantai integral dimana lantai integral berada di tepi bangunan. Sedangkan balok miring adalah balok yang posisinya miring yang terletak pada lantai integral B.

Pada perencanaan ini balok lantai integral merupakan rangka batang dengan dibagi menjadi 2 segmen untuk pengelompokan profil batang, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah.



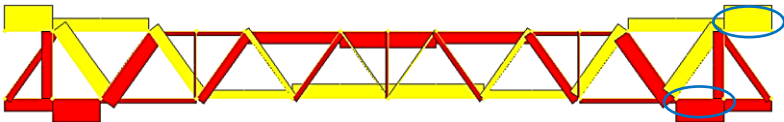
Gambar 4.32. Segmen profil balok lantai integral

Sebagai contoh, diambil analisa pada balok tepi tengah dengan gaya dalam terbesar yaitu terdapat pada segmen A. Data perencanaan balok tepi tengah tersebut adalah sebagai berikut :

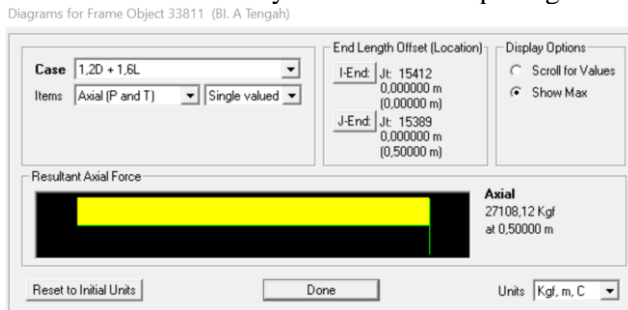
Balok tepi tengah direncanakan menggunakan profil double box 100 x 50 x 5 x 5

$d = 100 \text{ mm}$	$A = 13,7 \text{ cm}^2$	$Z_y = 25,8 \text{ cm}^3$
$b_f = 50 \text{ mm}$	$I_x = 167 \text{ cm}^4$	$i_x = 3,48 \text{ cm}$
$t = 5 \text{ mm}$	$I_y = 54,3 \text{ cm}^4$	$i_y = 1,99 \text{ cm}$
$q = 10,9 \text{ kg/m}$	$Z_x = 42,6 \text{ cm}^3$	

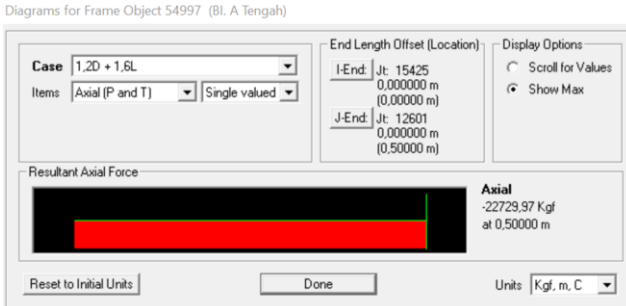
Dari analisa SAP 2000, didapatkan gaya dalam maksimum yang terjadi pada balok tepi tengah adalah sebagai berikut



Gambar 4.33. Gaya dalam balok tepi tengah



Gambar 4.34. Gaya tarik maksimum pada balok tepi tengah



Gambar 4.35. Gaya tekan maksimum pada balok tepi tengah

$$P_u \text{ tarik} = 27108,12 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tekan} = 22729,97 \text{ kg}$$

- Analisa struktur tarik

- Leleh tarik pada penampang bruto

$$P_n = F_y \cdot A_g$$

$$= 2500 \times 13,7 \times 2 = 68500 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 68500 = 61650 \text{ kg (dipakai)}$$

- Keruntuhan tarik pada penampang neto

$$A_n = A_g = 13,7 \text{ cm}^2$$

$$U = 1$$

$$A_e = A_n \cdot U$$

$$= 13,7 \times 1 = 13,7 \text{ cm}^2$$

$$P_n = F_u \cdot A_e$$

$$= 4100 \times 13,7 \times 2 = 112340 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 112340 = 84255 \text{ kg}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$61650 \text{ kg} \geq 27108,12 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 43,97\%$$

- Analisa struktur tekan

- Kekuatan tekan nominal

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,218$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 500}{19,9} = 25,125 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 2000000}{\left(\frac{1 \times 500}{19,9}\right)^2} = 3129,28 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$= \left[0,658 \frac{250}{3129,28} \right] \times 250 = 241,78 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g$$

$$= 241,78 \times 13,7 \times 2 = 66247,36 \text{ kg}$$

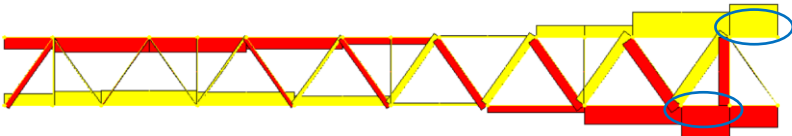
$$\phi P_n = 0,9 \times 66247,36 = 59622,62 \text{ kg}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi P_n \geq P_u$$

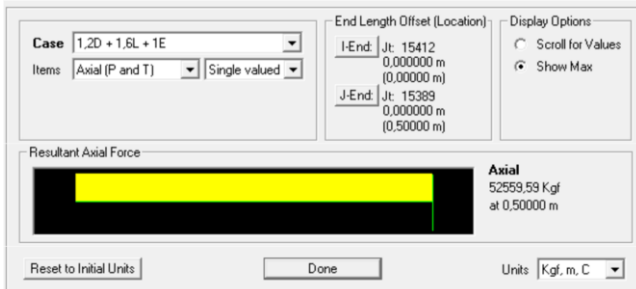
$$59622,62 \text{ kg} \geq 22729,97 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 38,12\%$$

Balok lantai integral ini didesain untuk menerima beban gravitasi saja. Namun, balok ini juga harus mampu menerima simpangan mengikuti simpangan shearwall yang diakibatkan oleh beban gempa. Oleh karena itu balok perlu dicek saat menerima simpangan. Berikut adalah hasil cek kekuatan balok.



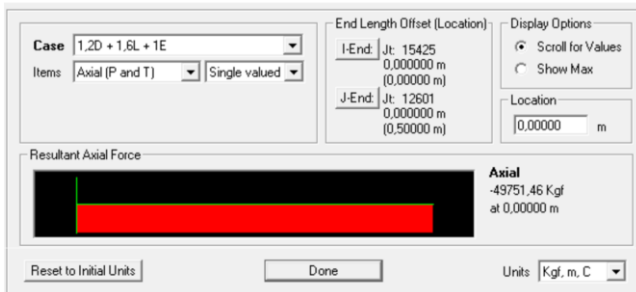
Gambar 4.36. Gaya dalam balok tepi tengah akibat beban gravitasi dan simpangan

Diagrams for Frame Object 33811 (Bl. A Tengah)



Gambar 4.37. Gaya tarik maksimum balok tepi tengah akibat beban gravitasi dan simpangan

Diagrams for Frame Object 54997 (Bl. A Tengah)



Gambar 4.38. Gaya tekan maksimum balok tepi tengah akibat beban gravitasi dan simpangan

Dari hasil analisa SAP2000 didapat :

$$P_{ut} = 52559,59 \text{ kg} \leq \phi P_n = 61650 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 85,25\%$$

$$P_{uc} = 49751,46 \text{ kg} \leq \phi P_n = 59622,62 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 83,44\%$$

Sehingga balok lantai integral tepi tengah segmen A mampu menahan beban gravitasi dan simpangan dari shearwall.

4.3.1.2. Rekapitulasi Analisa Balok Lantai Integral

Rekapitulasi analisa struktur seluruh tipe balok lantai integral ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.10. Data Perencanaan Seluruh Tipe Balok Lantai Integral

		Balok Tepi Tengah		Balok Tepi Tepi		Balok Miring		Balok Tengah	
Parameter	Satuan	Segmen A	Segmen B	Segmen A	Segmen B	Segmen A	Segmen B	Segmen A	Segmen B
Batang tarik									
Pu	kg	27108,12	5505,73	12872,70	2678,93	15258,22	2505,44	12046,89	2015,90
Batang tekan									
Pu	kg	22729,97	5986	11116,63	3169,4	10190,6	3678,14	8202,20	4031,88
L	mm	500	860	500	860	1414	500	1000	1118
Profil Box									
E	MPa	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
Fy	MPa	250	250	250	250	250	250	250	250
Fu	MPa	410	410	410	410	410	410	410	410
bf	mm	100	50	100	50	100	50	60	40
d	mm	50	30	100	50	100	50	60	40
t	mm	5	2,5	4	2,5	4	2,5	3	2,5
Ag	mm ²	1370	368	1520	468	1520	468	674	368
i min	mm	19,9	11,9	39,1	19,3	39,1	19,3	23,2	15,2

Tabel 4.11. Rekapitulasi Analisa Struktur Tarik Seluruh Tipe Balok Lantai Integral

Parameter	Satuan	Balok Tepi Tengah		Balok Tepi Tepi		Balok Miring		Balok Tengah	
		Segmen A	Segmen B	Segmen A	Segmen B	Parameter	Satuan	Segmen A	Segmen B
<u>Leleh tarik pada penampang bruto</u>									
Pn	kg	68500	18400	38000	11700	38000	11700	16850	9200
ØPn	kg	61650	16560	34200	10530	34200	10530	15165	8280
<u>Keruntuhan tarik penampang neto</u>									
An	mm ²	1370	368	1520	468	1520	468	674	368
U		1	1	1	1	1	1	1	1
Ae	mm ²	1370	368	1520	468	1520	468	674	368
Pn	kg	112340	30176	62320	19188	62320	19188	27634	15088
ØPn	kg	84255	22632	46740	14391	46740	14391	20725,5	11316
ØPn pakai	kg	61650	16560	34200	10530	34200	10530	15165	8280
Keterangan		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Pu/ØPn	%	43,971	33,247	37,639	25,441	44,615	23,793	79,439	24,347
<u>Cek terhadap gaya akibat simpangan</u>									
Pu	kg	52559,59	11880,48	29728,45	7037,80	14767,40	2600,56		
Pu/ØPn	%	85,255	71,742	86,925	66,836	43,180	24,697		

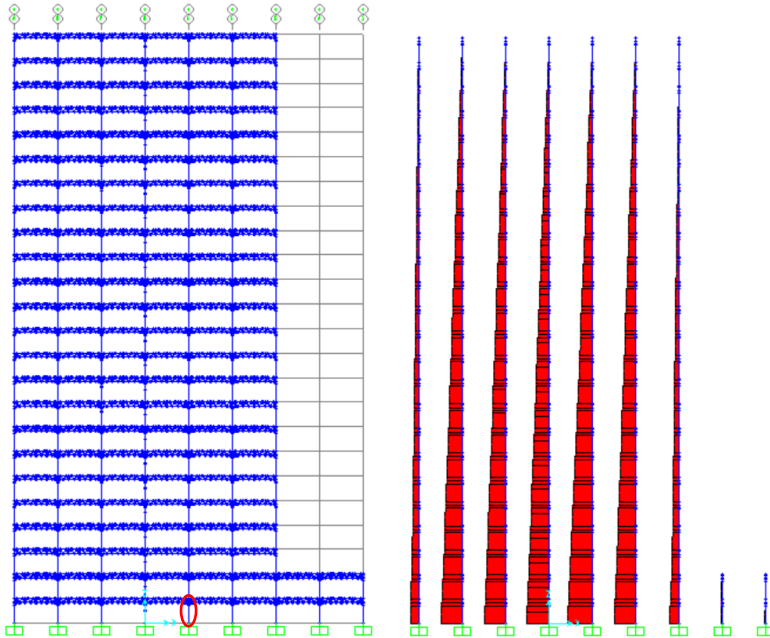
Tabel 4.12. Rekapitulasi Analisa Struktur Tekan Seluruh Tipe Balok Lantai Integral

Parameter	Satuan	Balok Tepi Tengah		Balok Tepi Tepi		Balok Miring		Balok Tengah	
		Segmen A	Segmen B	Segmen A	Segmen B	Parameter	Satuan	Segmen A	Segmen B
KL/r		25,126	72,269	12,788	44,560	36,164	25,907	43,103	73,553
$4,71\sqrt{E/Fy}$		133,219	133,219	133,219	133,219	133,219	133,219	133,219	133,219
Fe	MPa	3129,287	378,248	12080,719	994,940	1510,546	2943,431	1063,299	365,160
Fcr	MPa	241,779	189,582	247,844	225,043	233,268	241,269	226,570	187,712
Pn	kg	66247,358	13953,257	37672,283	10532,009	35456,791	11291,377	15270,795	6907,795
$\emptyset Pn$	kg	59622,623	12557,931	33905,055	9478,808	31911,112	10162,239	13743,716	6217,016
Keterangan		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
$Pu/\emptyset Pn$	%	38,123	47,667	32,788	33,437	31,934	36,194	59,680	64,852
<u>Cek terhadap gaya akibat simpangan</u>									
Pu	kg	49751,46	12289,09	29453,47	7475,09	9750,00	3773,18		
$Pu/\emptyset Pn$	%	83,444	97,859	86,870	78,861	30,554	37,129		

4.3.2. Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskannya beban struktur di atasnya ke elemen struktur di bawahnya. Dalam tugas akhir ini, direncanakan dimensi dan tipe kolom dibagi menjadi 4, yaitu: tipe setiap 8 lantai dan lantai ke 3.

4.3.2.1. Analisa Struktur Kolom



Gambar 4.39. Potongan rangka dan distribusi gaya dalam

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai dasar s/d 7. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 700 x 700 x 25 x 25 dan panjang kolom 450 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	$= 700 \text{ mm}$	I_x	$= 477900 \text{ cm}^4$	A	$= 646 \text{ cm}^2$
b_f	$= 700 \text{ mm}$	Z_x	$= 13650 \text{ cm}^3$	f_c'	$= 25 \text{ MPa}$
t_w	$= 25 \text{ mm}$	i_x	$= 27,2 \text{ cm}$		
t_f	$= 25 \text{ mm}$	f_y	$= 250 \text{ Mpa}$		

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$P_u = 1510283,33 \text{ kg}$$

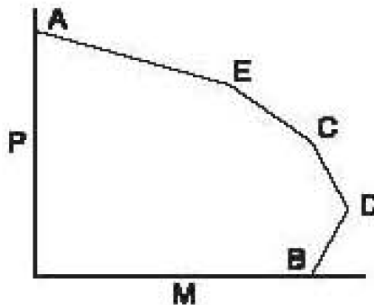
$$M_{ux} = 2867,33 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 8965,01 \text{ kgm}$$

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{646}{4900} \times 100\% = 13,18\% \geq 4\% \text{ (OK)}$$

- Diagram interaksi kolom komposit



Gambar 4.40. Diagram interaksi kolom komposit

- Titik A (aksial tekan murni)

$$\begin{aligned} P_A &= F_y A_s + 0,85 f'_c A_c \\ &= 2500 \times 646 + 0,85 \times 250 \times 4894 \\ &= 2655121,094 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

- Titik D (maksimum kuat nominal momen)

$$\begin{aligned} P_D &= \frac{0,85 f'_c A_c}{2} \\ &= \frac{0,85 \times 250 \times 4894}{2} \\ &= 520060,547 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_c &= \frac{b_i h_i^2}{4} - 0,19 r_i^3 \\ &= \frac{65 \times 65^2}{4} - 0,19 \times 2,5^3 \\ &= 68653,25 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_D &= F_y Z_{sx} + \frac{0,85f'_c Z_c}{2} \\
 &= 2500 \times 13650 + \frac{0,85 \times 250 \times 68653,25}{2} \\
 &= 41419407,8 \text{ kgcm} = 414194,078 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Titik B (lentur murni)

$$\begin{aligned}
 P_B &= 0 \text{ kg} \\
 h_n &= \frac{0,85f'_c A_c}{2(0,85f'_c b_i + 4tF_y)} \\
 &= \frac{0,85 \times 250 \times 4894}{2(0,85 \times 250 \times 65 + 4 \times 2,5 \times 2500)} \\
 &= 13,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{sn} &= 2th_n^2 \\
 &= 2 \times 2,5 \times 13,4^2 \\
 &= 897,7 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{cn} &= b_i h_n^2 \\
 &= 65 \times 13,4^2 \\
 &= 11670,2 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_D - F_y Z_{sn} - \frac{0,85f'_c Z_{cn}}{2} \\
 &= 41419407,8 - 2500 \times 897,7 - \frac{0,85 \times 250 \times 11670,2}{2} \\
 &= 37935182,7 \text{ kgcm} = 379351,827 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Titik C (titik tengah)

$$\begin{aligned}
 P_C &= 0,85f'_c A_c \\
 &= 0,85 \times 250 \times 4894 \\
 &= 1040121,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= M_B \\
 &= 379351,827 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

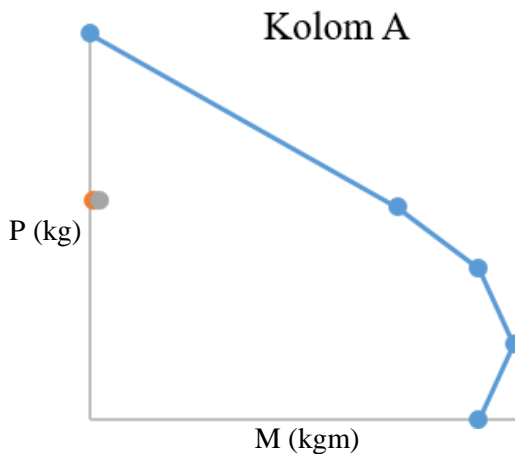
- Titik E (opsional)

$$\begin{aligned}
 h_E &= \frac{h_n}{2} + \frac{H}{4} \\
 &= \frac{13,4}{2} + \frac{70}{4} \\
 &= 24,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_E &= \frac{0,85f'_c A_c}{2} + 0,85f'_c b_i h_E + 4F_y t h_E \\
 &= \frac{0,85 \times 250 \times 4894}{2} + 0,85 \times 250 \times 65 \times 24,2 + 4 \times 2500 \times 2,5 \times 24,2 \\
 &= 1459309,57 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{cE} &= b_i h_E^2 \\
 &= 65 \times 24,2^2 \\
 &= 38065,5 \text{ cm}^3 \\
 Z_{sE} &= 2th_E^2 \\
 &= 2 \times 2,5 \times 24,2^2 \\
 &= 2928,11 \text{ cm}^3 \\
 M_E &= M_D - F_y Z_{sE} - \frac{0,85f'_c Z_{cE}}{2} \\
 &= 41419407,8 - 2500 \times 2928,11 - \frac{0,85 \times 250 \times 38065,5}{2} \\
 &= 30054658 \text{ kgcm} = 300546,58 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat diagram interaksi kolom komposit tipe A sebagai berikut :



Gambar 4.41. Diagram interaksi kolom komposit tipe A

Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa kolom komposit CFT tipe A mampu menahan beban yang terjadi, karena beban berada didalam grafik kapasitas penampang.

- Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

Dari hasil analisa SAP2000 didapat :

$$M_1 = 252,13 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 1080,39 \text{ kgm}$$

$$P_{\text{story}} = 35344213,04 \text{ kg}$$

$$P_{nt} = 1510283,33 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 - 0,4 \frac{252,13}{1080,39} = 0,506 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \\ &= \frac{\pi^2 2000000 \times 477900}{(1 \times 450)^2} = 46584532,77 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Arah sumbu X

Dari hasil analisa SAP2000 didapat :

$$H = 44653,64 \text{ kg}$$

$$\Delta H = 0,6 \text{ mm}$$

$$P_{lt} = 45557,27 \text{ kg}$$

$$M_{lt} = 2867,33 \text{ kgm}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{e \text{ story}} &= R_M \frac{HL}{\Delta H} \\ &= 0,85 \frac{44653,64 \times 450}{0,06} = 284666955 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \\ &= \frac{1}{1 - \frac{35344213,04}{284666955}} = 1,142 > 1 \text{ maka digunakan } B_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 P_{lt} \\ &= 1510283,33 + 1,142 \times 45557,27 = 1562298,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} \\ &= \frac{0,506}{1 - \frac{1562298,84}{46584532,77}} = 0,524 < 1 \text{ maka digunakan } 1 \end{aligned}$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$= 1 \times 1080,39 + 1,142 \times 2867,33 = 4354,19 \text{ kgm}$$

- Arah sumbu Y

Dari hasil analisa SAP2000 didapat :

$$H = 44787,56 \text{ kg}$$

$$\Delta H = 0,6 \text{ mm}$$

$$P_{lt} = 31113,64 \text{ kg}$$

$$M_{lt} = 8965,01 \text{ kgm}$$

Sehingga :

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta H}$$

$$= 0,85 \frac{44787,56 \times 450}{0,06} = 285520695 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e \text{ story}}}}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{35344213,04}{285520695}} = 1,141 > 1 \text{ maka digunakan } B_2$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

$$= 1510283,33 + 1,141 \times 31113,64 = 1545792,61 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}}$$

$$= \frac{0,506}{1 - \frac{1545792,61}{46584532,77}} = 0,524 < 1 \text{ maka digunakan } 1$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$= 1 \times 1080,39 + 1,141 \times 8965,01 = 11311,95 \text{ kgm}$$

- Interaksi

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1562298,84}{1889231,25} = 0,82 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{1562298,84}{1889231,25} + \frac{8}{9} \left(\frac{4354,19}{307125} + \frac{11311,95}{307125} \right) = 0,872 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Sehingga kolom A mampu menahan beban gravitasi dan simpangan dari shearwall.

4.3.2.2. Rekapitulasi Analisa Struktur Kolom

Rekapitulasi analisa struktur seluruh tipe kolom ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.13. Data Perencanaan Seluruh Tipe Kolom

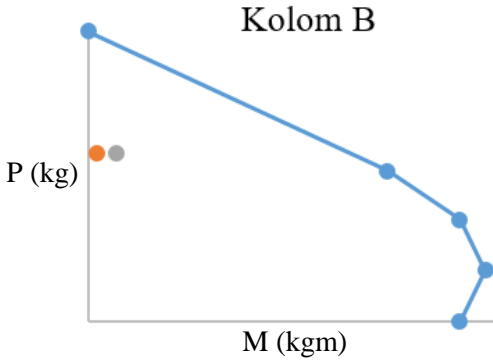
Parameter	Satuan	Kolom A	Kolom B	Kolom C	Kolom lt 3
Pu	kg	1510283,33	952419,06	442214,9	1297523,63
Mux	kgm	2867,33	5599,16	4002,14	49221,59
Muy	kgm	8965,01	16637,28	14308,25	174423,46
d	mm	700	600	500	700
bf	mm	700	600	500	700
tw	mm	25	19	16	40
tf	mm	25	19	16	40
A	cm ²	646	426,1	307	1039
Zx	cm ³	13650	7840	4771	21340
Ix	cm ⁴	477900	235100	119300	746900

Tabel 4.14. Analisa Struktur Aksial dan Lentur Seluruh Tipe Kolom

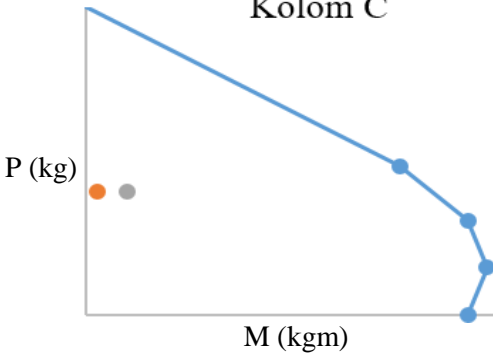
Parameter	Satuan	Kolom A	Kolom B	Kolom C	Kolom lt 3
Pa	kg	2655121,09	1646154,44	1107204,06	4258876,00
Pe	kg	1459309,57	856822,83	534338,05	2314932,00
Pc	kg	1040121,09	580904,44	339704,06	1661376,00
Pd	kg	520060,55	290452,22	169852,03	830688,00
Pb	kg	0	0	0	0
Ma	kgm	0	0	0	0
Me	kgm	300546,58	174706,92	106999,31	454432,86
Mc	kgm	379351,83	216808,83	130250,21	578281,73
Md	kgm	414194,08	231832,62	136700,01	634768,51
Mb	kgm	379351,83	216808,83	130250,21	578281,73
Keterangan		OK	OK	OK	OK

Tabel 4.15. Kekuatan Aksial Lentur Orde Kedua

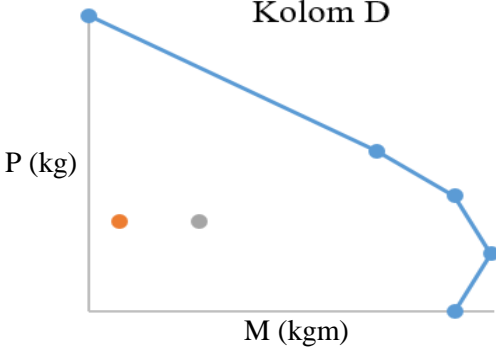
Parameter	Satuan	Kolom A	Kolom B	Kolom C	Kolom lt 3
M1	kgm	252,13	845,88	692	304,74
M2	kgm	1080,39	3902,51	6237,25	2079,25
Cm		0,507	0,513	0,556	0,541
Pstory	kg	35344213	18604388	8850394	25016154
Rm		0,85	0,85	0,85	0,85
Pnt	kg	1510283,33	952419,06	442214,9	1297523,63
Pe1	kg	46584532	22916977	11629074	72806000
<u>Arah X</u>					
H	kg	44653,64	17944,69	13420	26016,03
ΔH	mm	0,6	60,5	153,7	17,4
Pe story	kg	284666955	1134519,66	333972,02	5719041,08
B2		1,142	0,065	0,039	0,296
Plt	kg	45557,27	34670,15	17516,55	42480,82
Pr	kg	1562298,84	987089,21	459731,45	1340004,45
B1		0,524	0,536	0,578	0,552
Mlt	kgm	2867,33	5599,16	4002,14	49221,59
Mr	kgm	4354,20	9501,67	10239,39	51300,84
<u>Arah Y</u>					
H	kg	44787,56	18042,05	13596,1	26094,21
ΔH	mm	0,6	60,6	154,3	17,4
Pe story	kg	285520695	1138792,76	337038,77	5736227,20
B2		1,141	0,065	0,040	0,298
Plt	kg	31113,64	24211,07	12029,9	29544,97
Pr	kg	1545792,6	976630,1	454244,8	1327068,6
B1		0,524	0,536	0,578	0,551
Mlt	kgm	8965,01	16637,28	14308,25	174423,46
Mr	kgm	11311,95	20539,79	20545,50	176502,71
<u>Interaksi</u>		0,872	0,986	0,830	0,879



Gambar 4.42. Diagram interaksi kolom komposit tipe B



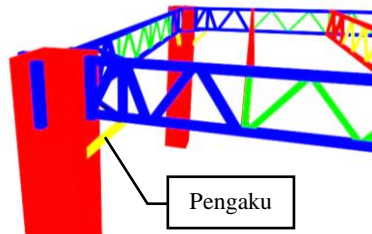
Gambar 4.43. Diagram interaksi kolom komposit tipe C



Gambar 4.44. Diagram interaksi kolom komposit tipe D

4.3.3. Perencanaan Pengaku

Untuk menambah kekakuan antara sambungan balok dan kolom maka digunakan pengaku. Pengaku ini juga membantu pada saat proses konstruksi yaitu saat pemasangan lantai integral. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

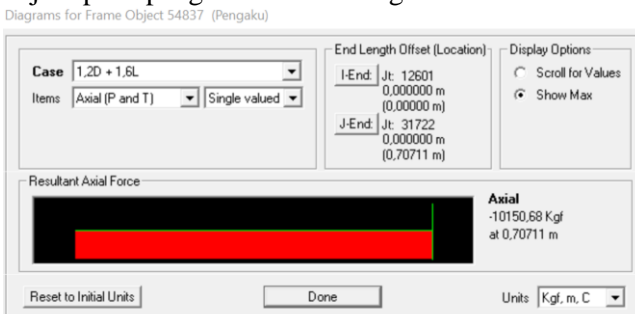


Gambar 4.45. Pengaku

Pada perencanaan ini pengaku menggunakan profil WF 100 x 100 x 6 x 8, dengan data sebagai berikut:

$d = 100 \text{ mm}$	$i_x = 4,18 \text{ cm}$	$S_x = 76,5 \text{ cm}^3$
$b_f = 100 \text{ mm}$	$i_y = 2,47 \text{ cm}$	$S_y = 26,7 \text{ cm}^3$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$Z_x = 84 \text{ cm}^3$	$r = 10 \text{ mm}$
$t_w = 6 \text{ mm}$	$Z_y = 941 \text{ cm}^3$	$h = d - 2(tf+r)$
$A = 21,9 \text{ cm}^2$	$I_x = 383 \text{ cm}^4$	$= 64 \text{ mm}$
$q = 17,2 \text{ kg/m}$	$I_y = 134 \text{ cm}^4$	

Dari analisa SAP 2000, didapatkan gaya dalam maksimum yang terjadi pada pengaku adalah sebagai berikut:



Gambar 4.46. Gaya aksial pengaku akibat beban gravitasi

- Analisa struktur tekan

- Kekuatan tekan nominal

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,218$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 707}{24,7} = 28,623 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 200000}{\left(\frac{1 \times 707}{24,7}\right)^2} = 2411,21 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$= \left[0,658 \frac{250}{2411,21} \right] \times 250 = 239,38 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g$$

$$= 2393,8 \times 21,9 = 52424,86 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 52424,86 = 47182,38 \text{ kg}$$

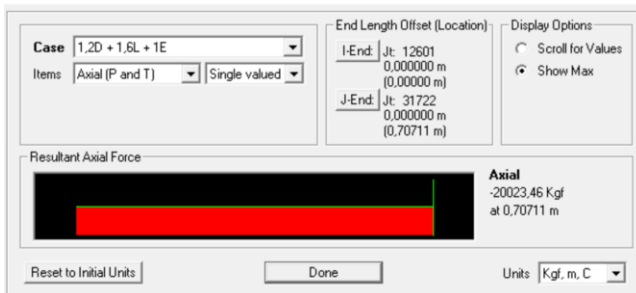
- Cek kemampuan penampang

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$47182,38 \text{ kg} \geq 10150,68 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 21,51\%$$

- Cek terhadap gaya akibat simpangan

Diagrams for Frame Object 54837 (Pengaku)



Gambar 4.47. Gaya aksial pengaku akibat beban gravitasi dan simpangan

$$P_u = 20023,46 \text{ kg}$$

$$47182,38 \text{ kg} \geq 20023,46 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 42,44\%$$

4.3.4. Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

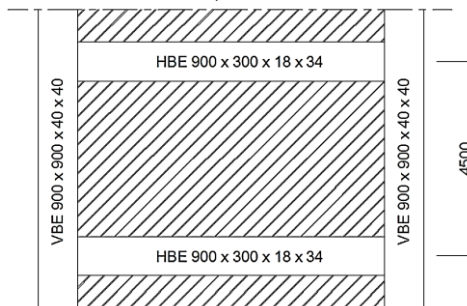
4.3.4.1. Desain Dinding Geser Pelat Baja

Dalam perhitungan dinding geser pelat baja perlu dihitung juga pengaruhnya terhadap balok (HBE) dan kolom (VBE). Pada perencanaan ini dinding geser dibagi menjadi 3 tipe setiap 8 lantai.

Sebagai contoh, diambil analisa pada dinding geser dengan gaya dalam terbesar yaitu terdapat pada dinding geser paling bawah dengan data perencanaan adalah sebagai berikut :

$$V_u = 238049,64 \text{ kg}$$

$$\text{Dimensi SPSW} = 8 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$$



Gambar 4.48. Struktur dinding geser pelat baja

- Tebal dinding geser

Asumsi sudut tarik SPSW $42,52^\circ$ dari VBE

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$251770,47 = 0,9 \times 0,42 \times 2500 \times t_w \times 800 \times \sin(2 \times 42,52)$$

$$t_w = 3,1 \text{ mm digunakan } 4,5 \text{ mm}$$

- Sudut tarik aktual sesuai ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left[\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360I_c L} \right]}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,45 \times 800}{2 \times 1440}}{1 + 0,45 \times 450 \left[\frac{1}{364} + \frac{h^3}{360 \times 1817280 \times 800} \right]}}$$

$$\alpha = 42,52^\circ$$

- Kekuatan geser aktual SPSW

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$= 0,9 \times 0,42 \times 2500 \times 0,45 \times 800 \times \sin(2 \times 42,52)$$

$$= 338924,33 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 70,24\%$$

- Rekapitulasi analisa struktur SPSW

Rekapitulasi analisa struktur seluruh tipe SPSW ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.16. Analisa Struktur Seluruh Tipe SPSW

Parameter	Satuan	SPSW A	SPSW B	SPSW C
Vu	kg	238049,64	112921,35	74487,85
Fy	MPa	250	250	250
Fu	MPa	410	410	410
h	mm	4500	4500	4500
L	mm	8000	8000	8000
Tebal dinding geser				
sudut tarik	°	42,52	42,34	42,79
tw	mm	3,10	1,47	0,97
tw pakai	mm	4,5	4	3,2
Sudut tarik		OK	OK	OK
α	°	42,52	42,35	42,79
Kuat geser		OK	OK	OK
$\emptyset V_n$	kg	338924,33	301104,58	241202,14
Keterangan	%	70,237	37,502	30,882

4.3.4.2. Kontrol Desain Balok (HBE)

Balok untuk dinding geser direncanakan menggunakan profil WF 900 x 300 x 18 x 34 dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 286 \text{ kg/m} \quad r = 28 \text{ mm} \quad h_w = 912 - 2(28 + 34)$$

$$A = 364 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 12221 \text{ cm}^3 \quad = 788 \text{ mm}$$

$$t_w = 18 \text{ mm} \quad i_y = 6,56 \text{ cm} \quad b_f = 302 \text{ mm}$$

$$t_f = 34 \text{ mm} \quad I_x = 498000 \text{ cm}^4 \quad A_w = (912 - 2(34)) \times 18$$

$$d = 912 \text{ mm} \quad I_y = 15700 \text{ cm}^4 \quad = 15192 \text{ mm}^2$$

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari SPSW

- Momen pada balok akibat SPSW

$$M_u = \frac{q_u L_h^2}{8}$$

Menentukan nilai q_u

$$\begin{aligned} q_u &= R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2) \\ &= 1,5 \times 2500 (0,45 \times \cos^2 42,52 - 0,45 \times \cos^2 42,52) \\ &= 0 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$\begin{aligned} L_h &= L - 2 \left[\frac{1}{2} x (d_c + d_b) \right] \\ &= 800 - 2 \left[\frac{1}{2} x (90 + 91,2) \right] \\ &= 618,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi momen pada balok akibat SPSW

$$M_u = \frac{0 \times 618,8^2}{8} = 0$$

Momen akibat SPSW tersebut perlu ditambahkan dengan momen akibat beban gravitasi

$$M_u = 0 + 7421,19 = 7421,19 \text{ kgm}$$

- Gaya aksial pada balok (HBE)

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(WEB)}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(VBE)} &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\ &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times \sin^2(42,52) \times (0,45 + 0,45) \times 450 \\ &= 346837,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(WEB)} &= \frac{1}{2} R_y f_y (t_{w(i-1)} - t_{w(i)}) L_{cf} \\ &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 (0,45 - 0,45) \times 800 = 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE} &= 346837,48 + \frac{1}{2} (0) \\ &= 346837,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya geser pada balok (HBE) akibat SPSW

Gaya geser dihitung sebagai berikut :

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok M_{pr} dihitung berdasarkan V_u balok yang telah diperlemah. Perlemahan diasumsikan $2/3$ dari modulus penampang plastis balok.

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 R_y f_y Z_{RBS} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times (2/3 \times 12221) \\ &= 33607750 \text{ kgcm} = 336077,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya aksial HBE pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \times 364 \\ &= 910000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^*_{pr} &= \frac{9}{8} M_{pr} \left[1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right] \\ &= \frac{9}{8} \times 336077,5 \times \left[1 - \frac{346837,48}{910000} \right] \\ &= 233983 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Nilai V_{ug} didapatkan dari besar gaya geser yang dihasilkan dari program SAP2000 akibat beban gravitasi.

$$\begin{aligned} V_{ug} &= 5473,03 \text{ kg} \\ V_u &= \frac{2 \times 233983}{8} + 5473,03 \\ &= 63968,78 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat lentur
 - Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{302}{2 \times 34} = 4,44$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{912}{18} = 50,67$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ penampang badan kompak

- Pelelehan

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x f_y \\ &= 12221 \times 2500 \\ &= 30552500 \text{ kgcm} = 305525 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Tekuk torsi lateral

$$L_p = 326,559 \text{ cm}; L_r = 1031,43 \text{ cm}$$

$$L_b = 800 \text{ cm} \Rightarrow L_p < L_b < L_r$$

$$q_u = \frac{M_u \times 8}{L_h^2} = \frac{7421,19 \times 8}{6,188^2} = 1550,47 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_a &= M_c = R_a \times (l/4) - q_u \times (l/4) \times (l/8) \\ &= \frac{1550,47 \times 6,188}{2 \times 4} - \frac{1550,47}{4 \times 8} \\ &= 5565,89 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= 1/8 \times qU \times l^2 \\ &= 1/8 \times 1550,47 \times 6,188^2 \\ &= 7421,19 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \\ &= \frac{12,5 \times 7421,19}{2,5 \times 7421,19 + 3 \times 5565,89 + 4 \times 7421,19 + 3 \times 5565,8} = 1,136 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \\ &= 1,307 \left[305525 - (305525 \times 0,7 \times 2500 \times 10900) \left(\frac{800 - 326,56}{1031,43 - 326,56} \right) \right] \\ &= 269983,12 \text{ kgm (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= 0,9 \times 269983,12 \\ &= 242984,81 \text{ kgm} \geq 7421,19 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

• Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{912}{18} = 50,67$$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} = 2,24 \sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \times 250 \times 15192 \times 1 = 246240 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \times 246240 \\ &= 221616 \text{ kg} > 63968,78 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat tekan

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,218$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 800}{6,56} = 121,95 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 200000}{\left(\frac{1 \times 800}{6,56}\right)^2} = 132,75 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y$$

$$= \left[0,658^{\frac{250}{132,75}} \right] \times 250 = 113,65 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g$$

$$= 1136,5 \times 364 = 413672,36 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 413672,36 = 372305,13 \text{ kg}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$372305,13 \text{ kg} \geq 346837,48 \text{ kg (OK)}$$

- Interaksi aksial lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{346837,48}{372305,13} = 0,93 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{346837,48}{372305,13} + \frac{8}{9} \left(\frac{7421,19}{242984,81} \right) = 0,958 \leq 1 \text{ (OK)}$$

- Rekapitulasi analisa struktur balok HBE

Rekapitulasi analisa struktur seluruh tipe balok HBE ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.17. Perhitungan Gaya Dalam Seluruh Tipe HBE

Parameter	Satuan	HBE A	HBE B	HBE C
<u>Profil</u>				
E	Mpa	200000	200000	200000
Fy	Mpa	250	250	250
d	mm	912	808	708
bf	mm	302	302	302
tw	mm	18	16	16
tf	mm	34	30	30
A	cm ²	364	307,6	273,6
Zx	cm ³	12221	9287	7344
Ix	cm ⁴	498000	339000	237000
L	mm	8000	8000	8000
Sx	cm ³	10900	8400	6700
i min	cm	6,56	6,7	6,86
<u>Momen pada balok akibat SPSW</u>				
Lh	mm	6188	6392	6592
qu	kg/m	0	0	0
Mu	kgm	0	0	0
Mu gravity	kgm	7421,19	7365,32	7127,94
<u>Gaya aksial pada balok</u>				
P.hbe(vbe)	kg	346837,49	306294,06	249215,46
P.hbe(web)	kg	0	0	0
P.hbe	kg	346837,49	306294,06	249215,46
<u>Gaya geser pada balok HBE</u>				
Mpr	kgm	336077,5	255392,5	201960
Py	kg	910000	769000	684000
M*pr	kgm	233983,00	172877,87	144422,84
Vug	kg	5473,03	5590,4	5453,77
Vu	kg	63968,78	48809,87	41559,48

Tabel 4.18. Analisa Lentur dan Geser Seluruh Tipe HBE

Parameter	Satuan	HBE A	HBE B	HBE C
<u>Kontrol kuat lentur</u>				
Pelat sayap				
λ		4,441	5,033	5,033
λ_p		10,748	10,748	10,748
Sifat penampang		KOMPAK	KOMPAK	KOMPAK
Pelat badan				
λ		50,667	50,500	44,250
λ_p		106,349	106,349	106,349
Sifat penampang		KOMPAK	KOMPAK	KOMPAK
<u>Pelelehan</u>				
$M_n = M_p$	kgm	305525	232175	183600
<u>Tekuk torsi lateral</u>				
L_b	cm	800	800	800
L_p	cm	326,559	333,528	341,493
L_r	cm	1031,426	1036,251	1078,029
q_u	kg/m	1550,47	1442,14	1312,26
$M_a = M_c$	kgm	5565,89	5523,99	5345,96
M_{max}	kgm	7421,19	7365,32	7127,94
C_b		1,136	1,136	1,136
M_n	kgm	269983,13	207505,98	167624,45
M_n pakai	kgm	269983,13	207505,98	167624,45
$\emptyset M_n$	kgm	242984,81	186755,38	150862,00
Keterangan		OK	OK	OK
<u>Kontrol kuat geser</u>				
h/t_w		50,67	50,50	44,25
$2,24\sqrt{E/F_y}$		63,357	63,357	63,357
$\emptyset V_n$	kg	221616	174528	152928
Keterangan		OK	OK	OK

Tabel 4.19. Analisa Kuat Tekan dan Interaksi Aksial Lentur Seluruh Tipe HBE

Parameter	Satuan	HBE A	HBE B	HBE C
<u>Kontrol kuat tekan</u>				
K		1	1	1
KL/r		121,95	119,40	116,62
$4,71\sqrt{E/F_y}$		133,22	133,22	133,22
Fe	Mpa	132,73	138,45	145,14
Fcr	Mpa	113,65	117,41	121,58
Pn	kg	413672,37	361160,78	332630,92
ØPn	kg	372305,13	325044,70	299367,83
Keterangan		OK	OK	OK
<u>Interaksi aksial lentur</u>				
Pr/Pc		0,932	0,942	0,832
Interaksi		0,959	0,977	0,874

4.3.4.3. Kontrol Desain Kolom (VBE)

Kolom pada dinding geser direncanakan menggunakan kolom komposit CFT dengan menggunakan profil HSS 900 x 900 x 40 x 40 dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 d = 900 \text{ mm} & t_f = 40 \text{ mm} & Z_x = 48600 \text{ cm}^3 \\
 b_f = 900 \text{ mm} & A = 1440 \text{ cm}^2 & f_y = 250 \text{ MPa} \\
 t_w = 40 \text{ mm} & I_x = 1817280 \text{ cm}^4 & f_c = 25 \text{ MPa}
 \end{array}$$

- Gaya aksial pada kolom (VBE)

$$P_u = 1304139,57 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times \sin(2 \times 42,52) \times 0,45 \times 450 \times 2 + \\
 &\quad 63968,78 \times 2 \\
 &= 884465,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ total} &= 1304139,57 + 884465,09 \\
 &= 2188604,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen pada kolom (VBE) akibat SPSW
 - Momen lentur akibat tarikan dari dinding geser (SPSW) pada sambungan

$$\begin{aligned} M_{VBE(WEB)} &= R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left(\frac{h_c^2}{12} \right) \\ &= 1,5 \times 2500 \times \sin^2(42,52) \times 0,45 \times \frac{450^2}{12} \\ &= 130064,06 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen lentur pada kondisi kolom (VBE) mengalami tekan

$$\begin{aligned} M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\ M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1,1 R_y} + V_{ush} \\ &= \frac{233983}{1,1 \times 1,5} + 63968,78x \left[\frac{0,912}{2} + \frac{0,9}{2} \right] \\ &= 199763,59 \text{ kgm} \\ M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} x (199763,59 + 199763,59) \\ &= 199763,59 \text{ kgm} \\ M_u &= M_{VBE(WEB)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 130064,06 + 199763,59 \\ &= 329827,65 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser pada kolom (VBE) akibat SPSW

$$\begin{aligned} V_{VBE(WEB)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\ &= \frac{1}{2} x 1,5 x 2500 x \sin^2(42,52) x 0,45 x 450 \\ &= 173418,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\ &= \frac{0,5x(329827,65+199763,59)}{450} \\ &= 58843,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(WEB)} \\ &= 58843,47 + 173418,74 \\ &= 232262,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat tekan

$$\lambda = \frac{d}{t_w} = \frac{900}{40} = 22,5$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 39,60$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$\begin{aligned} P_p &= f_y A_s + C_2 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \\ &= 2500 \times 1440 + 0,85 \times 250 (6660 + 0) \\ &= 5015250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset P_{no} &= 0,75 \times 5015250 \\ &= 3761437,5 \text{ kg} \geq 2188604,66 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{900}{40} = 22,5$$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} = 2,24 \sqrt{200000/250} = 63,356$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 2(90 \times 4) \times 1 = 1080000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \times 1080000 \\ &= 972000 \text{ kg} \geq 232262,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{900}{40} = 22,5$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 28 \leq 63,92 \Rightarrow$ penampang kompak

- Kontrol kuat lentur

$$M_n = M_p$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 48600 \times 2500 \\ &= 121500000 \text{ kgcm} = 1215000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= 0,9 \times 1215000 \\ &= 1093500 \text{ kgm} \geq 329827,65 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Interaksi aksial lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{2188604,66}{3761437,5} = 0,58 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{2188604,66}{3761437,5} + \frac{8}{9} \left(\frac{329827,65}{1093500} \right) = 0,85 \leq 1 \text{ (OK)}$$

- Rekapitulasi analisa struktur kolom VBE

Rekapitulasi analisa struktur seluruh tipe kolom VBE ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.20. Data Perencanaan dan Gaya Dalam Seluruh VBE

Parameter	Satuan	VBE A	VBE B	VBE C
d	mm	900	800	700
bf	mm	900	800	700
tw	mm	40	40	40
tf	mm	40	40	40
A	cm ²	1440	1280	1039
Ix	cm ⁴	1817280	1265493,3	746900
Zx	cm ³	48600	38400	21340
<u>Gaya aksial pada kolom</u>				
Pu	kg	1304139,57	834358,66	410570,62
Em	kg	884465,09	769728,18	621516,59
Pu total	kg	2188604,66	1604086,84	1032087,21
<u>Momen pada kolom</u>				
Mvbe(t)	kgm	130064,06	114860,27	93455,80
Mpb	kgm	199763,59	144017,60	116786,87
Mvbe (c)	kgm	199763,59	144017,60	116786,87
Mu	kgm	329827,65	258877,87	210242,66
<u>Gaya geser pada balok HBE</u>				
Vvbe(web)	kg	173418,74	153147,03	124607,73
Vvbe(hbe)	kg	58843,47	44766,16	36336,61
Vu tot	kg	232262,21	197913,19	160944,34

Tabel 4.21. Analisa Kekuatan Penampang Seluruh Tipe VBE

Parameter	Satuan	VBE A	VBE B	VBE C
<u>Kontrol kuat tekan</u>				
λ		22,5	20	17,5
λ_p		39,598	39,598	39,598
Sifat penampang		KOMPAK	KOMPAK	KOMPAK
$P_{no} = P_p$	kg	5015250	4288000	3417962,5
$\emptyset P_{no}$	kg	3761437,5	3216000	2563471,9
Keterangan		OK	OK	OK
<u>Kontrol kuat geser</u>				
h/t_w		22,5	20	17,5
$2,24\sqrt{E}/F_y$		63,357	63,357	63,357
C_v		1	1	1
$\emptyset V_n$	kg	972000	864000	756000
Keterangan		OK	OK	OK
<u>Kontrol kuat lentur</u>				
λ		22,5	20	17,5
λ_p		63,922	63,922	63,922
Sifat penampang		KOMPAK	KOMPAK	KOMPAK
$M_n = M_p$	kgm	1215000	960000	533500
$\emptyset M_n$	kgm	1093500	864000	480150
Keterangan		OK	OK	OK
<u>Interaksi aksial tekan lentur</u>				
P_r/P_c		0,582	0,499	0,403
Interaksi		0,850	0,765	0,792

4.4. Perencanaan Sambungan

4.4.1. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 4047,52$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $60 \times 60 \times 6$

- Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

Baut M 12 ($A_b = 1,13 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tidak ada ulir pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi r_1 f_u m A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,13 \\ &= 6997,89 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{4047,52}{4428} = 0,91, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan siku dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

Baut M 12 ($A_b = 1,13 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tidak ada ulir pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi r_1 f_u m A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,13 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

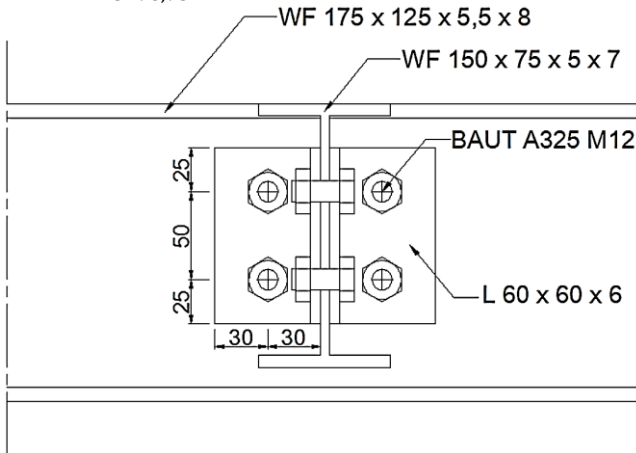
Kuat tumpu baut

$$\phi R_n = \phi 2,4 d_b t_p f_u$$

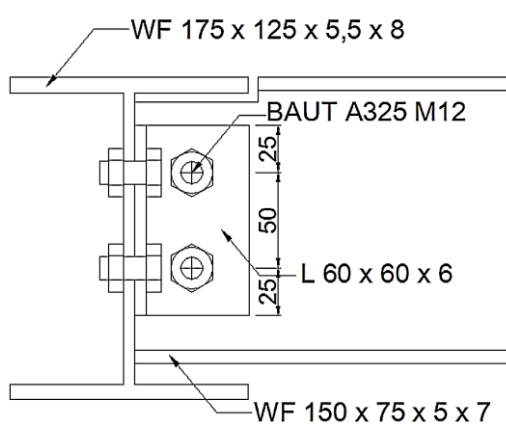
$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,55 \times 4100$$

$$= 4870,8 \text{ kg}$$

$$n = \frac{4047,52}{3498,95} = 1,15, \text{ dipasang 2 buah}$$



Gambar 4.49. Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga (tampak depan)



Gambar 4.50. Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga (tampak samping)

- Kontrol siku penyambung (2 siku)

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 0,6 = 6 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi f_y A_g &= 2 \times 0,9 \times 2500 \times 6 \\ &= 27000 \text{ kg} > 4047,52 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 + 1,5 \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (10 - n \cdot \phi_{\text{lubang}}) t_1 \\ &= (10 - 2 \times 1,35) 0,6 = 4,38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi f_u A_{nv} &= 2 \times 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,38 \\ &= 16162,2 \text{ kg} > 4047,52 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

4.4.2. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok penumpu tangga.

Dari perhitungannya sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar $V_u = 1026,54 \text{ kg}$. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung tebal 6 mm

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

Baut M 12 ($A_b = 1,13 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tidak ada ulir pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi r_1 f_u m A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,13 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,55 \times 4100 \\ &= 4870,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{1026,54}{3498,95} = 0,29, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung

Direncanakan menggunakan las F_{e70xx}

$$t_{\text{plat}} = 0,6 \text{ cm}$$

$$l_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$$

Misal $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_w = 1 \times 10 = 10 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} R_w &= \phi 0,6 F_{e70XX} A_w \\ &= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33) \times 10 \\ &= 22153,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_e &= V_u / R_w \\ &= 1026,54 / 22153,95 = 0,046 \text{ cm} \end{aligned}$$

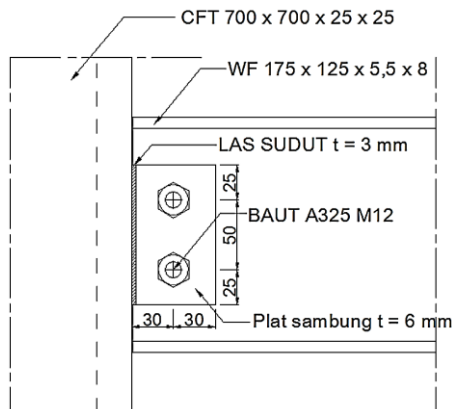
$$\begin{aligned} w &= t_e / 0,707 \\ &= 0,046 / 0,707 = 0,065 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$w_{\text{min}} = 0,3 \text{ cm}$$

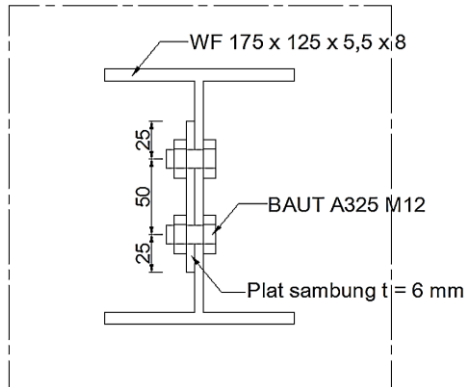
Tebal minimum = $t_{\text{profil}} = 5,5 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} w_{\text{eff(max)}} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p \\ &= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 0,55 \\ &= 0,646 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 0,3 \text{ cm}$



Gambar 4.51. Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom (tampak samping)



Gambar 4.52. Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom (tampak depan)

- Kontrol plat sambung

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 0,6 = 6 \text{ cm}^2$$

$$\phi_f A_g = 0,9 \times 2500 \times 6$$

$$= 13500 \text{ kg} > 1026,54 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol patah

$$\phi_{\text{lubang}} = 12 + 1,5 \text{ (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 13,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$$

$$= (L - n \cdot \phi_{\text{lubang}}) t_1$$

$$= (10 - 2 \times 1,35) 0,6 = 4,38 \text{ cm}^2$$

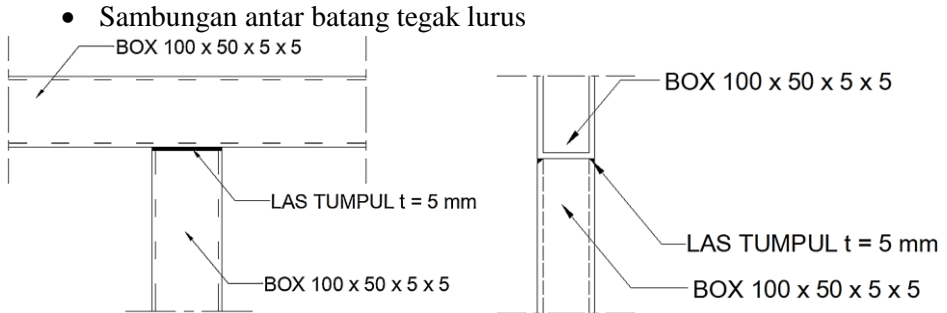
$$\phi_u A_{nv} = 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,38$$

$$= 8081,1 \text{ kg} > 1026,54 \text{ kg (OK)}$$

4.4.3. Sambungan antar Batang pada Balok

Sambungan antar batang pada balok menggunakan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu FE70XX dan dilas pada kedua sisi batang. Sambungan direncanakan mampu menahan gaya aksial yang diakibatkan oleh rangka batang.

Sebagai contoh, diambil analisa pada batang dengan gaya dalam terbesar yaitu terdapat pada segmen A balok tepi tengah (double box) dengan data perencanaan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.53. Sambungan antar batang tegak lurus

$$T_u = 14621,3 \text{ kg}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = 70 \times 70,33 = 4923,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset R_n = 0,75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0,75 \times 4923,1 \times ((0,5 \times 10) \times 2) \times 2$$

$$= 73846,5 \text{ kg}$$

Kekuatan profil di dalam sambungan :

- Kuat leleh badan

$$R_b = (2,5k + N)f_y t_w$$

$$= ((2,5 \times 0,5 + 10)2500 \times 0,5) \times 4$$

$$= 56250 \text{ kg (menentukan)}$$

- Kuat tekuk dukung/lipat

$$R_b = 0,39 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}}$$

$$= \left(0,39 \times 0,5^2 \left[1 + 3 \left(\frac{10}{10} \right) \left(\frac{0,5}{0,5} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2000000 \times 2500 \times 0,5}{0,5}} \right) \times 4$$

$$= 110308,67 \text{ kg}$$

- Kuat lentur pelat badan

$$R_b = \frac{24,08 x t_w^3}{h} \sqrt{E f_y}$$

$$= \left(\frac{24,08 \times 0,5^3}{9} \sqrt{2000000 \times 2500} \right) \times 4$$

$$= 94595,17 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_b = 0,9 \times 56250$$

$$= 50625 \text{ kg}$$

Kekuatan profil di luar sambungan :

Dari perhitungan pada bab sebelumnya di dapat :

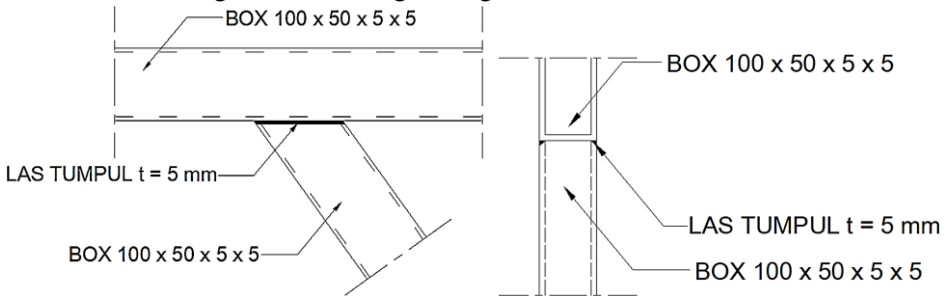
$$\emptyset P_n = 61650 \text{ kg}$$

Kekuatan sambungan :

$$\emptyset P_n \geq P_u$$

$$50625 \text{ kg} \geq 14621,3 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan antar batang miring



Gambar 4.54. Sambungan antar batang miring

$$T_u = 22749,1 \text{ kg}$$

$$\text{Cos } \alpha = 0,814$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = 70 \times 70,33 = 4923,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset R_n = 0,75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0,75 \times 4923,1 \times ((0,5 \times 10 / 0,814) \times 2) \times 2$$

$$= 90750,23 \text{ kg}$$

Kekuatan profil di dalam sambungan :

- Kuat leleh badan

$$R_b = (2,5k + N)f_{ytw}$$

$$= ((2,5 \times 0,5 + 12,3)2500 \times 0,5) \times 4$$

$$= 67695,2 \text{ kg (menentukan)}$$

- Kuat tekuk dukung/lipat

$$R_b = 0,39tw^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}}$$

$$= \left(0,39 \times 0,5^2 \left[1 + 3 \left(\frac{12,3}{10} \right) \left(\frac{0,5}{0,5} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2000000 \times 2500 \times 0,5}{0,5}} \right) \times 4$$

$$\begin{aligned}
 &= 129246,2 \text{ kg} \\
 - \text{ Kuat lentur pelat badan} \\
 R_b &= \frac{24,08xtw^3}{h} \sqrt{E f_y} \\
 &= \left(\frac{24,08x0,5^3}{9} \sqrt{2000000x2500} \right) x 4 \\
 &= 94595,17 \text{ kg} \\
 \emptyset R_b &= 0,9 x 67695,2 \\
 &= 60925,67 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan profil di luar sambungan :

Dari perhitungan pada bab sebelumnya di dapat :

$$\emptyset P_n = 61650 \text{ kg}$$

Kekuatan sambungan :

$$\emptyset P_n \geq P_u$$

$$60925,67 \text{ kg} \geq 22749,1 \text{ kg (OK)}$$

- Rekapitulasi analisa sambungan antar batang

Rekapitulasi analisa struktur seluruh tipe balok ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.22. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Tepi Tengah

Parameter	Satuan	Segmen A		Segmen B	
		Tegak	Miring	Tegak	Miring
Tu	kg	14621,25	22749,07	830,81	12289,09
<u>Kekuatan las</u>					
Awe	mm ²	1000	1228,90	250	307,23
$\emptyset R_n$	kg	73846,5	90750,2	18461,6	22687,6
<u>Kekuatan profil di dalam sambungan</u>					
Rb 1	kg	56250,0	67695,2	14062,5	16923,8
Rb 2	kg	110308,7	129246,2	27577,2	32311,5
Rb 3	kg	94595,2	94595,2	23648,8	23648,8
$\emptyset R_b$	kg	50625,0	60925,7	12656,3	15231,4
<u>Kekuatan profil di luar sambungan</u>					
$\emptyset P_n$	kg	61650	61650	16560	16560
Keterangan		OK	OK	OK	OK

Tabel 4.23. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Tepi Tepi

Parameter	Satuan	Segmen A		Segmen B	
		Tegak	Miring	Tegak	Miring
Tu	kg	10306,54	12404,15	517,13	7475,09
<u>Kekuatan las</u>					
ØRn	kg	29538,6	36300,1	9230,8	11343,8
<u>Kekuatan profil di dalam sambungan</u>					
Rb 1	kg	22000,0	26578,1	7031,3	8461,9
Rb 2	kg	35298,8	41358,8	13788,6	16155,8
Rb 3	kg	23689,9	23689,9	11824,4	11824,4
ØRb	kg	19800,0	21320,9	6328,1	7615,7
<u>Kekuatan profil di luar sambungan</u>					
ØPn	kg	34200	34200	10530	10530
Keterangan		OK	OK	OK	OK

Tabel 4.24. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Miring

Parameter	Satuan	Segmen A		Segmen B	
		Tegak	Miring	Tegak	Miring
Tu	kg	525,26	7449,73	668,12	3773,18
<u>Kekuatan las</u>					
Awe	mm ²	800	1137,13	250	355,35
ØRn	kg	29538,6	41986,5	9230,8	13120,8
<u>Kekuatan profil di dalam sambungan</u>					
Rb 1	kg	22000,0	30428,2	7031,3	9665,1
Rb 2	kg	35298,8	46455,2	13788,6	18146,6
Rb 3	kg	23689,9	23689,9	11824,4	11824,4
ØRb	kg	19800,0	21320,9	6328,1	8698,6
<u>Kekuatan profil di luar sambungan</u>					
ØPn	kg	34200	34200	10530	10530
Keterangan		OK	OK	OK	OK

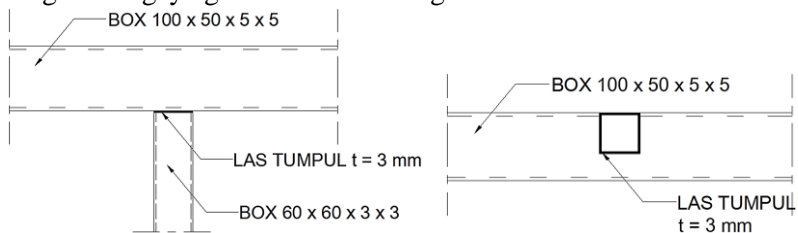
Tabel 4.25. Rekapitulasi Analisa Sambungan Balok Tengah

Parameter	Satuan	Segmen A	Segmen B
Tu	kg	12046,9	2015,9
<u>Kekuatan las</u>			
Awe	mm ²	442,41	245,78
ØRn	kg	16335,04	9075,02
<u>Kekuatan profil di dalam sambungan</u>			
Rb 1	kg	12185,1	6925,8
Rb 2	kg	23264,3	16155,8
Rb 3	kg	17027,1	15202,8
ØRb	kg	10966,6	6233,2
<u>Kekuatan profil di luar sambungan</u>			
ØPn	kg	15165	8280
Keterangan		NOT OK	OK

Pada sambungan antar batang balok tengah, sambungan tidak kuat menumpu beban yang terjadi sehingga perlu dilakukan penebalan profil pada bagian sambungan. Dilakukan penebalan profil sebesar 3 mm yang dipasang badan kanan kiri badan profil.

4.4.4. Sambungan Balok Tengah dengan Balok Tepi Lantai

Sambungan antar balok tengah dengan balok tepi lantai menggunakan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu F_{E70XX} dan dilas pada keempat sisi batang. Sambungan direncanakan mampu menahan gaya aksial yang diakibatkan oleh rangka batang balok tengah dan gaya geser akibat beban gravitasi.

**Gambar 4.55.** Sambungan balok tengah dengan balok tepi

$$T_u = 12046,89 \text{ kg}$$

$$V_u = 6153,75 \text{ kg}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = 70 \times 70,33 = 4923,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0,75 \times 4923,1 \times ((0,3 \times 6) \times 4) \\ &= 26584,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\emptyset R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\emptyset R_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{6153,75}{26584,74} \right)^2 + \left(\frac{12046,89}{26584,74} \right)^2 = 0,25 \leq 1$$

Kekuatan profil di dalam sambungan :

- Kuat leleh badan

$$\begin{aligned} R_b &= (2,5k + N)f_y t_w \\ &= ((2,5 \times 0,5 + 6)2500 \times 0,5) \times 2 \\ &= 18125 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tekuk dukung/lipat

$$\begin{aligned} R_b &= 0,39 t w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}} \\ &= \left(0,39 \times 0,5^2 \left[1 + 3 \left(\frac{6}{10} \right) \left(\frac{0,5}{0,5} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2000000 \times 2500 \times 0,5}{0,5}} \right) \times 2 \\ &= 38608 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat lentur pelat badan

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{24,08 x t w^3}{h} \sqrt{E f_y} \\ &= \left(\frac{24,08 \times 0,5^3}{9} \sqrt{2000000 \times 2500} \right) \times 2 \\ &= 47297,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_b &= 0,9 \times 18125 \\ &= 16312,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan profil di luar sambungan :

Dari perhitungan pada bab sebelumnya di dapat :

$$\emptyset P_n = 15165 \text{ kg}$$

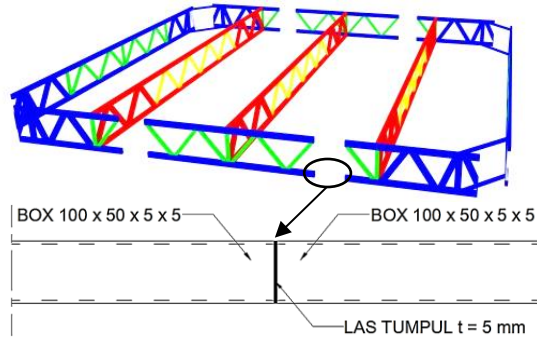
Kekuatan profil :

$$\emptyset P_n \geq P_u$$

$$15165 \text{ kg} \geq 12046,89 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 0,89$$

4.4.5. Sambungan antar Bagian Lantai

Sambungan antar bagian lantai menggunakan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu F_{E70XX} dan dilas pada keempat sisi batang. Sambungan direncanakan mampu menahan gaya aksial yang diakibatkan oleh rangka batang.



Gambar 4.56. Sambungan antar bagian lantai

$$T_u = 52559,6 \text{ kg}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = 70 \times 70,33 = 4923,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0,75 \times 4923,1 \times ((0,5 \times 10) \times 4)$$

$$= 73846,5 \text{ kg}$$

Kekuatan profil :

Dari perhitungan pada bab sebelumnya di dapat :

$$\phi P_n = 61650 \text{ kg (menentukan)}$$

Kekuatan sambungan :

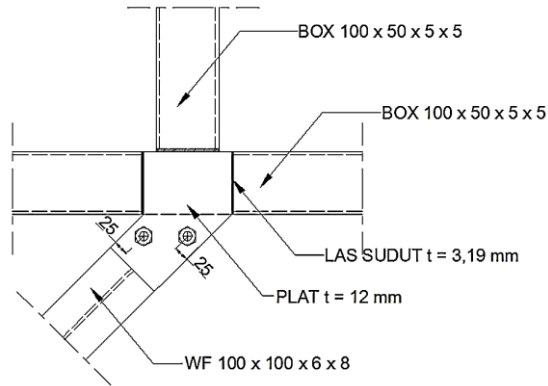
$$\phi P_n \geq P_u$$

$$61650 \text{ kg} \geq 52559,6 \text{ kg (OK)}$$

4.4.6. Sambungan Pengaku dengan Balok Lantai

Sambungan pengaku dengan balok lantai menggunakan plat buhul ketebalan 12 mm dan baut berdiameter 16 mm. Antara plat buhul dengan balok lantai menggunakan las sudut dengan mutu F_{E70XX} .

$$V_u = 20023,46 \text{ kg}$$



Gambar 4.57. Sambungan pengaku dengan balok lantai

- Kontrol tebal las sudut

$$t_{\text{profil}} = 0,5 \text{ cm}$$

$$t_{\text{plat}} = 1,2 \text{ cm}$$

$$l = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Misal } t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_w = ((1 \times 10) \times 2) \times 2 = 40 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} R_w &= \phi 0,6 F_{e70XX} A_w \\ &= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33) \times 40 \\ &= 88615,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_e &= V_u / R_w \\ &= 20023,46 / 88615,8 \\ &= 0,226 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= t_e / 0,707 \\ &= 0,226 / 0,707 \\ &= 0,319 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$w_{\text{min}} = 0,3 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal minimum} = t_{\text{profil}} = 0,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} w_{\text{eff(max)}} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p \\ &= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 0,5 \\ &= 0,587 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 0,319 \text{ cm}$

- Perhitungan jumlah baut
Dipakai baut mutu A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 $d_b = 16 \text{ mm}$ ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)
 $t_{\text{plat buhul}} = 12 \text{ mm}$

Kuat rencana baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi r_1 f_u m A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4218 \times 1 \times 2,01 \\ &= 6220,35 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 2,4 d_b t_p f_u \\ &= 0,75 \times 2 \times 1,6 \times 0,8 \times 4100 \\ &= 9446,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{20023,46}{6220,35} = 3,22 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang 2 buah pada tiap sisi

Kontrol jarak baut

- Berdasarkan tabel J3.4M SNI 1729-2015 jarak tepi minimum untuk baut berdiameter 16 mm adalah 22 mm, dipakai = 25 mm.
- Jarak antar baut minimum $3d = 48 \text{ mm}$, dipakai = 50 mm.
- Kontrol plat sambung (2 sisi)

$$l_{\text{plat buhul}} = 10 \text{ cm}$$

$$t_{\text{plat buhul}} = 1,2 \text{ cm}$$

Kontrol leleh

$$\begin{aligned}A_g &= (10 \times 1,2) \times 2 = 24 \text{ cm}^2 \\ \phi f_y A_g &= 0,9 \times 2500 \times 24 \\ &= 54000 \text{ kg} > 20023,46 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 16 + 1,5 \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \cdot \phi_{\text{lubang}}) t_1 \\ &= (15 - 2 \times 17,5) 1,2 = 7,8 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi f_u A_{nv} &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,8 \\ &= 28782 \text{ kg} > 20023,46 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol profil di dalam sambungan

- Kuat leleh badan

$$\begin{aligned} R_b &= (2,5k + N)f_y t_w \\ &= ((2,5 \times 0,5 + 14,2)2500 \times 1) + ((2,5 \times 0,5 + 14,2)2500 \times 1,7) \times 2 \\ &= 183040 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tekuk dukung/lipat

$$\begin{aligned} R_b &= 0,39 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{t_w}} \\ &= \left(0,39 \times 1^2 \left[1 + 3 \left(\frac{6}{10} \right) \left(\frac{1}{0,5} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2000000 \times 2500 \times 0,5}{1}} \right) \\ &\quad + \left(0,39 \times 1,7^2 \left[1 + 3 \left(\frac{6}{10} \right) \left(\frac{1,7}{0,5} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2000000 \times 2500 \times 0,5}{1,7}} \right) \\ &= 1416279 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat lentur pelat badan

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{24,08 x t_w^3}{h} \sqrt{E f_y} \\ &= \left(\frac{24,08 \times 1^3}{9} \sqrt{2000000 \times 2500} \right) \\ &\quad + \left(\frac{24,08 \times 1,7^3}{9} \sqrt{2000000 \times 2500} \right) \times 2 \\ &= 2304196,5 \text{ kg} \\ \text{Ø}R_b &= 0,9 \times 183040 \\ &= 164736 \text{ kg} \end{aligned}$$

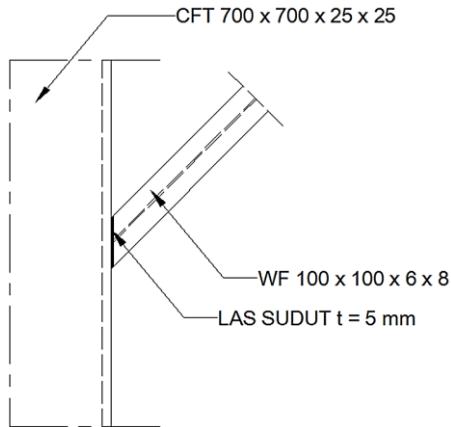
- Kontrol profil di luar sambungan

Dari perhitungan pada bab sebelumnya di dapat :

$$\text{Ø}P_n = 47182,38 \text{ kg} \geq 20023,46 \text{ kg (OK)}$$

4.4.7. Sambungan Pengaku dengan Kolom

Sambungan pengaku dengan kolom menggunakan las sudut dengan mutu F_{E70XX} dan dilas pada kedua sayap profil WF. Sambungan direncanakan mampu menahan gaya aksial dari pengaku.



Gambar 4.58. Sambungan pengaku dengan kolom

$$T_u = 20023,46 \text{ kg}$$

Kontrol tebal las sudut :

$$t_{\text{profil}} = 0,8 \text{ cm}$$

$$l = 14,14 \text{ cm}$$

Misal $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_w = (1 \times 14,14) \times 2 = 28,28 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} R_w &= \phi 0,6 F_{e70XX} A_w \\ &= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33) \times 28,28 \\ &= 62651,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_e &= V_u / R_w \\ &= 20023,46 / 62651,37 \\ &= 0,319 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= t_e / 0,707 \\ &= 0,319 / 0,707 \\ &= 0,452 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$w_{\text{min}} = 0,5 \text{ cm}$$

Tebal minimum = $t_p = 8 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} w_{\text{eff(max)}} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p \\ &= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 0,8 \\ &= 0,939 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 0,5 \text{ cm}$

4.4.8. Sambungan Balok Lantai dengan Kolom

Sambungan balok lantai dengan kolom menggunakan las sudut dengan mutu F_{E70XX} , plat setebal 10 mm dan baut berdiameter 16 mm. Sambungan direncanakan mampu menahan gaya aksial yang diakibatkan oleh rangka batang balok tengah dan gaya geser akibat beban gravitasi.

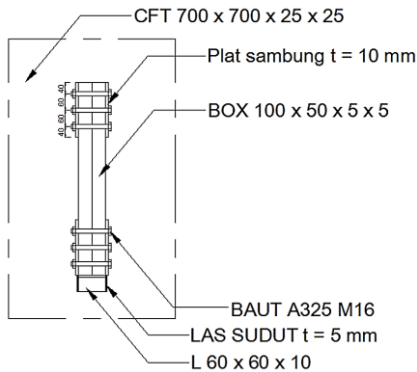
$$T_u = 52559,59 \text{ kg}$$

$$V_u = 176519,2 \text{ kg}$$

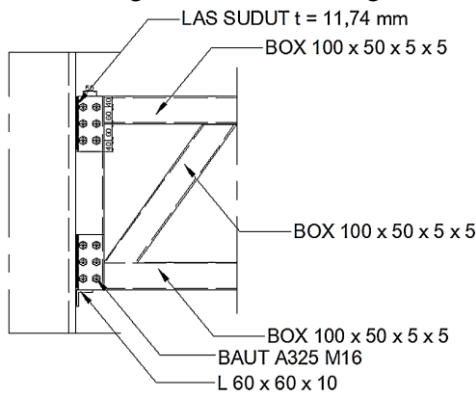
Mutu bahan :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 ; f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{uw} = 4923,1 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 4.59. Sambungan balok lantai dengan kolom



Gambar 4.60. Sambungan baut balok lantai dengan kolom

- Kontrol tebal las sudut

$$t_{\text{plat}} = 1 \text{ cm}$$

$$l = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Misal } t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_w = (1 \times 20) \times 2 = 40 \text{ cm}^2$$

$$f_{\text{tot}} = \frac{\sqrt{T_u^2 + V_u^2}}{A_w}$$

$$= \frac{\sqrt{52559,59^2 + 176519,2^2}}{40}$$

$$= 4604,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{uw} = \phi 0,6 F_{e70XX}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33)$$

$$= 2215,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = f_v / f_{uw}$$

$$= 4604,45 / 2215,39$$

$$= 2,078 \text{ cm}$$

$$w = t_e / 0,707$$

$$= 2,078 / 0,707$$

$$= 2,94 \text{ cm}$$

$$w_{\text{min}} = 0,3 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal minimum} = t_{\text{sirip}} = t_p = 10 \text{ mm}$$

$$w_{\text{eff(max)}} = 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p$$

$$= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 10$$

$$= 1,174 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 1,174 \text{ cm}$

- Perhitungan jumlah baut

Dipakai baut mutu A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

$$d_b = 16 \text{ mm} \quad (A_b = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$t_{\text{plat buhul}} = 15 \text{ mm}$$

Kuat rencana baut

$$\phi V_n = \phi r_1 f_u m A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 4218 \times 2 \times 2,01$$

$$= 12440,7 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = \phi 2,4 d_b t_p f_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 4100 \\
 &= 11808 \text{ kg (menentukan)} \\
 n &= \frac{52559,59}{12440,7} \\
 &= 4,45 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

- Berdasarkan tabel J3.4M SNI 1729-2015 jarak tepi minimum untuk baut berdiameter 16 mm adalah 22 mm, dipakai = 40 mm.
- Jarak antar baut minimum $3d = 48$ mm, dipakai = 60 mm.
- Kontrol plat sambung (2 sisi)

$$l = 20 \text{ cm}$$

$$t = 1 \text{ cm}$$

Kontrol leleh

$$\begin{aligned}
 A_g &= (20 \times 1) \times 2 \\
 &= 40 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_{fy} A_g &= 0,9 \times 2500 \times 40 \\
 &= 90000 \text{ kg} > 52559,59 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}
 \phi_{lubang} &= 16 + 1,5 \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\
 &= 17,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \cdot \phi_{lubang}) t_1 \\
 &= (20 - 3 \times 17,5) 1 \times 2 \\
 &= 29,5 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_{fu} A_{nv} &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 29,5 \\
 &= 54427,5 \text{ kg} > 52559,59 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol tebal las sudut pada plat bawah
Plat bawah di rencanakan menggunakan profil L 60 x 60 x 10.
Plat ini berfungsi untuk menahan sementara modular sebelum disambung dengan kolom.

Beban yang terjadi :

$$\text{Berat modular} = 2299,88/8 = 287,485 \text{ kg}$$

$$\text{Berat 2 orang pekerja} = 2 \times 100 = 200 \text{ kg}$$

$$\text{Beban total} = 487,48 \text{ kg}$$

$$t_{\text{profil}} = 1 \text{ cm}$$

$$l = 6 \text{ cm}$$

Misal $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_w = (1 \times 6) \times 2 = 12 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} R_w &= \phi 0,6 F_{e70XX} A_w \\ &= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33) \times 12 \\ &= 26584,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_e &= V_u / R_w \\ &= 487,48 / 26584,74 \\ &= 0,018 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= t_e / 0,707 \\ &= 0,018 / 0,707 \\ &= 0,026 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$w_{\text{min}} = 0,5 \text{ cm}$$

Tebal minimum = $t_p = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} w_{\text{eff(max)}} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p \\ &= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 1 \\ &= 1,174 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 0,5 \text{ cm}$

4.4.9. Sambungan antar Kolom

Sambungan antar kolom diletakkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai menggunakan *end plate* dengan tebal 1 cm dan baut berdiameter 16 mm. Sambungan direncanakan mampu menahan gaya geser dan momen.

HSS 700 x 700 x 25 x 25

$$M_u = 5040,91 \text{ kgm}$$

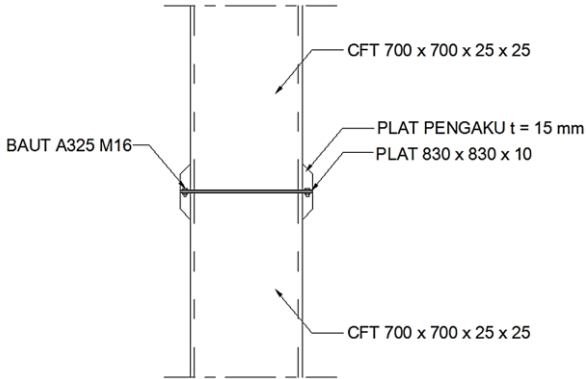
$$P_u = 1269303 \text{ kg}$$

Mutu bahan :

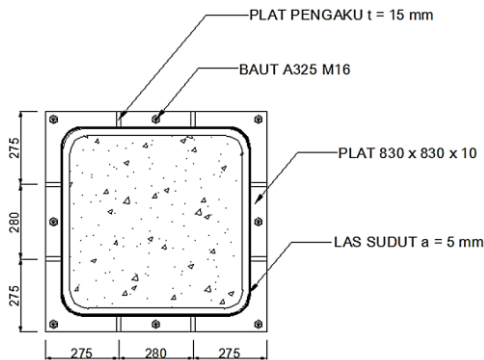
$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{uw} = 4923 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 4.61. Tampak samping sambungan antar kolom



Gambar 4.62. Tampak atas sambungan antar kolom

- Sambungan las pada *end plate*

$$A_w = 4 \times (700 \times 1) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 70 \cdot 1^3 \right) + 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 70^3 \right)$$

$$= 57178,33 \text{ cm}^4$$

$$S = I/y$$

$$= 57178,33 / 70$$

$$= 816,83 \text{ cm}^3$$

$$f_{uw} = \phi 0,6 F_{e70XX}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33)$$

$$= 2215,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{19635,85}{280} + \frac{5040,91 \times 100}{816,83} \\
 &= 687,26 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned}
 t_e &= f_v / f_{uw} \\
 &= 687,26 / 2215,39 \\
 &= 0,31 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w &= t_e / 0,707 \\
 &= 0,31 / 0,707 \\
 &= 0,439 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$w_{\min} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal minimum} = t_{\text{sirip}} = t_p = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 w_{\text{eff(max)}} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p \\
 &= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 10 \\
 &= 1,174 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 0,5 \text{ cm}$

- Perhitungan dimensi *end plate*

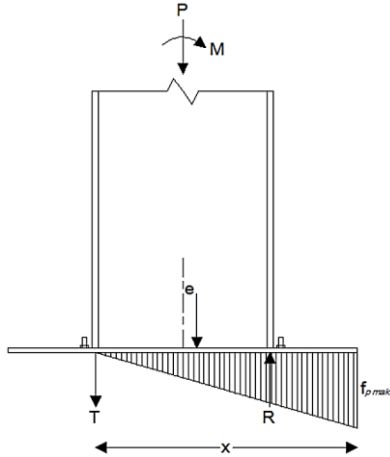
$$\begin{aligned}
 e &= \frac{M}{P} \\
 &= \frac{504091}{1269303} = 0,397 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Resultant tegangan tekan terletak tepat di bawah sayap tekan akibat lentur. Jika pusat baut angkur tarik diletakkan pada jarak 2,5 cm dari muka kolom, lengan momen kopel menjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan momen} &= d_c - t_f + 2,5 \\
 &= 70 - 2,5 + 2,5 = 70 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jika distribusi tegangan tekan dianggap seperti pada gambar dibawah, panjang x menjadi :

$$\begin{aligned}
 x &= 3/2 \times 70 = 105 \text{ cm} \\
 x/3 &= 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.63. Diagram tegangan kolom

Jarak dari tepi tekan plat ke baut angkur terdekat adalah

Jarak tepi = $35 - 0,5(2,5) - 2,5 = 31,25$ cm

$N = x + 31,25 = 136,25$ cm, dipakai 135 cm

Lebar B yang diperlukan bergantung pada tegangan tumpu ijin. Keseimbangan momen terhadap R menghasilkan gaya tarik yang dicari :

$$T = \frac{1269303x0,397}{(0,5x70)} = 14402,6 \text{ kg}$$

$$R = 1269303 + 14402,6 = 1283706,22 \text{ kg}$$

$$R = \frac{1}{2} f_p x B$$

$$= \frac{1}{2} (2500)(70)B = 87500B$$

$$B = \frac{1283706,22}{87500} = 14,67 \text{ cm}$$

Karena lebar sayap adalah 70 cm, B harus lebih besar dari yang diperlukan di atas. Sehingga dipakai $B = 83$ cm

Menentukan tebal plat:

$$\begin{aligned} f_p \text{ maks} &= \frac{2T}{xN} \\ &= \frac{2x14402,6}{105x135} = 1,032 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{135 - (70 - 2,5)}{2} = 33,75 \text{ cm}$$

$$f_p = \frac{f_p \text{ maks}}{x} (x - m)$$

$$= \frac{1,032}{105} (105 - 33,75) = 1,379 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = \left[1,379 \frac{33,75^2}{2} + (2,032 - 1,379) \frac{33,75^2}{3} \right] \times 135$$

$$= 139502,23 \text{ cm.kg/cm}^2$$

$$t_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{6(139502,23)}{135 \times 0,75 \times 2500}} = 1,82 \text{ cm}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Tebal pelat pengaku minimum (t_s)

$$t_s < 0,5f_f = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

dimensi pelat yang dipakai $t_s = 1,5 \text{ cm}$

- Perhitungan baut angkur

Dipakai baut angkur A325 M16 mm ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_g \text{ perlu} = \frac{T}{0,33F_u}$$

$$= \frac{14402,6}{0,33 \times 8250} = 5,29 \text{ cm}^2$$

$$n \text{ baut} = \frac{5,29}{0,25\pi 1,6^2} = 2,63 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah (pada satu sisi)}$$

Kontrol jarak baut

- Berdasarkan tabel J3.4M SNI 1729-2015 jarak tepi minimum untuk baut berdiameter 16 mm adalah 22 mm, dipakai = 30 mm.
- Jarak antar baut minimum $3d = 60 \text{ mm}$, dipakai = 385 mm.

4.4.10. Sambungan Dinding Geser (SPSW)

Sambungan dinding geser direncanakan dengan menggunakan las F_{E70XX} . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (HBE) dan kolom (VBE). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh.

- Sambungan las sudut pada balok (HBE)

Digunakan las dengan mutu F_{E70XX}

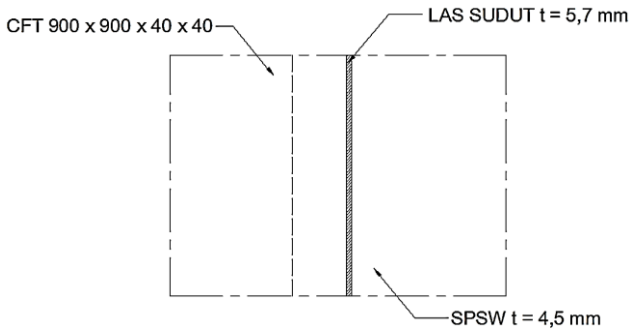
$$W_{HBE} = \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0,6 F_{E70XX} [1 + 0,5 \cos^{1,5} \alpha]}$$

$$= \frac{1,5 \times 2500 \times \cos(42,52) \times 0,45\sqrt{2}}{\emptyset 0,6 \times 4923 [1+0,5\cos^{1,5}42,52]} = 0,6 \text{ cm}$$

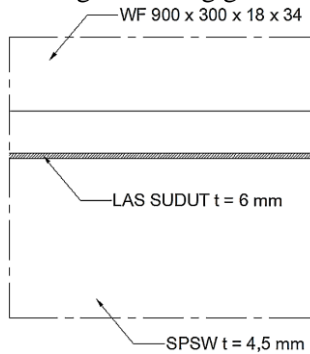
- Sambungan las sudut pada kolom (VBE)

$$W_{VBE} = \frac{R_y f_y \sin(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\emptyset 0,6 F_{E70XX} [1+0,5\sin^{1,5}\alpha]}$$

$$= \frac{1,5 \times 2500 \times \sin(42,52) \times 0,45\sqrt{2}}{\emptyset 0,6 \times 4923 [1+0,5\sin^{1,5}42,52]} = 0,57 \text{ cm}$$



Gambar 4.64. Sambungan dinding geser dengan kolom VBE



Gambar 4.65. Sambungan dinding geser dengan balok HBE

4.4.11. Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE)

Sambungan menghubungkan antara balok (HBE) dengan kolom (VBE) komposit CFT didesain sebagai sambungan kaku sehingga mampu menahan gaya aksial, geser maupun momen.

- Gaya yang bekerja pada sambungan
 $V_u = 33325,35 \text{ kg}$
 $P_{HBE (VBE)} = 346837,49 \text{ kg}$
- Kontrol leleh pada pelat sambung
 Pelat sambung $t = 30 \text{ mm}$
 Mutu baja pelat sambung = BJ 41
 Diameter baut = 30 mm ; $A = 7,07 \text{ cm}^2$
 Jumlah baut = 10 buah (2 baris)
 Ketebalan pelat sambung = 15 mm
 Panjang pelat sambung = 650 mm
 $\phi_y V_n = 0,6 f_y t L$
 $= 0,6 \times 2500 \times 3 \times 65$
 $= 292500 \text{ kg}$
 $\phi_c N_n = 0,9 f_y t L$
 $= 0,9 \times 2500 \times 3 \times 65$
 $= 438750 \text{ kg}$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{33325,35}{292500} \right)^2 + \left(\frac{346837,49}{438750} \right)^2 = 0,64 \leq 1$$
- Kontrol patah pada pelat sambung
 $A_{nv} = A_g - n(d_b + 1,5 \text{ mm}) t$
 $= (65 \times 3) - 5(3 + 0,15)3$
 $= 147,75 \text{ cm}^2$
 $\phi_y V_n = 0,75 (0,6) f_u A_{nv}$
 $= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 147,75$
 $= 272598,75 \text{ kg}$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{33325,35}{272598,75} \right)^2 + \left(\frac{346837,49}{438750} \right)^2 = 0,64 \leq 1$$
- Kontrol geser baut

$$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{33325,35^2 + 346837,49^2}$$
 $= 348434,81 \text{ kg}$
 $\phi V_n = \phi n f_u A_b$

$$= 0,75 \times 10 \times 8250 \times 7,07$$

$$= 437368,6 \text{ kg} > 348434,81 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol kuat tumpu baut

$$\emptyset R_n = \emptyset 2,4 d_b t_p f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 3 \times 3 \times 4100 \times 10$$

$$= 664200 \text{ kg} > 348434,81 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari pelat sambung dengan ketebalan las $w = 10 \text{ mm}$ dan mutu las F_{E70XX}

$$t_{\text{plat}} = 3 \text{ cm}$$

$$l = 65 \text{ cm}$$

$$\text{Misal } t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_w = (1 \times 65) \times 2 = 130 \text{ cm}^2$$

$$R_w = \emptyset 0,6 F_{E70XX} A_w$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33) \times 130$$

$$= 288001,35 \text{ kg}$$

$$t_e = V_u / R_w$$

$$= 348434,81 / 288001,35$$

$$= 1,21 \text{ cm}$$

$$w = t_e / 0,707$$

$$= 1,21 / 0,707$$

$$= 1,711 \text{ cm}$$

$$w_{\text{min}} = 0,8 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal minimum} = t_p = 30 \text{ mm}$$

$$w_{\text{eff(max)}} = 1,41 \frac{f_u}{F_{E70XX}} t_p$$

$$= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 3$$

$$= 3,523 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 1,711 \text{ cm}$

- Kontrol terhadap momen

$$M_u = 8871614 \text{ kgcm}$$

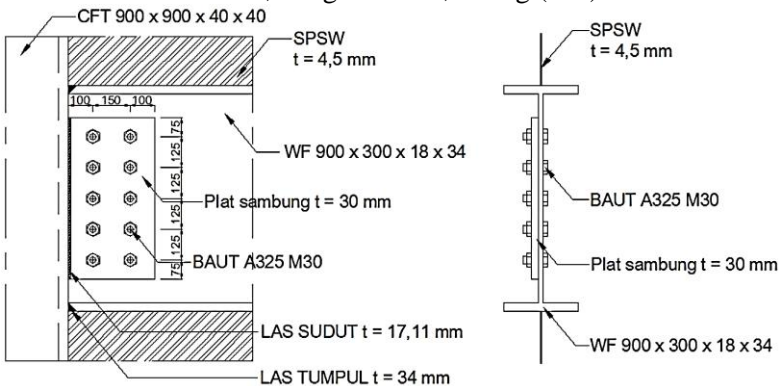
$$T_u = \frac{M_u}{d}$$

$$= \frac{8871614}{70} = 97276,469 \text{ kg}$$

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{E70XX}

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 3,4) \times 30 \\ &= 72,59 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ø}R_n &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0,75 \times 4923 \times 72,59 \\ &= 268043,45 \text{ kg} > 97276,469 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$



Gambar 4.66. Sambungan HBE dan VBE pada dinding geser

4.4.12. Sambungan Kolom dengan *base plate*

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan $t_p = 60$ mm. Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$P_u = 1269303,6 \text{ kg}$$

$$V_u = 16825,2 \text{ kg}$$

$$M_u = 35681,37 \text{ kgm}$$

- Sambungan las pada *end plate*

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil HSS 700 x 700 x 25 x 25 dengan asumsi $t_e = 1.00$ cm sehingga didapat :

$$A_w = 4(1 \times 75) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 70 \cdot 1^3 \right) + 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 70^3 \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 57178,33 \text{ cm}^4 \\
 S &= I/y \\
 &= 57178,33 / 70 \\
 &= 816,83 \text{ cm}^3 \\
 f_{uw} &= \emptyset 0,6 F_{e70XX} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,33) \\
 &= 2215,39 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat P_u :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{1269303,6}{280} + \frac{35681,37}{816,83} \\
 &= 8901,48 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat V_u :

$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{16825,2}{280} + \frac{35681,37}{816,83} \\
 &= 4428,34 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned}
 f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\
 &= \sqrt{8901,48^2 + 4428,34^2} \\
 &= 9942,16 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned}
 t_e &= f_{total} / f_{uw} \\
 &= 9942,16 / 2215,39 \\
 &= 4,487 \text{ cm} \\
 w &= t_e / 0,707 \\
 &= 4,487 / 0,707 \\
 &= 6,348 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tebal minimum = $t_{sirip} = t_p = 60 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 w_{eff(max)} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e70XX}} t_p \\
 &= 1,41 \times \frac{4100}{(70 \times 70,33)} \times 6 \\
 &= 7,045 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 6,348 \text{ cm}$

- Perhitungan dimensi *base plate*

$$e = \frac{M}{P}$$

$$= \frac{35681,37}{1269304} = 2,81 \text{ cm}$$

Resultant tegangan tekan terletak tepat di bawah sayap tekan akibat lentur. Jika pusat baut angkur tarik diletakkan pada jarak 5 cm dari muka kolom, lengan momen kopel menjadi :

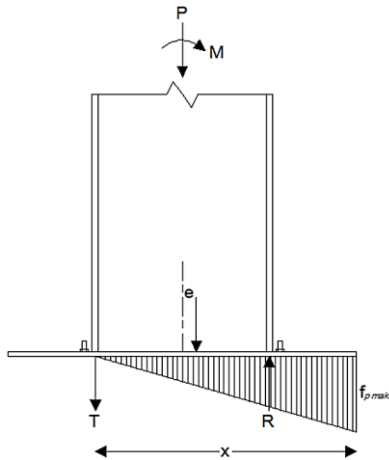
$$\text{Lengan momen} = d_c - t_f + 5$$

$$= 70 - 2,5 + 5 = 72,5 \text{ cm}$$

Jika distribusi tegangan tekan dianggap seperti pada gambar dibawah, panjang x menjadi :

$$x = 3/2 \times 72,7 = 108,75 \text{ cm}$$

$$x/3 = 36,25 \text{ cm}$$



Gambar 4.67. Diagram tegangan kolom pada *base plate*

Jarak dari tepi tekan plat ke baut angkur terdekat adalah

$$\text{Jarak tepi} = 36,25 - 0,5(2,5) - 5 = 30 \text{ cm}$$

$$N = x + 30 = 138,75 \text{ cm, dipakai } 135 \text{ cm}$$

Lebar B yang diperlukan bergantung pada tegangan tumpu ijin. Keseimbangan momen terhadap R menghasilkan gaya tarik yang dicari :

$$T = \frac{1269303 \times 2,811}{(0,5 \times 70)} = 101946,8 \text{ kg}$$

$$R = 1269303 + 101946,8 = 1371250 \text{ kg}$$

$$R = \frac{1}{2} f_p x B$$

$$= \frac{1}{2} (2500)(70)B = 87500B$$

$$B = \frac{1371250}{87500} = 15,67 \text{ cm}$$

Karena lebar sayap adalah 70 cm, B harus lebih besar dari yang diperlukan di atas. Sehingga dipakai B = 135 cm

Menentukan tebal plat:

$$f_{p \text{ maks}} = \frac{2T}{xB}$$

$$= \frac{2 \times 101946,8}{108,75 \times 135} = 13,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = \frac{135 - (70 - 2,5)}{2} = 33,75 \text{ cm}$$

$$f_p = \frac{f_{p \text{ maks}}}{x} (x - m)$$

$$= \frac{13,89}{105} (108,75 - 33,75) = 9,58 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = \left[9,58 \frac{33,75^2}{2} + (13,89 - 9,58) \frac{33,75^2}{3} \right] \times 135$$

$$= 957342 \text{ cm.kg/cm}^2$$

$$t_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{6(957342)}{135 \times 0,75 \times 2500}} = 4,76 \text{ cm}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Tebal pelat pengaku minimum (t_s)

$$t_s < 0,5f_f = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

dimensi pelat yang dipakai $t_s = 1,5 \text{ cm}$

- Perhitungan baut angkur

Dipakai baut angkur A325 M30 mm ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

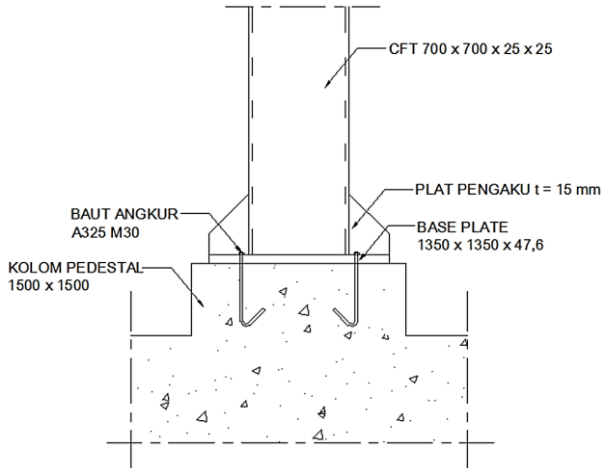
$$A_{g \text{ perlu}} = \frac{T}{0,33F_u}$$

$$= \frac{101946,8}{0,33 \times 8250} = 37,45 \text{ cm}^2$$

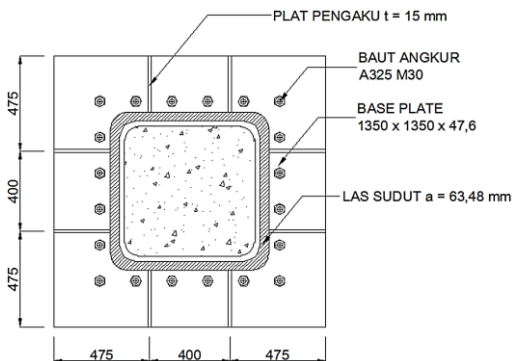
$$n \text{ baut} = \frac{37,45}{0,25\pi 30^2} = 5,29 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah (pada satu sisi)}$$

Kontrol jarak baut

- Berdasarkan tabel J3.4M SNI 1729-2015 jarak tepi minimum untuk baut berdiameter 20 mm adalah 26 mm, dipakai = 50 mm.
- Jarak antar baut minimum $3d = 60$ mm, dipakai = 447 mm.



Gambar 4.68. Tampak samping sambungan *base plate* dengan kolom dan pedestal



Gambar 4.69. Tampak atas sambungan *base plate* dengan kolom dan pedestal

4.4.13. Sambungan Dinding Geser (SPSW) dengan Pondasi

Sambungan antar dinding geser dengan sloof direncanakan menggunakan profil T 400 x 300 x 10 x 16 yang berhubungan langsung dengan pondasi. Direncanakan angkur dengan diameter $d = 3$ cm dan jarak $s = 50$ cm.

- Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w s \\ &= \frac{1}{2} \times 2500 \times \sin(2 \times 42,52) \times 0,45 \times 50 \\ &= 28019,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w s \\ &= 2500 \times \cos^2(42,52) \times 0,45 \times 50 \\ &= 30556,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan baut angkur

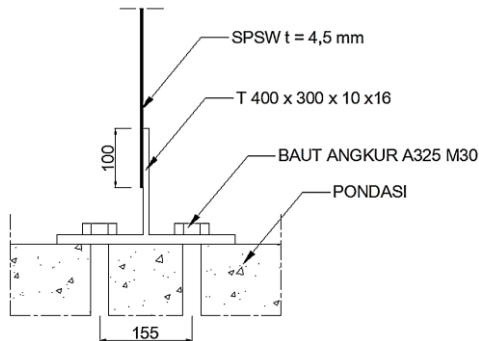
Dipakai baut angkur $d = 30$ mm dengan $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 f_{ub} (0,5 A_b) \\ &= 0,75 \times 8250 \times 0,5 \times (0,25 \pi 3^2) \\ &= 68666,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2T_u + C_v V_u}{n} &= \frac{2 \times 30556,69 + 1,25 \times 28019,68}{6} \\ &= 16022,99 \text{ kg} < 68666,87 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Panjang baut angkur yang ditanam kedalam pondasi diperhtungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L &\geq \frac{2V_u + (4V_u^2 + 6df'_c(M_u + V_u x(5cm)))^{0,5}}{df'_c} \\ L &\geq \frac{2 \times 28019,68 + (4 \times 28019,68^2 + 6 \times 50 \times 300 \times (0 + 28019,68 \times 5))^{0,5}}{50 \times 300} \\ L &\geq 12,1 \text{ cm diambil } L = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.70. Sambungan pondasi dengan SPSW

4.5. Metode Pelaksanaan

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan bagian penting yang tidak bisa dipisahkan. Pada perencanaan sebuah gedung, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material – material baja, proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah ;

1. Pabrikasi, yaitu pencetakan dan perakitan semua elemen modular pabrikasi di pabrik.
2. Penanganan, yaitu penyimpanan, transportasi, dan ereksi modular pabrik mulai dari pabrik hingga ke posisi akhir modular di bangunan.
3. Pelaksanaan dan perakitan, yaitu metode pelaksanaan dan perakitan modular pabrikasi di lokasi proyek hingga bangunan selesai.

4.5.1. Pabrikasi

Tahapan dalam pabrikasi lantai integral yaitu sebagai berikut :

1. Persiapan
 - Mempersiapkan material baja serta peralatan yang dibutuhkan.

- Material harus disimpan pada tempat yang terlindung dari gangguan sehingga tidak merusak kualitas material.
- Pemandahan material harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai aturan agar tidak terjadi perbedaan kualitas dan kuantitas.

2. Pembuatan rantai integral

- Pengelasan antar batang baja menjadi suatu kesatuan rantai integral.
- Pengecekan kualitas sambungan.



Gambar 4.71. Proses pabrikasi modular

3. Perawatan modular

- Dilakukan perawatan terhadap modular dengan metode yang diinginkan.
- Modular disimpan pada tempat yang terhindar dari gangguan.

4. Inspeksi akhir dan pemindahan

- Kontrol kondisi dan kualitas produk yang telah selesai.
- Uji coba pemasangan modular untuk mengecek ketepatan ukuran modular.
- Pemberian tanda identifikasi produk.

4.5.2. Penanganan Modular

Transportasi dan ereksi modular harus dilakukan sesuai prosedur yang disyaratkan pada setiap tipe modular karena beban

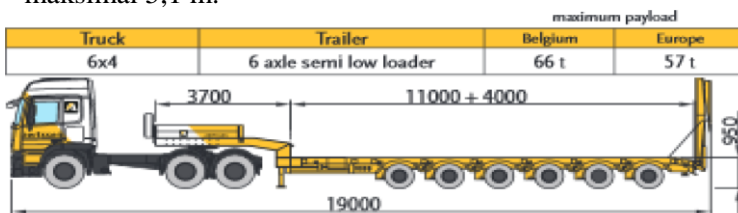
dan gaya yang berbeda akibat perletakan yang berada dengan posisi akhir modular di bangunan. Sistem penanganan disini meliputi :

1. Penyimpanan

- Penyimpanan yang dimaksud adalah penyimpanan di pabrik dan penampungan sementara di lokasi proyek.
- Sebisa mungkin modular pabrikasi disimpan dengan perletakan sedekat mungkin dengan perletakan layan atau titik angkat ereksi.
- Alas perletakan modular pabrikasi harus dipastikan keras, se-level, bersih, dan stabil.
- Tempat penyimpanan sebaiknya terlindung dari lingkungan ekstrim.
- Penataan penempatan modular pabrikasi di penyimpanan sementara di lokasi proyek dilakukan dengan prinsip “*first in first out*”

2. Transportasi

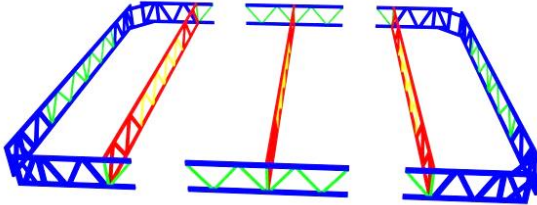
Pada proses transportasi digunakan truk tipe low bed 6 axle semi low loader dengan tinggi badan truk 0,95 m, panjang 11 m dan kapasitas maksimum truk 57 ton. Modular lantai integral dapat diangkut melalui gerbang tol apabila moda transportasi yang digunakan memiliki ketinggian badan truk maksimal 5,1 m.



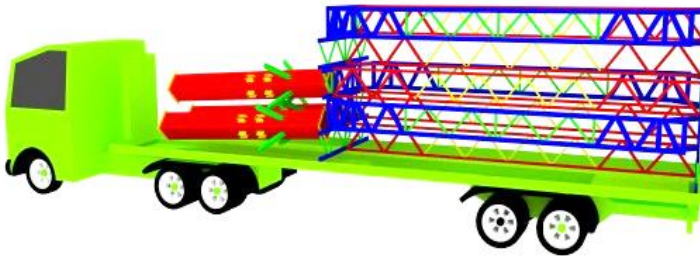
Gambar 4.72. Spesifikasi truk tipe semi low loader

Karena lebar modular (8m) melebihi batas lebar angkutan di Indonesia (3,5m), maka modular dibagi menjadi 3 bagian dengan lebar maksimum 3 m. Direncanakan truk mengangkut 5 tumpuk sehingga tinggi total truk $0,7 \times 5 + 0,95$

= 4,45 m. Berat satu modular lantai adalah 1,65 ton sehingga berat modular yang diangkut 2,8 ton masih tersisa 54,2 ton untuk rangka penahan dan metrial/peralatan lainnya.



Gambar 4.73. Bagian modular lantai

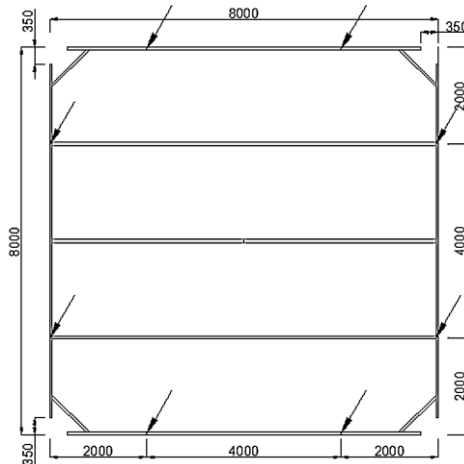


Gambar 4.74. Posisi perletakan modular ketika transportasi

3. Ereksi

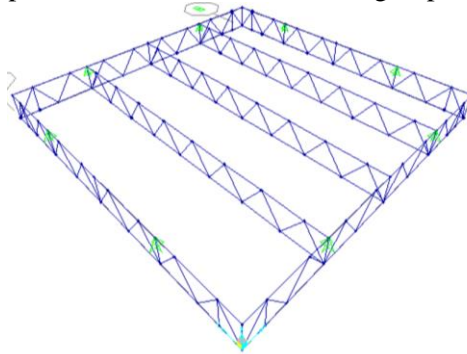
- Ereksi yaitu pengangkatan dan pemindahan modular pabrikan di area pabrik maupun dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.
- Kapasitas peralatan ereksi harus mampu menahan beban maksimum yang mungkin terjadi, meliputi crane, sling baja atau tendon, rangka/bresing ereksi, dan peralatan lainnya.
- Titik berat modular harus berada di antara titik-titik pengangkat untuk menghindari terjadinya perputaran yang tidak diinginkan.
- Terkadang modular pabrikan harus diarahkan kembali dari posisi ketika transportasi ke posisi layan akhir.

- Ketika pengangkatan dan pemindahan, harus dipertimbangkan kecepatan maksimum mobilisasi.
- Peletakkan titik-titik angkat dan analisa tegangan ketika pengangkatan modular lantai integral dijelaskan gambar dibawah ini.

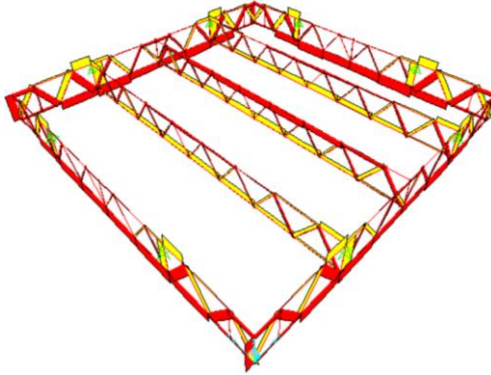


Gambar 4.75. Letak titik pengangkatan lantai integral A

Modular lantai integral juga perlu dicek kapasitasnya saat pengangkatan. Untuk mendapatkan gaya dalam pengangkatan, dilakukan permodelan modular lantai integral pada SAP2000.



Gambar 4.76. Permodelan lantai integral A ketika pengangkatan



Gambar 4.77. Gaya aksial lantai integral A saat pengangkatan

Diagram gaya aksial pengangkatan hasil analisa SAP2000 ditunjukkan pada gambar diatas. Nilai gaya dalam terbesar yaitu sebagai berikut:

- Balok tengah

Zona A

$$P_{u_t} = 188,02 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 15165 \text{ kg}$$

$$P_{u_c} = 190,79 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 13743,71 \text{ kg}$$

Zona B

$$P_{u_t} = 25,22 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 8280 \text{ kg}$$

$$P_{u_c} = 34,93 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 6217 \text{ kg}$$

- Balok tepi

Zona A

$$P_{u_t} = 242,3 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 30825 \text{ kg}$$

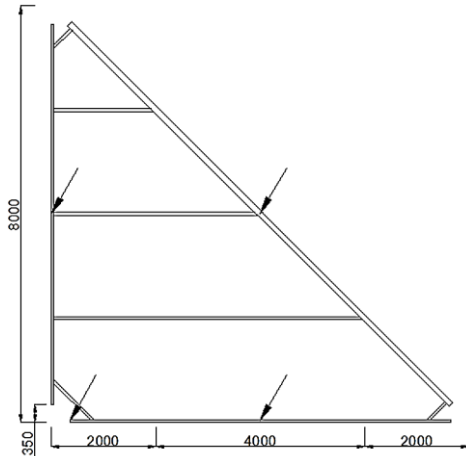
$$P_{u_c} = 317,16 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 29811 \text{ kg}$$

Zona B

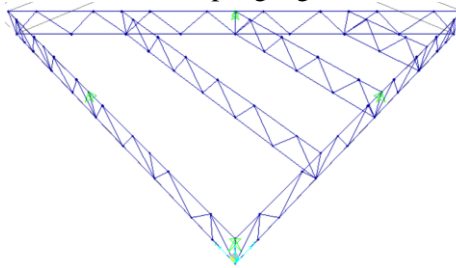
$$P_{u_t} = 300,45 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 8280 \text{ kg}$$

$$P_{u_c} = 90,25 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 6278 \text{ kg}$$

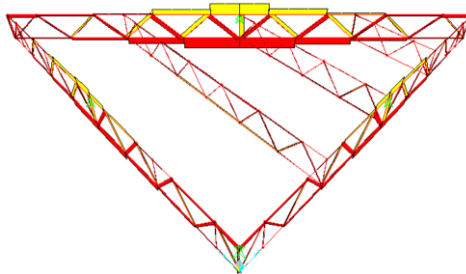
Sehingga modular lantai integral A mampu menahan beban ketika pengangkatan.



Gambar 4.78. Letak titik pengangkatan lantai integral B



Gambar 4.79. Permodelan lantai integral B ketika pengangkatan



Gambar 4.80. Gaya aksial lantai integral B saat pengangkatan

Diagram gaya aksial pengangkatan hasil analisa SAP2000 ditunjukkan pada gambar diatas. Nilai gaya dalam terbesar yaitu sebagai berikut:

- Balok tengah

$$Pu_t = 111,49 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 15165 \text{ kg}$$

$$Pu_c = 112,94 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 13743,71 \text{ kg}$$

- Balok tepi

Zona A

$$Pu_t = 680,74 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 30825 \text{ kg}$$

$$Pu_c = 712,58 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 29811 \text{ kg}$$

Zona B

$$Pu_t = 232,05 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 8280 \text{ kg}$$

$$Pu_c = 241,62 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 6278 \text{ kg}$$

- Balok miring

Zona A

$$Pu_t = 1035,21 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 34200 \text{ kg}$$

$$Pu_c = 1088,46 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 31911 \text{ kg}$$

Zona B

$$Pu_t = 369,25 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 10530 \text{ kg}$$

$$Pu_c = 316,02 \text{ kg} \leq \text{ØPn} = 10162 \text{ kg}$$

Sehingga modular lantai integral B mampu menahan beban ketika pengangkatan.

- Dalam sistem lantai integral ini, digunakan tower crane XCP330 produk Xuzhou Bob-lift Group dengan kapasitas maksimum 18 ton, radius maksimum 75 meter, dan tinggi maksimum 156 meter, dengan pembagian beban-radius ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.26. Bagan Beban-Radius Kapasitas Tower Crane XCP330

起重臂 (m) jib	R _{in}	R (C _{min})	C _{min}	幅度 (m) Range												
				10	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
75m	吊钩	3	35	6t	6000				5440	4370	4180	3720	3340	3020	2740	2500
	平衡重	3	13	12t	12000	11420	7260	6060	5170	4460	3910	3450	3070	2750	2470	2230
	平衡重	3	13	18t	18000	11390	7180	5980	5020	4380	3920	3370	2990	2660	2390	2150
70m	吊钩	3	39	6t	6000				5890	5140	4540	4050	3640	3300	3000	
	平衡重	3	20	12t	12000	7860		6590	5620	4870	4270	3780	3370	3030	2730	
	平衡重	3	14	18t	18000	12310	7780	6500	5530	4790	4190	3700	3290	2940	2660	
65m	吊钩	3	41	6t	6000				5430		4810	4290	3860	3500		
	平衡重	3	21	12t	12000	8320		6960	5950	5160	4540	4020	3590	3230		
	平衡重	3	14	18t	18000	13210	8220	6880	5870	5080	4450	3940	3520	3150		
60m	吊钩	3	42	6t	6000				5620		4970	4440	4000			
	平衡重	3	22	12t	12000	8580		7470	6160	5350	4700	4170	3730			
	平衡重	3	15	18t	18000	13350	8500	7390	6070	5270	4620	4090	3650			
55m	吊钩	3	44	6t	6000				5860		5140	4700				
	平衡重	3	23	12t	12000	9070		7600	6520	5660	4990	4430				
	平衡重	3	16	18t	18000	14100	8980	7520	6430	5580	4900	4350				
50m	吊钩	3	47	6t	6000				5600							
	平衡重	3	26	12t	12000	9630		8100	6940	6050	5330					
	平衡重	3	16	18t	18000	14920	9550	8020	6860	5970	5250					
45m	吊钩	3	45	6t	6000				5600							
	平衡重	3	28	12t	12000	10470		8810	7570	6600						
	平衡重	3	18	18t	18000	16170	10390	8720	7490	6520						
40m	吊钩	3	40	6t	6000				5600							
	平衡重	3	26	12t	12000	10640		9290	7700							
	平衡重	3	18	18t	18000	16440	10560	8890	7620							

4.5.3. Tahap Pelaksanaan dan Perakitan

Tahapan dan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perakitan modular pabrikasi yaitu sebagai berikut:

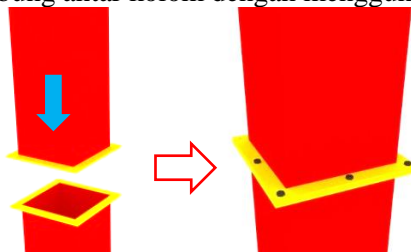
- Persiapan sebelum perakitan
 - Mengecek ketepatan tipe, kuantitas, dan identifikasi produk pada modular pabrikasi yang sampai di lokasi proyek.
 - Mengecek akurasi dimensi kritis dan kondisi visual modular pabrikasi yang sampai di lokasi proyek.
 - Mengecek akurasi posisi dan jarak sambungan pada lokasi penempatan akhir modular pabrikasi.
 - Mengecek level dan stabilitas perletakan yang dituju modular pabrikasi.
- Perakitan antar elemen modular pabrikasi
 - Ereksi modular pabrikasi sesuai metode ereksi yang baik dari tempat penyimpanan sementara ke posisi akhir.

- Mengecek level dan kelurusan horizontal atau vertikal modular pabrikasi sesuai posisi desain. Jika diperlukan, dilakukan penyesuaian posisi dengan rangka sementara untuk mendapatkan posisi yang diinginkan.
 - Merakit sambungan antar elemen modular pabrikasi sesuai metode instalasi setiap sambungan yang selanjutnya akan dijelaskan lebih detail.
 - Mengecek ulang level dan kelurusan modular pabrikasi serta mengecek stabilitas modular pabrikasi sebelum kabel ereksi dilepas.
 - Melepas kabel ereksi.
3. Finishing perakitan
- Pengecoran kolom CFT dan pelat lantai.
 - Pemasangan utilitas dan finishing gedung

4.5.3.1. Perakitan Sambungan antar Kolom

Tahapan perakitan sambungan antar kolom yaitu sebagai berikut:

1. Sebelum pengangkatan kolom, dilakukan pengecekan level pelat pada kolom yang akan disambung.
2. Pengangkatan kolom ke posisi akhir menggunakan tower crane.
3. Kolom diturunkan hingga posisi lubang sesuai.
4. Menyambung antar kolom dengan menggunakan baut.

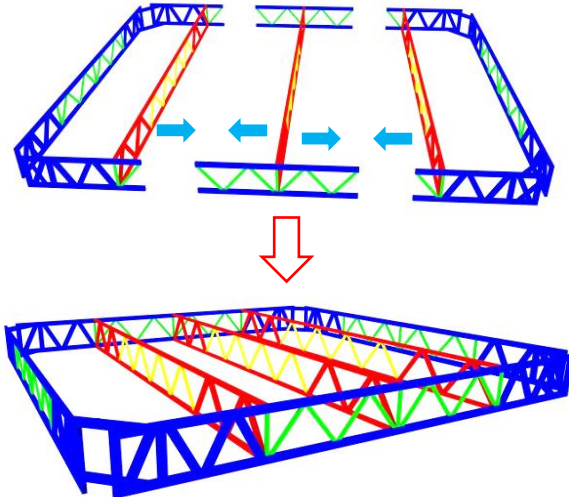


Gambar 4.81. Penyambungan kolom

4.5.3.2. Perakitan Lantai Integral

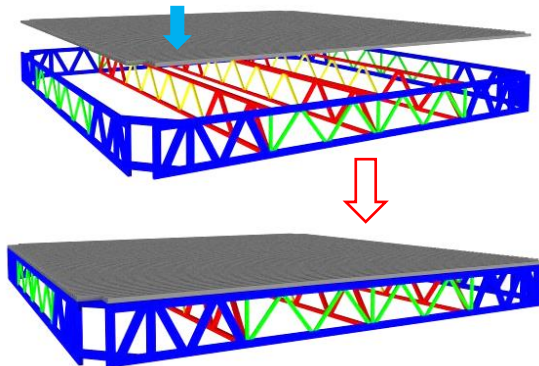
Tahapan perakitan lantai integral yaitu sebagai berikut:

1. Bagian modular lantai integral di las terlebih dahulu menjadi satu kesatuan modular.



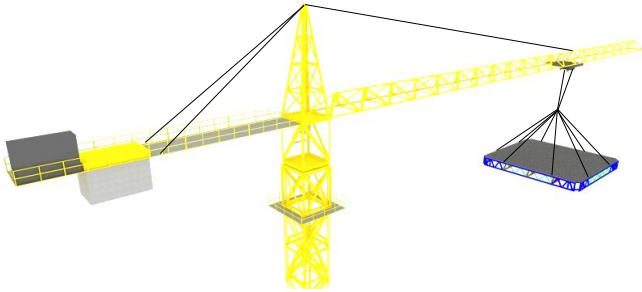
Gambar 4.82. Penyambungan antar bagian lantai

2. Pemasangan bondek pada modular lantai integral.



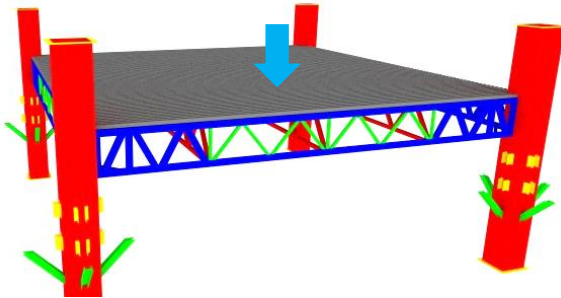
Gambar 4.83. Pemasangan bondek

3. Pengangkatan modular menggunakan tower crane.



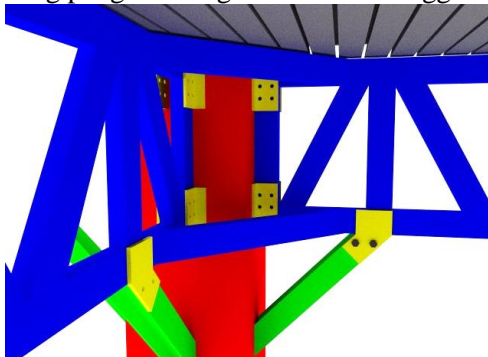
Gambar 4.84. Pengangkatan modular

4. Meletakkan modular ke posisi akhir untuk disambung.



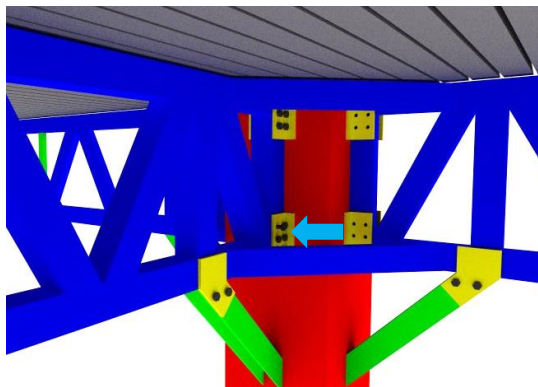
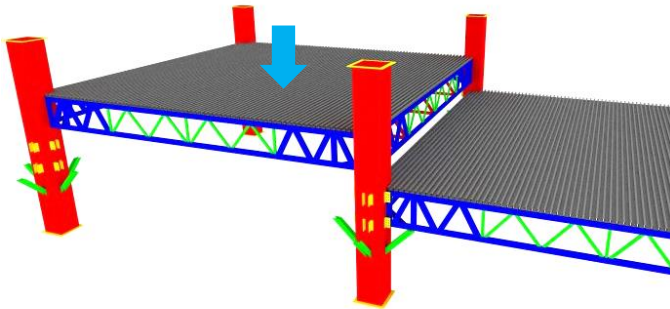
Gambar 4.85. Meletakkan modular ke posisi akhir

5. Menyambung pengaku dengan modular menggunakan baut.



Gambar 4.86. Menyambung pengaku dengan lantai

6. Ulangi dengan langkah yang sama untuk modular berikutnya.
7. Mengambung modular dengan kolom menggunakan baut.



Gambar 4.87. Menyambung modular dengan kolom

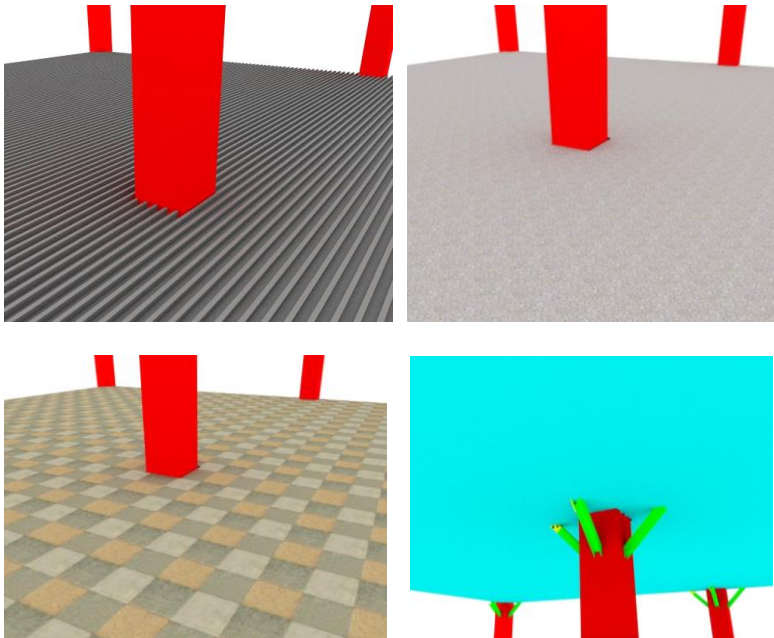
4.5.3.3. Perakitan Struktur Sekunder

Setelah struktur primer selesai dirakit pada lantai, maka bisa diikuti dengan perakitan struktur sekunder, meliputi: fasad, dinding partisi, tangga, bordes, koridor, lift. Metode perakitan masing-masing elemen struktur sekunder mengikuti desain sambungan dan elemen struktur sekunder pabrikan tersebut.

4.5.4. Finishing

Setelah tahap perakitan struktur primer atau sekunder dilakukan, maka dilakukan tahap finishing. Tahap finishing tersebut diantaranya :

- Pengecoran beton isi kolom dan pelat lantai.
- Pengerjaan spesi dan pemasangan keramik.
- Pemasangan komponen utilitas, meliputi jaringan sanitasi, mekanikal elektrik, sirkulasi dan lain-lain.
- Pemasangan plafond.
- Pekerjaan-pekerjaan non-struktural lainnya.



Gambar 4.88. Finishing

4.6. Perencanaan Struktur Bawah

Pada perencanaan ini struktur bawah yang direncanakan yaitu basement dan pondasi. Struktur basement meliputi dinding basement dan pelat lantai basement, sedangkan struktur pondasi meliputi sloof, poer dan tiang pancang.

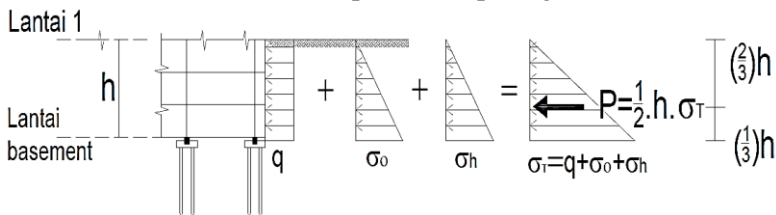
4.6.1. Perencanaan Basement

Dinding basement direncanakan menggunakan beton dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 392 MPa (Bj TS 40)
- Tebal dinding basement = 30 cm
- Diameter tulangan = 22 mm
- Tinggi dinding basement = 4,5 m
- Panjang basement = 8 m
- Tebal selimut beton = 40 mm

- **Pembebanan dinding basement**

Beban yang bekerja pada dinding basement berupa tekanan tanah aktif. Beban tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.89. Diagram tegangan tekanan tanah

- Data tanah:

$$\begin{aligned}\gamma &= 1,639 \text{ t/m}^3 \\ c &= 0,405 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi &= 6,238^\circ\end{aligned}$$

- Perhitungan gaya dalam dinding :

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45 - \phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 6,238/2) = 0,804\end{aligned}$$

Pada $Z = 0 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \gamma \times h_1 \times K_a \\ &= 1639 \times 0 \times 0,804 = 0 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Pada Z = 4,5 m

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \gamma \times h_2 \times K_a \\ &= 1639 \times 4,5 \times 0,804 = 5929,76 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Sehingga besarnya beban yang diterima dinding:

$$\begin{aligned}P &= \frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{2} \times h \times L \\ &= \frac{(0 + 5929,76)}{2} \times 4,5 \times 1 = 13341,98 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$M = 13341,98 \times \frac{4,5}{3} = 20012,96 \text{ kgm/m}$$

- Penulangan lentur :

$$\begin{aligned}d &= t - \text{decking} - 0,5D \\ &= 300 - 40 - 0,5(22) = 249 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_u = 20012,96 \text{ kgm/m}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{20012,96}{0,8} = 25016,2 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$B_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \\ &= \frac{392}{0,85 \times 30} = 15,37\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{25016,2 \times 9,81 \times 1000}{1000 \times 249^2} = 3,958 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,37} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,37 \times 3,958}{392}} \right) = 0,011\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{392} = 0,0036\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{392} = 0,0035$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0036, sehingga dipakai $\rho = 0,011$

$$A_{s \min} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,011 \times 1000 \times 249 = 2747,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{2747,2}{380,133} = 7,23$$

$$\text{Jarak max} = \frac{1000}{7,23} = 138 \text{ mm}$$

Dipasang D22 dengan jarak 125 mm

- Penulangan bagi :

dipakai $\rho = \rho_{\min} = 0,002$

$$A_{s \min} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 249 = 498 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{498}{380,133} = 1,31$$

$$\text{Jarak max} = \frac{1000}{1,31} = 763 \text{ mm}$$

Dipasang D22 dengan jarak 750 mm

4.6.2. Perencanaan Pondasi

Rencana pondasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada dibawah dan berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah.

Pondasi pada gedung perkantoran ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1571 cm²
- Berat : 393 kg/m

- *Bending moment crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,5 tm
- *Allowable axial load* : 252,7 t

4.6.2.1. Daya Dukung Tanah

Pada tugas akhir ini, direncanakan kedalaman tiang pancang 42 m.

$$N = 42$$

Tanah = Tanah pasir

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,599$$

- Koreksi nilai SPT

- Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$:

$$\begin{aligned} N_1 &= 15 + 0,5(N - 15) \\ &= 15 + 0,5(39 - 15) = 27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 0,6N \\ &= 0,6(39) = 23,4 \end{aligned}$$

$$N_{1 \text{ pakai}} = 23,4$$

- Koreksi terhadap overburden pressure

$$\begin{aligned} \gamma' &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \\ &= 1,599 - 1 = 0,599 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_o &= \gamma' \times h \\ &= 0,559 \times 42 = 25,386 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{4N_1}{3,25 + 0,1P_o} \\ &= \frac{4 \times 23,4}{3,25 + 0,1 \times 25,386} = 16,169 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= 2N_1 \\ &= 2 \times 23,4 = 46,8 \end{aligned}$$

$$N_{2 \text{ pakai}} = 16,169$$

\bar{N} adalah harga rata-rata N_2 4D dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang.

$$\bar{N} = \frac{13,407 + 15,241 + 16,169 + 15,029}{4} = 14,962$$

- Daya dukung tiang

$$\begin{aligned}
 P_{ult} &= 40\bar{N} \cdot A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{5} \times A_{Si} \\
 &= 40 \times 14,962 \times (0,25\pi \times 0,6^2) + \frac{16,169}{5} \times 263,566 \\
 &= 432,783 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= \frac{P_{ult}}{3} \\
 &= \frac{432,783}{3} = 144,26 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan tanah dengan berbagai kedalaman dapat dilihat di lampiran.

4.6.2.2. Perhitungan Pondasi

Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :

$$P_{ijin} = 252,7 \text{ ton}$$

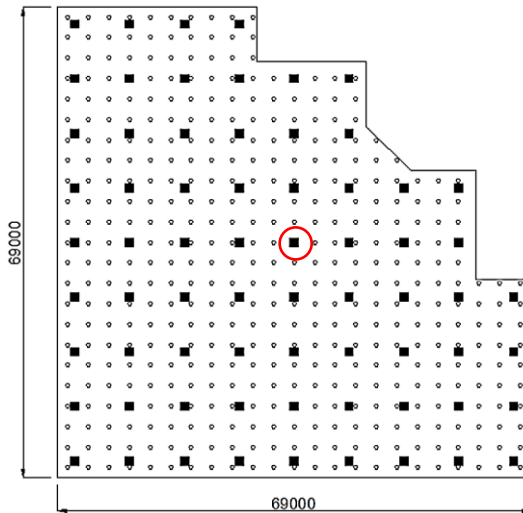
- Daya dukung tanah :

$$P_{ijin} = 144,26 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 144,26 ton.

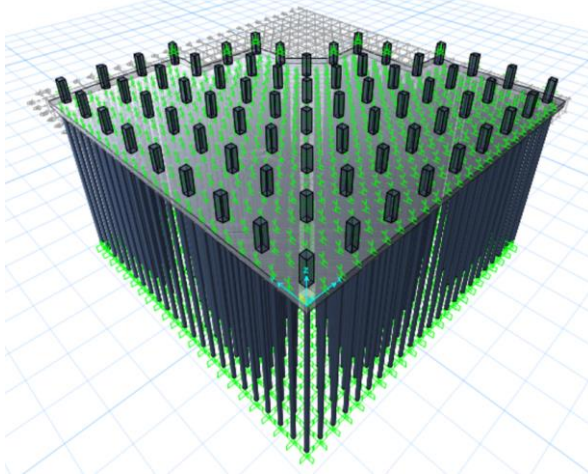
Direncanakan pondasi tiang dengan 438 tiang pancang berdiameter 60 cm dengan kedalaman 42 m. Berikut adalah data perencanaan pondasi tipe A :

- Jumlah kolom (n) = 23
- Jumlah baris (m) = 23
- Jumlah tiang = 438 buah
- Jarak antar tiang (s) = 3 m
- Jarak tepi tiang = 1 m
- Panjang poer = 69 m
- Lebar poer = 69 m



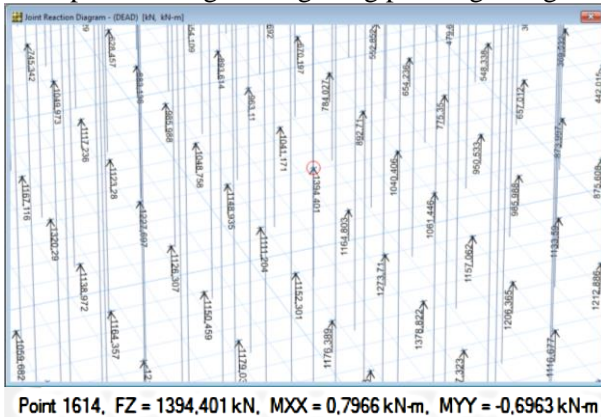
Gambar 4.90. Pondasi tiang pancang

Perencanaan pondasi menggunakan program bantu SAFE dengan cara menginputkan gaya dan momen dari reaksi perletakan pada kombinasi (1D + 1L + 1E) pada masing-masing kaki kolom pedestal. Berikut adalah permodelan pada program bantu SAFE :



Gambar 4.91. Permodelan pondasi

Setelah dilakukan analisa dengan program bantu SAFE didapat beban aksial pada masing-masing tiang pancang sebagai berikut:



Gambar 4.92. Beban aksial pada tiang pancang

Berdasarkan hasil analisa didapat beban aksial maksimum pada tiang pancang sebesar $1394,401 \text{ kN} = 139410 \text{ kg} \geq 144261 \text{ kg}$ (OK)

4.6.2.3. Perencanaan *Poer*

Poer direncanakan terhadap gaya geser *pons* pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur dengan data perencanaan sebagai berikut :

- P_{\max} (1 tiang) = 111925,18 kg
- P_u (kolom) = 1510283,33 kg
- Jumlah tiang pancang = 438 buah
- Dimensi *poer* = 69 x 69 x 1,25
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 392 MPa (Bj TS 40)
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 50 mm
- Kontrol geser *pons*
 - Akibat kolom

Perencanaan geser *pons* pada *poer* tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Kolom pedestal direncanakan berukuran 1200 x 1200 sehingga :

$$\beta = 1200/1200 = 1$$

$$d = 1250 - 50 - 0,5(22) = 1189 \text{ mm}$$

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

$$= 2(1200 + 1189) + 2(1200 + 1189) = 9556 \text{ mm}$$

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} x b_o x d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} x 9556 x 1189 x 9,81$$

$$= 3235339 \text{ kg}$$

$$V_{c2} = 0,083 x \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} x b_o x d$$

$$= 0,083 x \left(\frac{40 x 939}{9556} + 2\right) 1\sqrt{30} x 9556 x 1189 x 9,81$$

$$= 3673627 \text{ kg}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} x b_o x d$$

$$= 0,333 x 1 x \sqrt{30} x 9556 x 1189 x 9,81$$

$$= 2112486 \text{ kg (dipakai)}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 x 2112486$$

$$= 1584365 \text{ kg} \geq 1510283 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 95,32\%$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser *pons* akibat kolom.

– Akibat tiang pancang

$$\beta = 1$$

$$b_o = (\pi x (600 + 1189)) = 5620,31 \text{ mm}$$

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} x b_o x d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} x 5620,31 x 1189 x 9,81$$

$$= 1902847 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1189}{5620,31} + 2 \right) 1 \sqrt{30} \times 5620,31 \times 1189 \times 9,81 \\
 &= 31783555 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

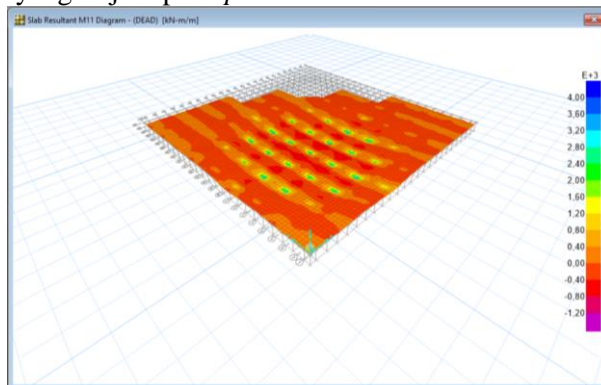
$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 5620,31 \times 1189 \times 9,81 \\
 &= 1242447,14 \text{ kg (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_c &= 0,75 \times 1242447,14 \\
 &= 931835,36 \text{ kg} \geq 144261,18 \text{ kg (OK)} \Rightarrow 15,48\%
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang pancang.

- Penulangan *poer*

Perhitungan gaya dalam pada *poer* didapat dengan menggunakan software SAFE. Berikut adalah gambar diagram momen yang terjadi pada *poer*.



Max = 3898,3662 kN-m/m at [42,5 m, 26,5 m]; Min = -953,7024 kN-m/m at [22,5 m, 34,5 m]

Gambar 4.93. Diagram momen pada *poer*

Berdasarkan hasil analisa didapat momen maksimum pada *poer* sebesar 3898,3662 kNm.

– Perhitungan tulangan *poer*

$$M_u = 3898,3662 \text{ kNm} = 3898366200 \text{ Nmm}$$

$$d = 1189 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85x f'_c} = \frac{392}{0,85x30} = 15,37$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{392} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25x\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25x\sqrt{30}}{392} = 0,0035$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0036,

$$R_n = \frac{M_n}{bxd^2} = \frac{3898366200}{3000x1189^2} = 0,9192 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,37} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x15,37x0,9192}{392}} \right) = 0,0024 < \rho_{\min}$$

sehingga dipakai $\rho = 0,0036$

$$A_{s \text{ min}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0036 \times 3000 \times 1189 = 12739,28 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{12739,28}{380,13} = 33,51$$

$$\text{Jarak max} = \frac{3000 - 2x50}{33,51 - 1} = 89,19 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan lentur D22 – 80

Karena *poer* berbentuk persegi maka tulangan arah x sama dengan tulangan arah y.

4.6.2.4. Ketahanan pondasi terhadap gaya lateral

– Faktor kekakuan relatif (t)

$$E = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{600} = 115126,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

$$= \frac{\pi 30^4}{4} = 636172,51 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \left(\frac{115126,02 \times 636172,51}{0,96}\right)^{\frac{1}{5}} = 150,14$$

- Koefisien defleksi (F_d) dan koefisien momen (F_M)
 $F_d = 0,95$ (kedalaman -4,5m dari permukaan tanah)
 $F_M = 0,9$ (kedalaman -4,5m dari permukaan tanah)
- Besarnya defleksi dan momen

$$d = F_d \left(\frac{PT^3}{EI}\right)$$

$$= 0,95 \left(\frac{1484,42 \times 150,14^3}{115126,02 \times 636172,51}\right) = 0,065 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm (OK)}$$

$$M = F_M(PT)$$

$$= 0,9(1484,42 \times 150,14)$$

$$= 200584 \text{ kgcm} = 2,006 \text{ tm} < 17 \text{ tm (OK)}$$

4.6.2.5. Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 pada pada kolom lantai 1, adalah :

$$M_u = 7891,34 \text{ kgm}$$

$$P_u = 1510283,33 \text{ kg}$$

- Data perencanaan kolom :

$$b = 1500 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$A_g = 2250000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 392 \text{ MPa (Bj TS 40)}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

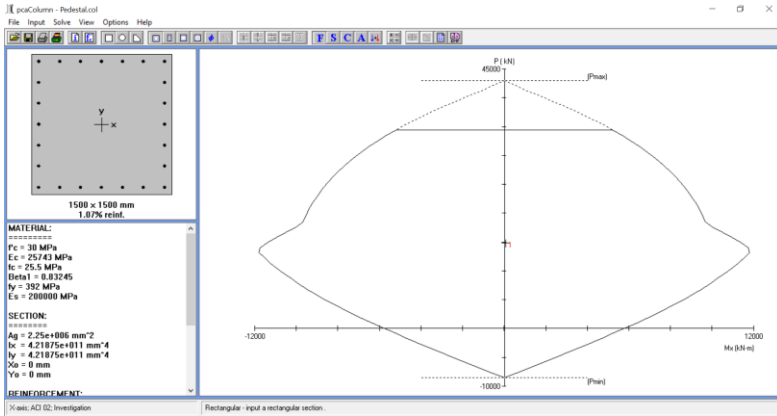
$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = D36 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1500 - (50 + 12 + 0,5 \cdot 36) = 1420 \text{ mm}$$

- Penulangan lentur pada kolom

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,07\%$



Gambar 4.94. Hasil analisis kolom pedestal

$$A_s = 0,0107 \times 1500 \times 1420 = 22791 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 24D36, $A_s = 24416,64 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

- Penulangan geser kolom

$$V_u = 347,29 \text{ kg}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{347,29 \times 9,81}{14 \times 1200 \times 1200} \right) 1 \sqrt{30} \times 1200 \times 1420 = 128215,54 \text{ kg} \\ \text{Ø}V_c &= 0,75 \times 128215,54 \\ &= 96161,65 \text{ kg} > V_u \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 300, sengkang dua kaki.

- Cek kekuatan kolom pedestal (SNI 2847 – 2013 Ps. 22.8)

Dimensi base plate : 1350 x 1350

Dimensi pedestal : 1500 x 1500

$$\begin{aligned} \sqrt{A_2/A_1} &= \sqrt{(1500 \times 1500) / (1350 \times 1350)} \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ø}B_n &= 0,85 f'_c A_1 \\ &= 0,85 \times 300 \times (135 \times 135) \times 1,11 \\ &= 5158586,25 \text{ kg} > 1510283,33 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol angkur ke pedestal

Berdasarkan hasil perhitungan pada bab sebelumnya didapat gaya tarik pada baut angkur $N_u = 101946,8$ kg.

Direncanakan :

$$\begin{aligned} db &= 30 \text{ mm} & fc' &= 300 \text{ kg/cm}^2 \\ Ab &= 7,07 \text{ cm}^2 & kc &= 10 \text{ (angkur di cor di dalam)} \\ nb &= 6 \text{ buah} & \lambda &= 0,85 \\ h_{ef} &= 75 \text{ cm} & ca &= 22,775 \text{ cm (jarak pusat baut ke tepi)} \end{aligned}$$

Kekuatan angkur untuk pembebanan tarik dikontrol sebagai berikut :

a. Kekuatan baja angkur dalam kondisi tarik

$$\begin{aligned} N_{sa} &= A_{se,N} \times f_{uta} \\ &= 7,07 \times 6 \times 8250 = 349894,88 \text{ kg} \\ \emptyset N_{sa} &= 0,8 \times 349894,88 = 279916 \text{ kg} > N_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

b. Kekuatan jebol beton angkur dalam kondisi tarik

$$\begin{aligned} A_{Nco} &= 9h_{ef}^2 \\ &= 9(75^2) = 50625 \text{ cm}^2 \\ N_b &= k_c \lambda_a \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1,5} \\ &= 10 \times 0,85 \sqrt{300} \times 75^{1,5} = 95625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{Nc} &= n \cdot A_{Nco} \\ &= 6 \times 50625 = 303750 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Psi_{ec,N} = 1$$

$$\begin{aligned} \Psi_{ed,N} &= 0,7 + 0,3 \frac{c_{a,min}}{1,5h_{ef}} \\ &= 0,7 + 0,3 \frac{22,775}{1,5 \times 75} = 0,76 \end{aligned}$$

$$\Psi_{c,N} = 1,25 \text{ (angkur dicor di dalam)}$$

$$\Psi_{cp,N} = 1$$

$$\begin{aligned} N_{cbg} &= \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \Psi_{ec,N} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \\ &= \frac{303750}{50625} \times 1 \times 0,76 \times 1,25 \times 1 \times 95625 = 545588,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset N_{cbg} = 0,8 \times 545588,44 = 436470,8 \text{ kg} > N_u \text{ (OK)}$$

c. Kekuatan cabut angkur

$$\begin{aligned} N_p &= 0,9fc' e_h d_a \\ &= 0,9 \times 300 \times 75 \times 3 = 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\Psi_{cp,N} = 1,4 \text{ (struktur beton tidak boleh retak)}$$

$$N_{pn} = \Psi_{cp,N} \times N_p \\ = 1,4 \times 60750 \times 6 = 510300 \text{ kg}$$

$$\emptyset N_{pn} = 0,8 \times 510300 = 408240 \text{ kg} > N_u \text{ (OK)}$$

d. Kekuatan ambrol muka samping beton

$$A_{brg} = 4A_b \\ = 4 \times 7,07 = 28,27 \text{ kg}$$

$$N_{sb} = (13c_{a1}\sqrt{A_{brg}})\lambda_a\sqrt{f'_c} \\ = (13 \times 22,775\sqrt{28,27})0,85 \times \sqrt{300} = 139068,49 \text{ kg}$$

$$\emptyset N_{sb} = 0,8 \times 139068,49 = 111254,8 \text{ kg} > N_u \text{ (OK)}$$

Berdasarkan hasil analisa di atas dapat disimpulkan bahwa kolom pedestal mampu menahan gaya tarik akibat angkur.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan pada tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan struktur pada sistem lantai integral baja yaitu gedung CIMB Tower Semarang yang menggunakan sistem penahan gempa 100% shearwall pada tanah lunak, dibebani menurut SNI 1727-2013 telah memenuhi 5 kontrol gempa SNI 1726-2012 dan kuat menerima beban gravitasi. Perancangan detail struktur baja mengacu pada SNI 1792-2015.
2. Dimensi modular lantai 8x8m terdiri dari: pelat lantai bondek 9 cm, 3 balok tengah dan balok tepi di semua sisi. Balok berupa rangka batang dibagi 2 segmen. Profil rangka batang tersebut yaitu:
 - Balok tepi tengah (A) double box 100 x 50 x 5
 - Balok tepi tengah (B) double box 50 x 30 x 2,5
 - Balok tepi tepi (A) box 100 x 100 x 4
 - Balok tepi tepi (B) box 50 x 50 x 2,5
 - Balok miring (A) box 100 x 100 x 4
 - Balok miring (B) box 100 x 50 x 2,5
 - Balok tengah (A) box 60 x 60 x 3
 - Balok tengah (B) box 40 x 40 x 2,5
3. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output SAP2000. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las pada modular lantai dan baut pada modular lantai dengan kolom dan antar kolom.
4. Metode pelaksanaan dalam tugas akhir ini meliputi:
 - a. Pabrikasi modular di industri
 - b. Transportasi modular menuju lokasi proyek
 - c. Penanganan dan ereksi modular di lokasi proyek
 - d. Perakitan antar modular di lokasi layan
 - e. Finishing dan pembersihan

5. Hasil perhitungan struktur bawah:
 - a. Dinding basement
 - Tebal 30 cm
 - Tulangan lentur D22 – 125
 - Tulangan bagi D22 – 750
 - b. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. WIKA Beton dengan $d = 60$ cm (tipe A1) dengan kedalaman 42 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standart Penetration Test*).
 - c. Poer menggunakan mat foundation:
 - Tebal 1,25 m
 - Tulangan arah x dan y D22 – 80
 - d. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1500 mm x 1500 mm, dengan tulangan utama 24D36 dan tulangan geser $\text{Ø}12 - 300$.

5.2. Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan:

1. Masih perlu lagi pengembangan sistem lantai pabrikasi integral ini agar lebih efisien lagi dalam penggunaannya, serta lebih mudah dalam pengaplikasiannya.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan teknologi pabrikasi agar lebih efisien dalam penggunaannya, sehingga para pelaku dunia konstruksi lebih mudah dalam mengaplikasikan metode pabrikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. 2011. **Design Examples 14.1**. America: AISC
- Board Sustainable Building, 2012. **T30A Tower Hotel Technical Briefing**. Changsa: BROAD Group.
- Board Sustainable Building. 2013. **BSB Configuration Guide**. Changsa: BROAD Group.
- Bruneau, Michael., Uang, Chia-Ming., dan Sabelli, Rafael. 1998. **Ductile Design of Steel Structures**. United States: The McGraw-Hill Companies.
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat. 2013. **BSB Prefabricated Method**. Cichago: Illinois Institute of Technology.
- Dewobroto, Wiryanto. 2005. "Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover". **Proceeding Civil Engineering National Conference**. Semarang, 17-18 Juni 2015.
- Mochtar, Indrasurya B. 2002. **Perencanaan Tiang Pancang**. Surabaya: ITS.
- Lam, Dennis., Ang, Thien-Cheong., dan Chiew, Sing-Ping. 2004. **Structural Steelwork**. Oxford: Elsevier.
- Marwan., dan Isdarmanu. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I**. Surabaya: ITS.
- Rahman, Arief. 2005. **Prinsip dan Gambaran Umum Konstruksi Prefabrikasi**. Bahan Kuliah: Struktur Konstruksi.
- Salmon, Charles G., dan Johnson, John E. 1995. **Struktur Baja Desain dan Perilaku**. Jakarta: Erlangga.
- Salmon, Charles G., dan Johnson. 1996. **Steel Stuctures Design and Behavior**. America: Harper Collins
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD**. Jakarta: Erlangga.

- Standard Nasional Indonesia. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standard Nasional Indonesia. 2013. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standard Nasional Indonesia. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standard Nasional Indonesia. 2015. **Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DENAH LANTAI 1

SKALA

1 : 500

NO. LEMBAR

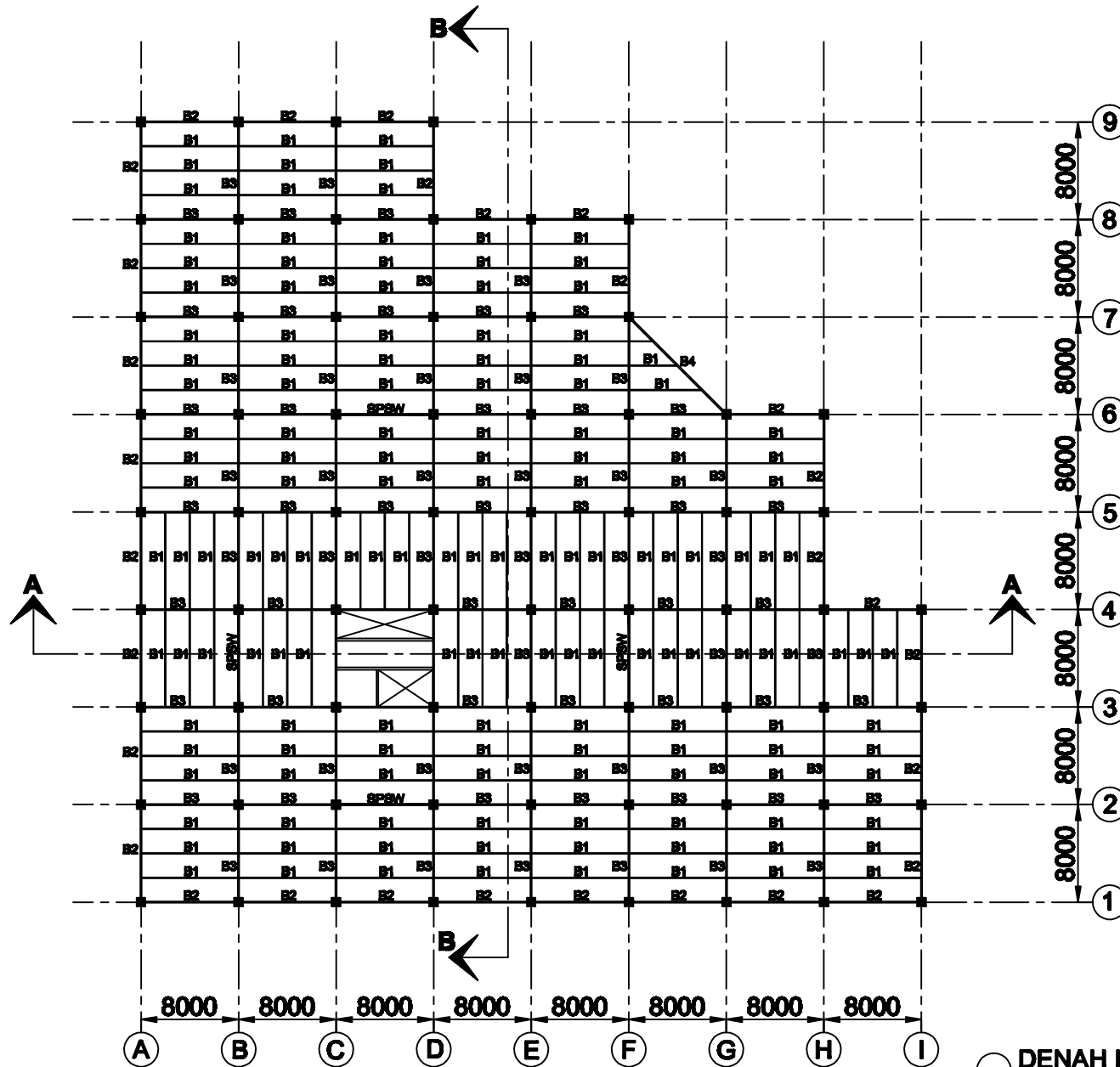
TOTAL

01

22

CATATAN

B1 = Balok Tengah
B2 = Balok Tepi Tepi
B3 = Balok Tepi Tengah
B4 = Balok Miring



DENAH LANTAI 1
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DENAH LANTAI 2

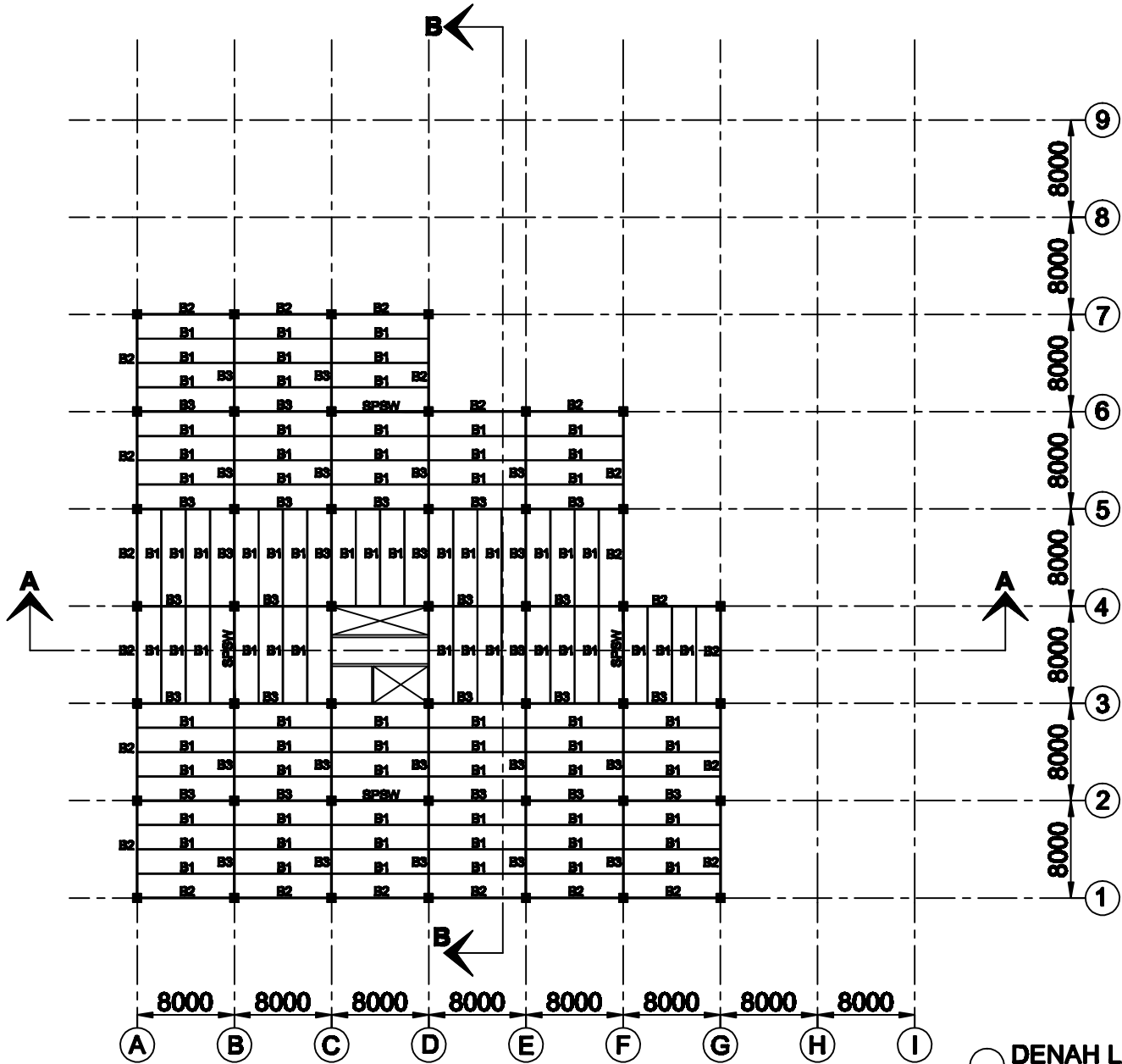
SKALA

1 : 500

NO. LEMBAR	TOTAL
02	22

CATATAN

B1 = Balok Tengah
B2 = Balok Tepi Tepi
B3 = Balok Tepi Tengah
B4 = Balok Miring



DENAH LANTAI 2
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DENAH LANTAI 3, 5, 7, 9,
11, 13, 15, 17, 19, 21, 23

SKALA

1 : 500

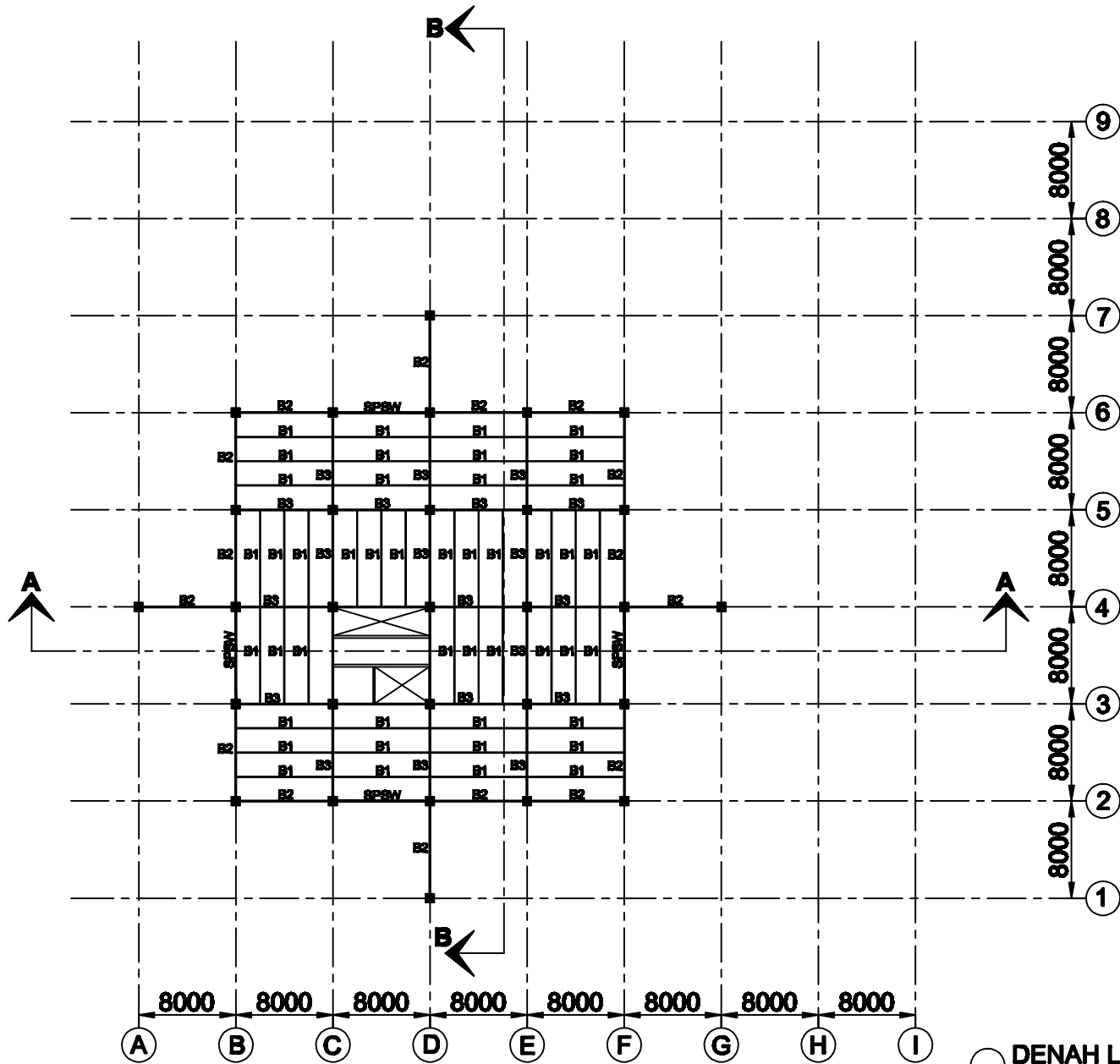
NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

03

22

CATATAN

B1 = Belok Tengah
B2 = Belok Tepi Tepi
B3 = Belok Tepi Tengah
B4 = Belok Miring



DENAH LANTAI GANJIL
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DENAH LANTAI 4, 6, 8,
10, 12, 14, 16, 18, 20, 22

SKALA

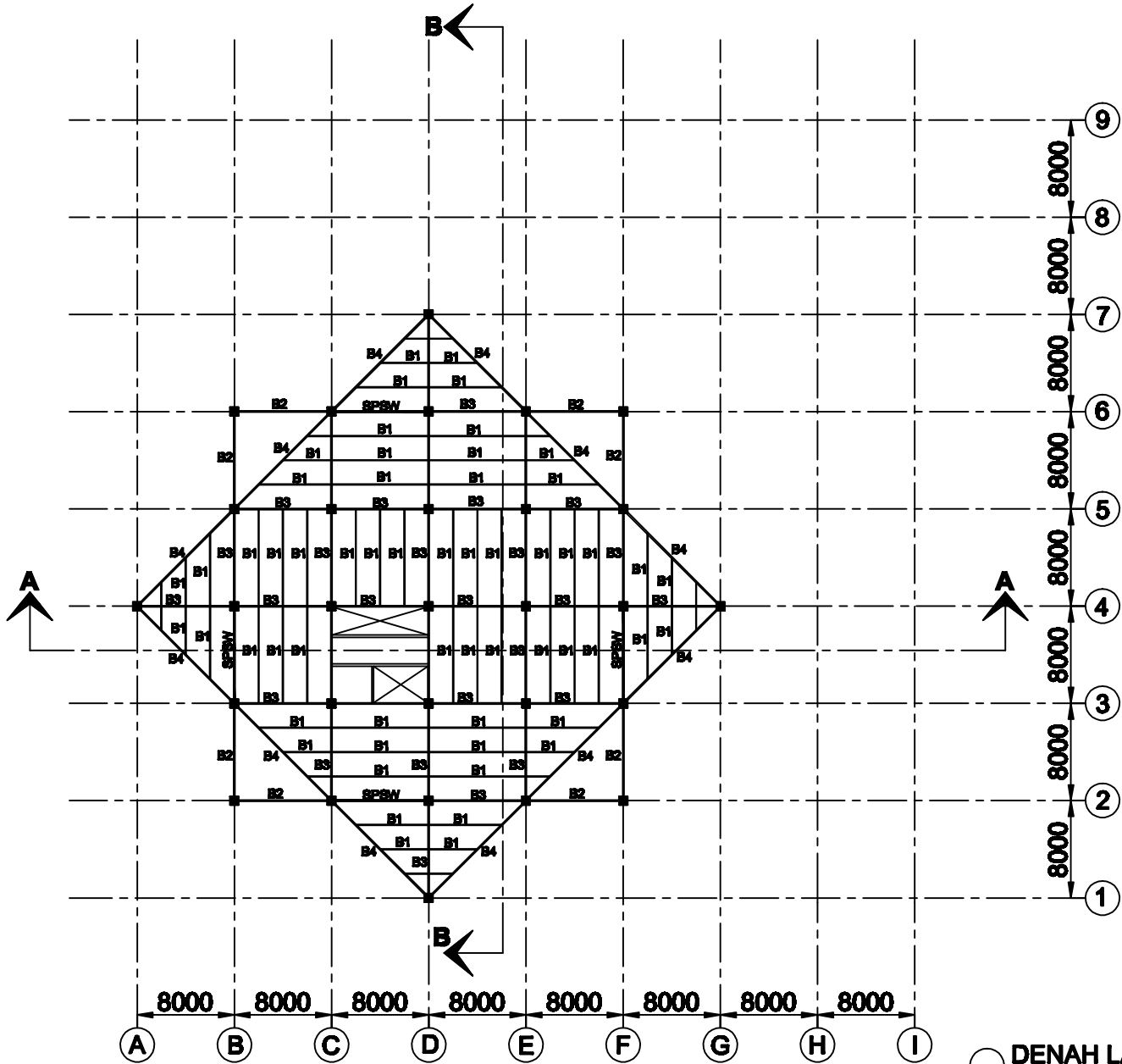
1 : 500

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

04	22
----	----

CATATAN

B1 = Balok Tengah
B2 = Balok Tepi Tepi
B3 = Balok Tepi Tengah
B4 = Balok Miring



DENAH LANTAI GENAP
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

POTONGAN A-A

SKALA

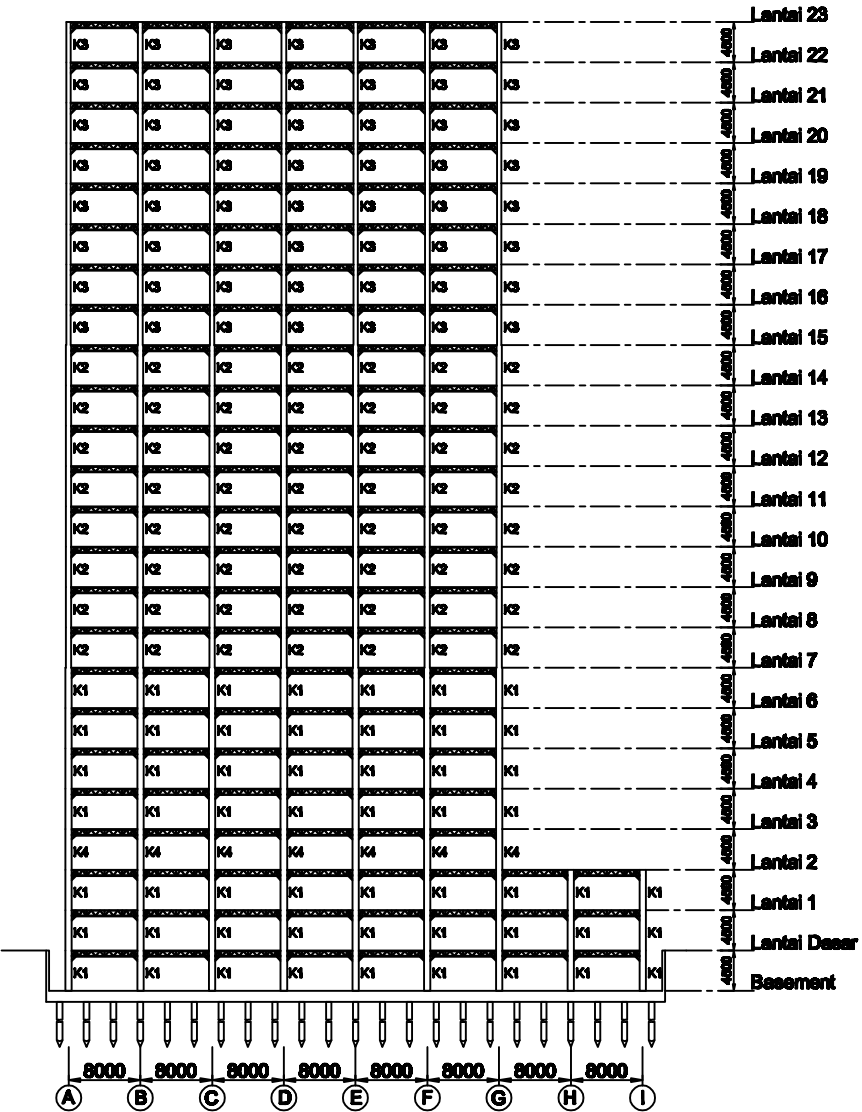
1 : 800

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

05

22

CATATAN



K1 = CFT 700 x 700 x 25 x 25
K2 = CFT 800 x 800 x 19 x 19
K3 = CFT 500 x 500 x 25 x 16
K4 = CFT 700 x 700 x 40 x 40

POTONGAN A-A
SKALA 1 : 800



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

POTONGAN B-B

SKALA

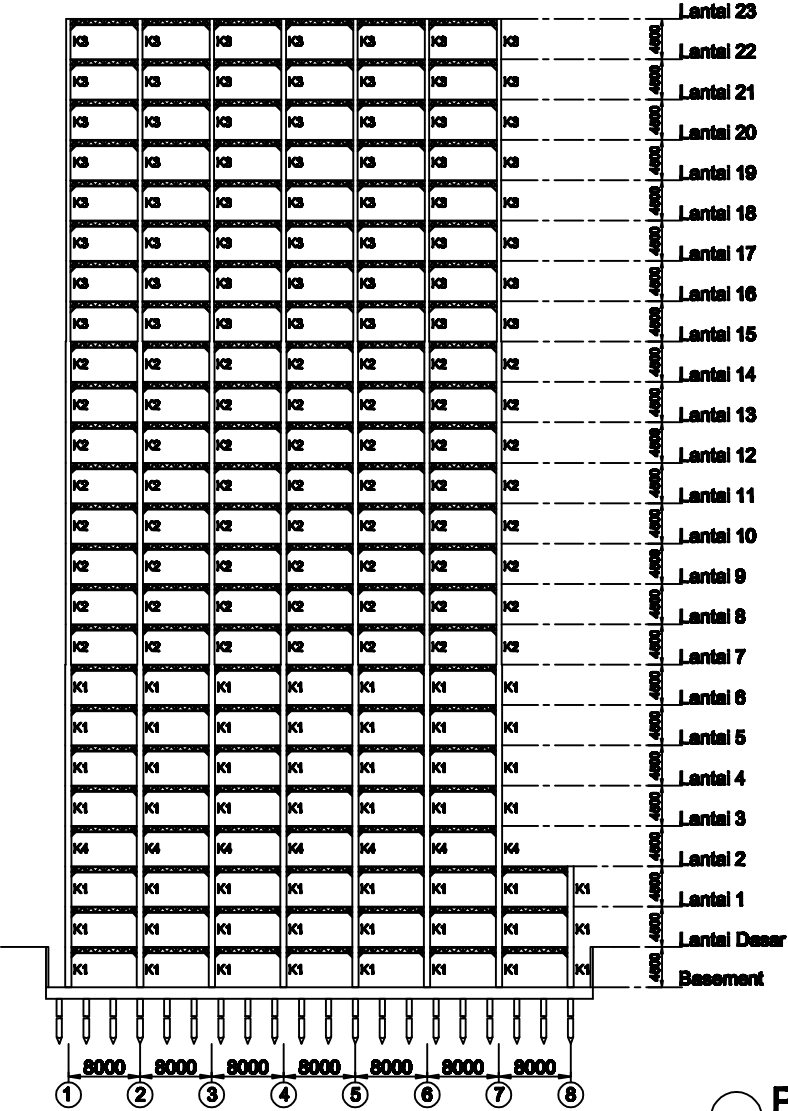
1 : 800

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

06

22

CATATAN



K1 = CFT 700 x 700 x 25 x 25
K2 = CFT 600 x 600 x 19 x 19
K3 = CFT 500 x 500 x 25 x 16
K4 = CFT 700 x 700 x 40 x 40

POTONGAN B-B
SKALA 1 : 800



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., P.h.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

PERSPEKTIF LANTAI

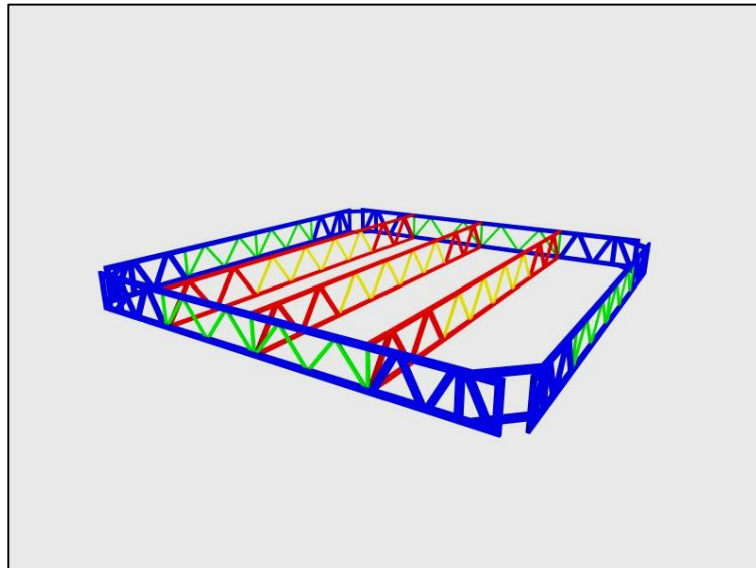
SKALA

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

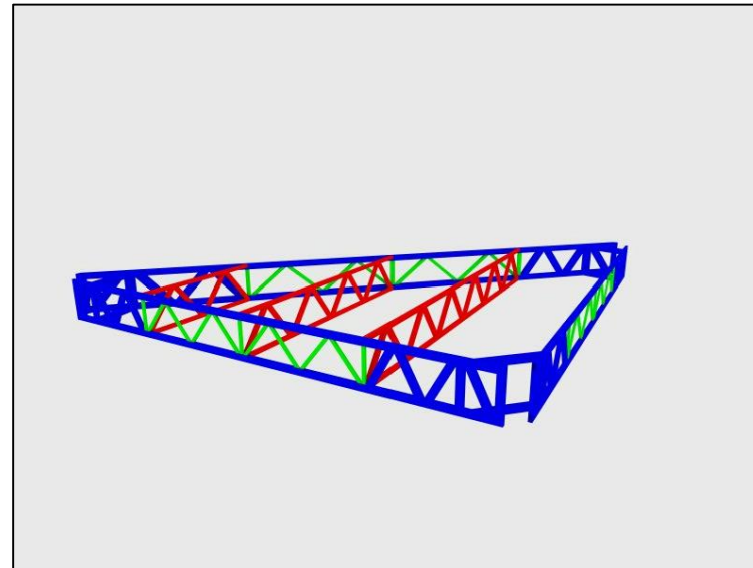
07

22

CATATAN



 **LANTAI INTEGRAL A**



 **LANTAI INTEGRAL B**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DENAH TANGGA DAN
POTONGAN TANGGA

SKALA

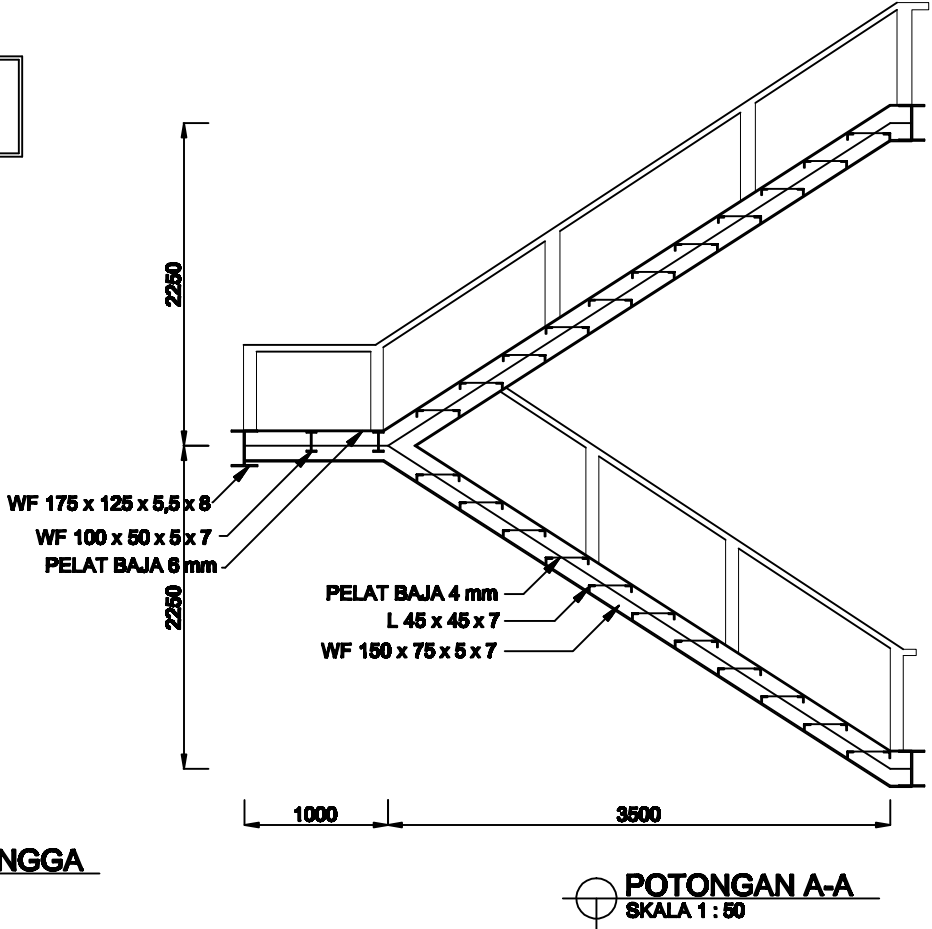
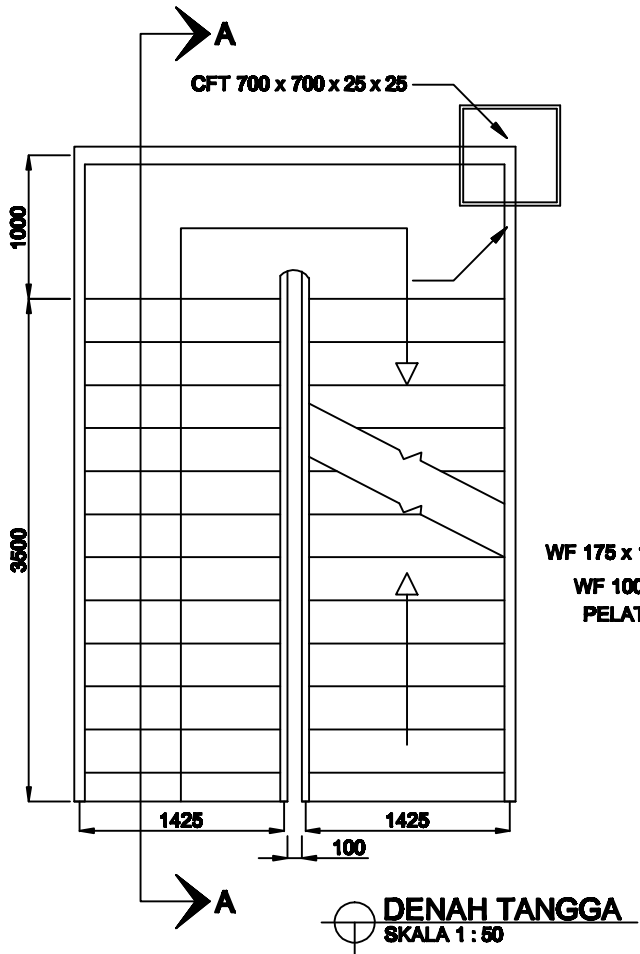
1 : 50

NO. LEMBAR TOTAL

08

22

CATATAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DETAIL TANGGA

SKALA

1 : 5

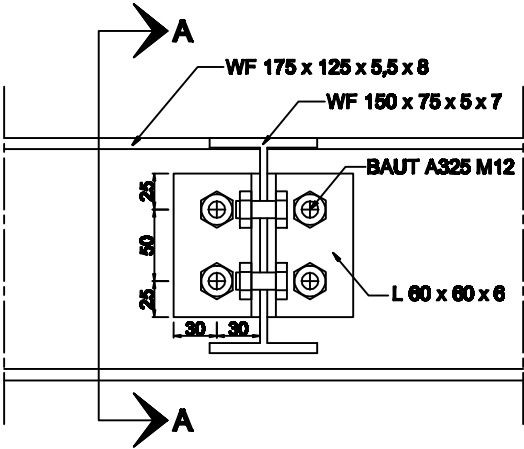
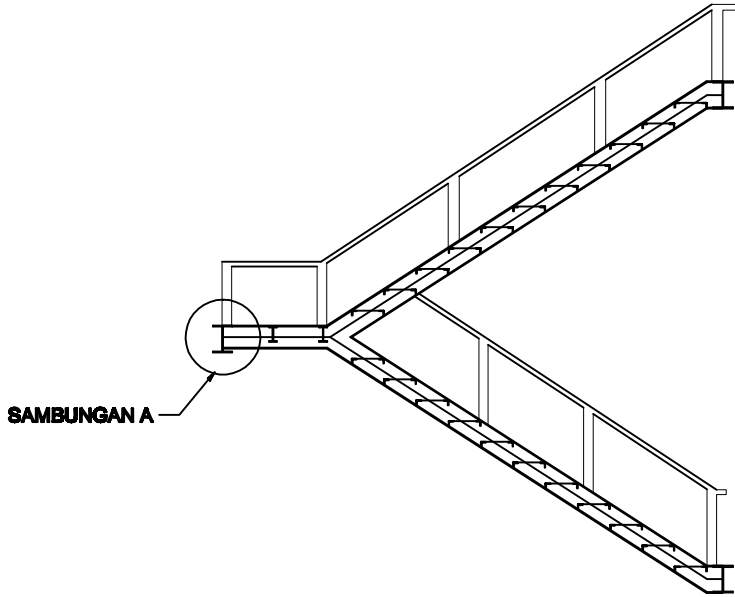
NO. LEMBAR

TOTAL

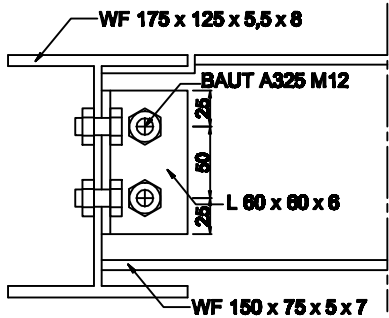
09

22

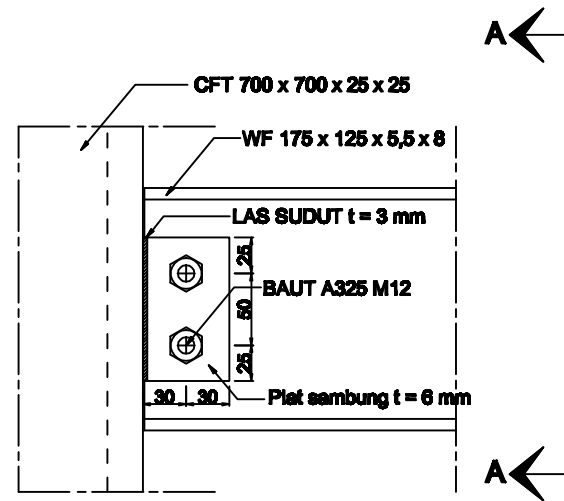
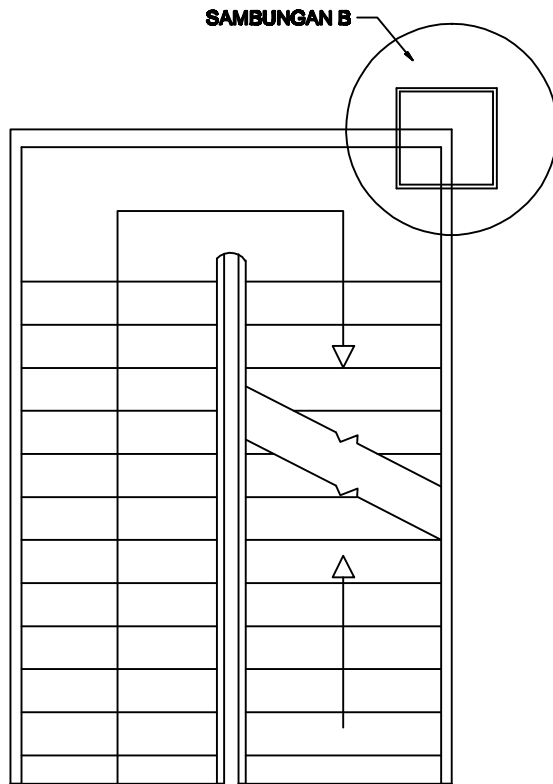
CATATAN



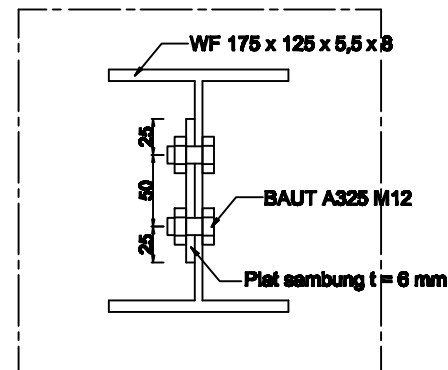
SAMBUNGAN A
SKALA 1 : 5



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN A
SKALA 1 : 5



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 5



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN TANGGA
DENGAN KOLOM

SKALA

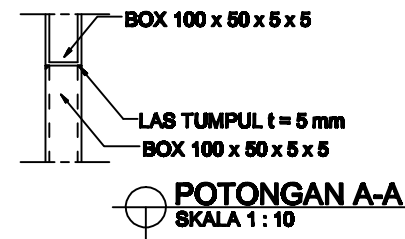
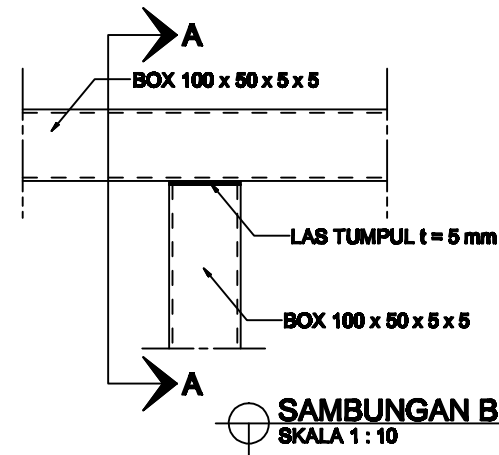
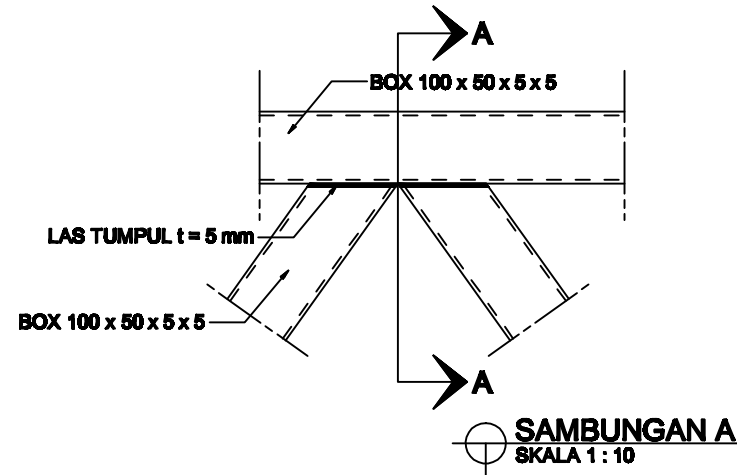
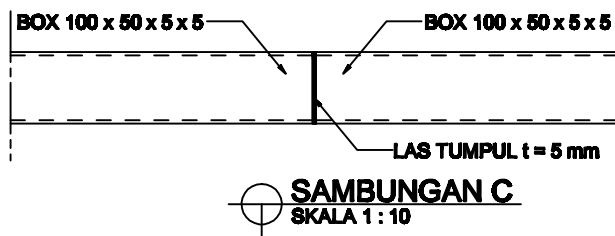
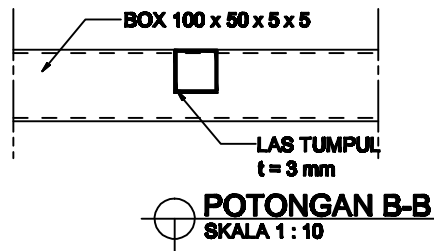
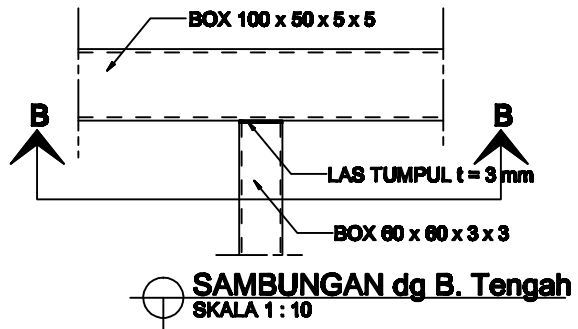
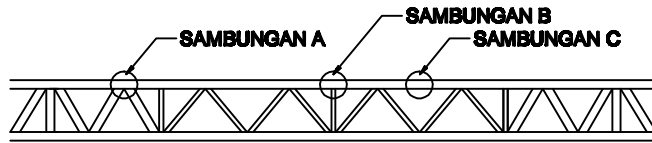
1 : 5

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

10

22

CATATAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DETAIL BALOK LANTAI
INTEGRAL

SKALA

1 : 10

NO. LEMBAR

11

TOTAL

22

CATATAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DETAIL PENGAKU

SKALA

1 : 10

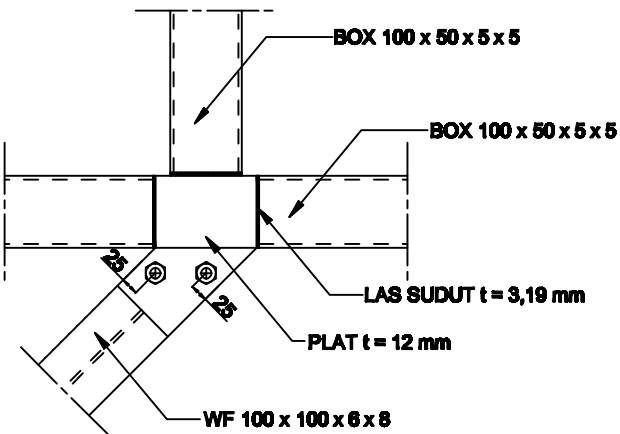
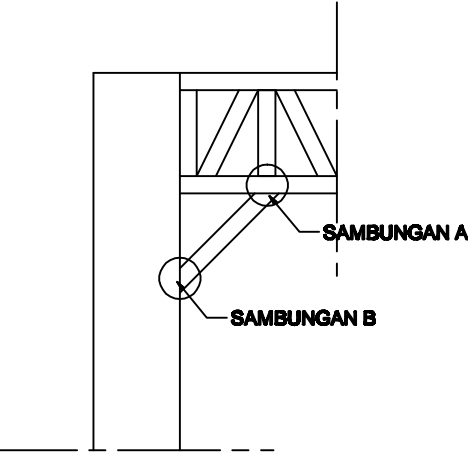
NO. LEMBAR

TOTAL

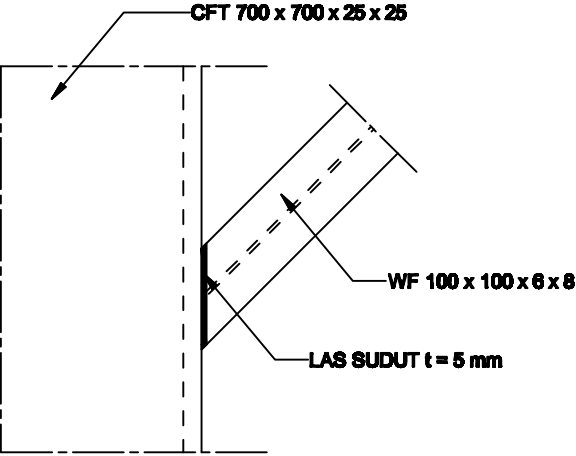
12

22

CATATAN



SAMBUNGAN A
SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN B
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN LANTAI
DENGAN KOLOM

SKALA

1 : 10

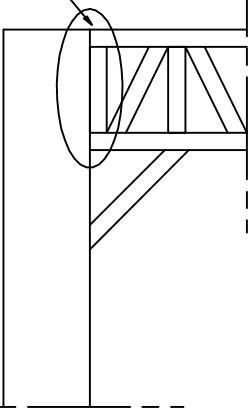
NO. LEMBAR TOTAL

13

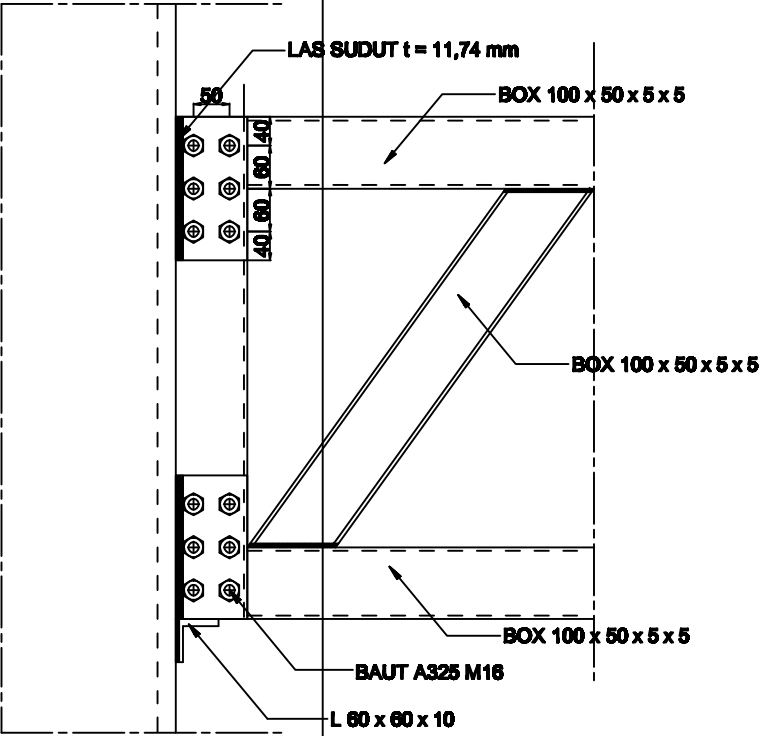
22

CATATAN

SAMBUNGAN A



A ←



A ←

SAMBUNGAN A
SKALA 1 : 10

CFT 700 x 700 x 25 x 25

Plat sambung t = 10 mm

BOX 100 x 50 x 5 x 5

BAUT A325 M16

LAS SUDUT t = 5 mm

L 60 x 60 x 10

40
60
40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN ANTAR
KOLOM

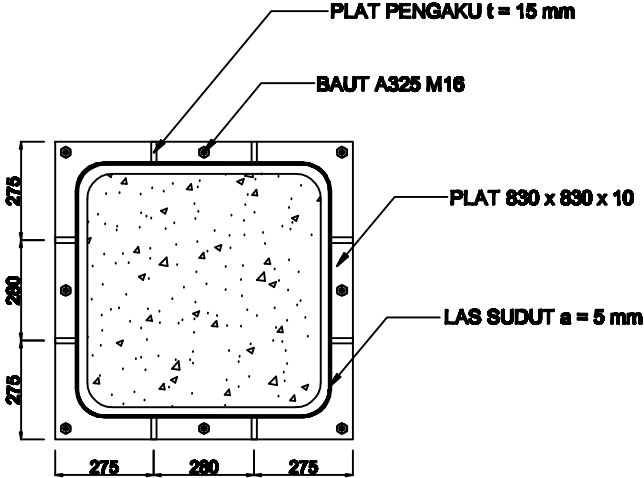
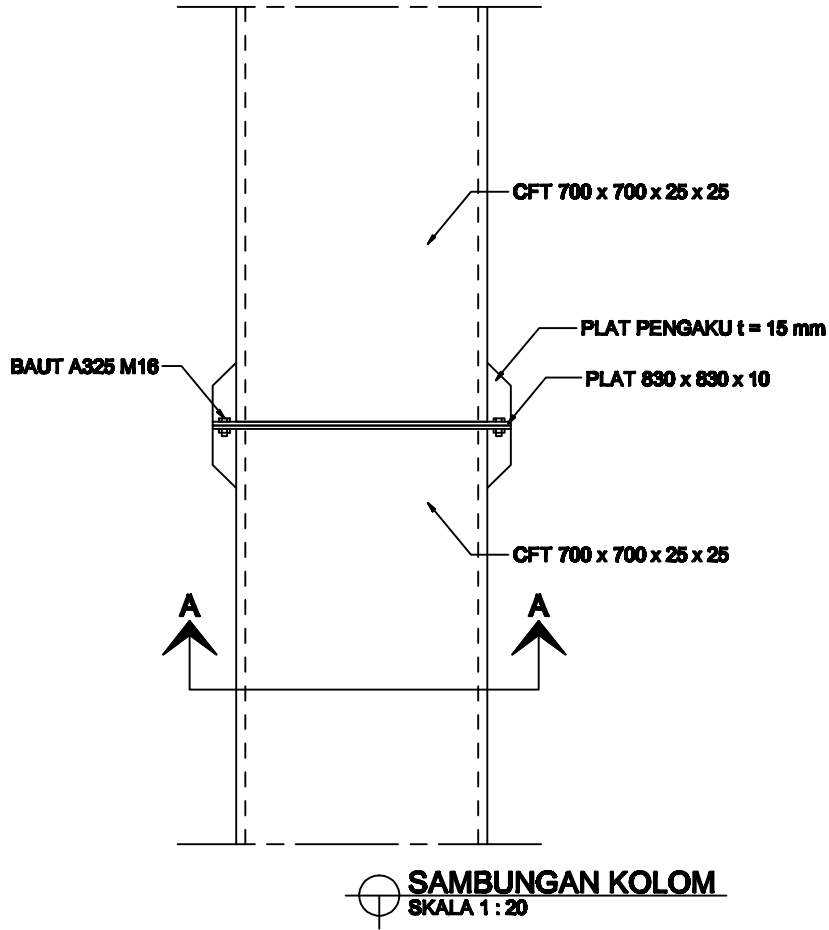
SKALA

1 : 20

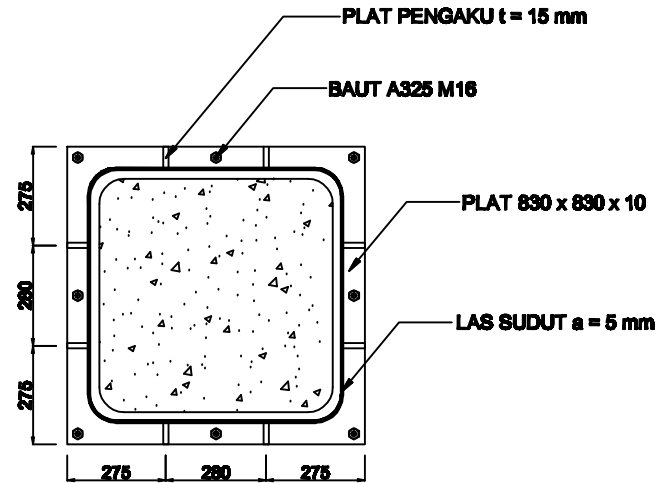
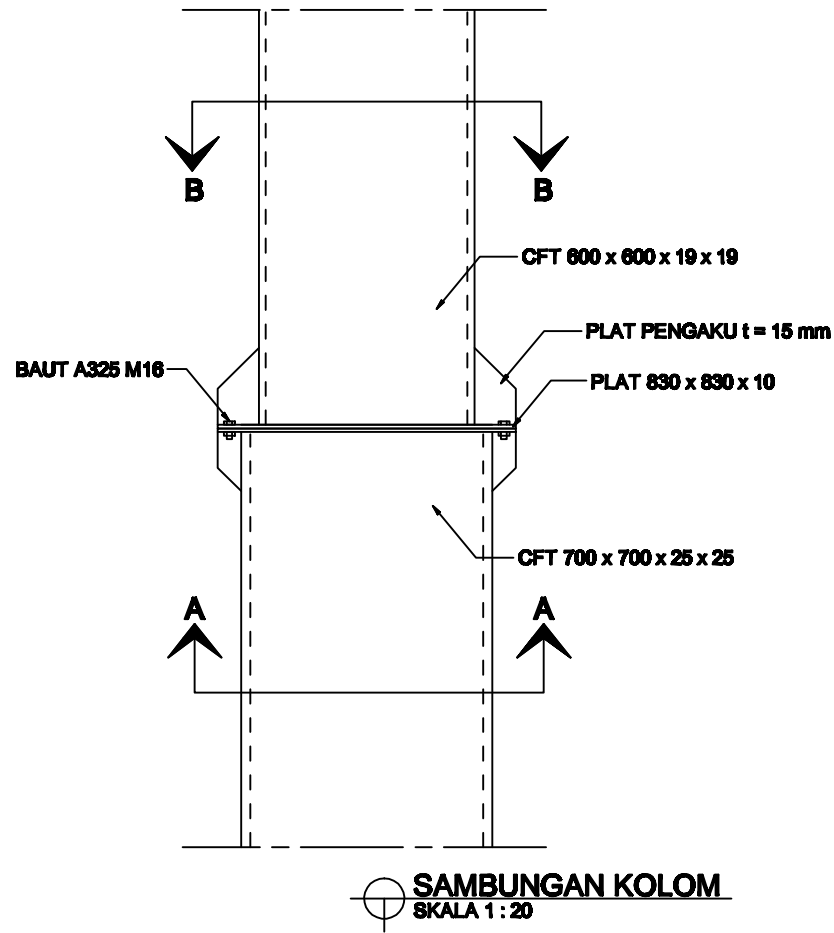
NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

14	22
----	----

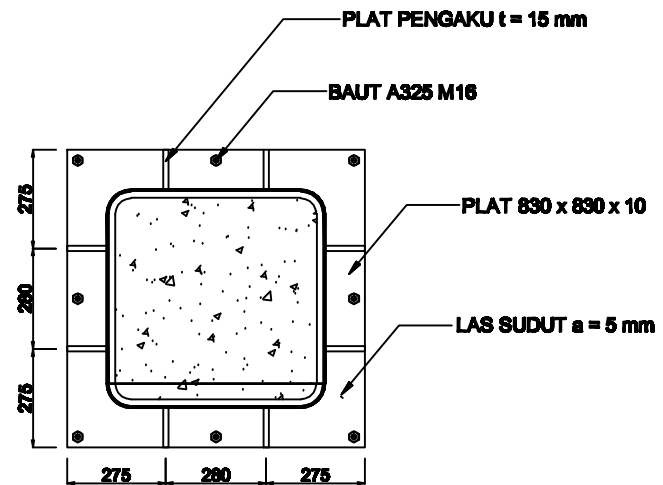
CATATAN



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 20



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 20



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN ANTAR
KOLOM

SKALA

1 : 20

NO. LEMBAR

TOTAL

15

22

CATATAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM
DENGAN SPSW

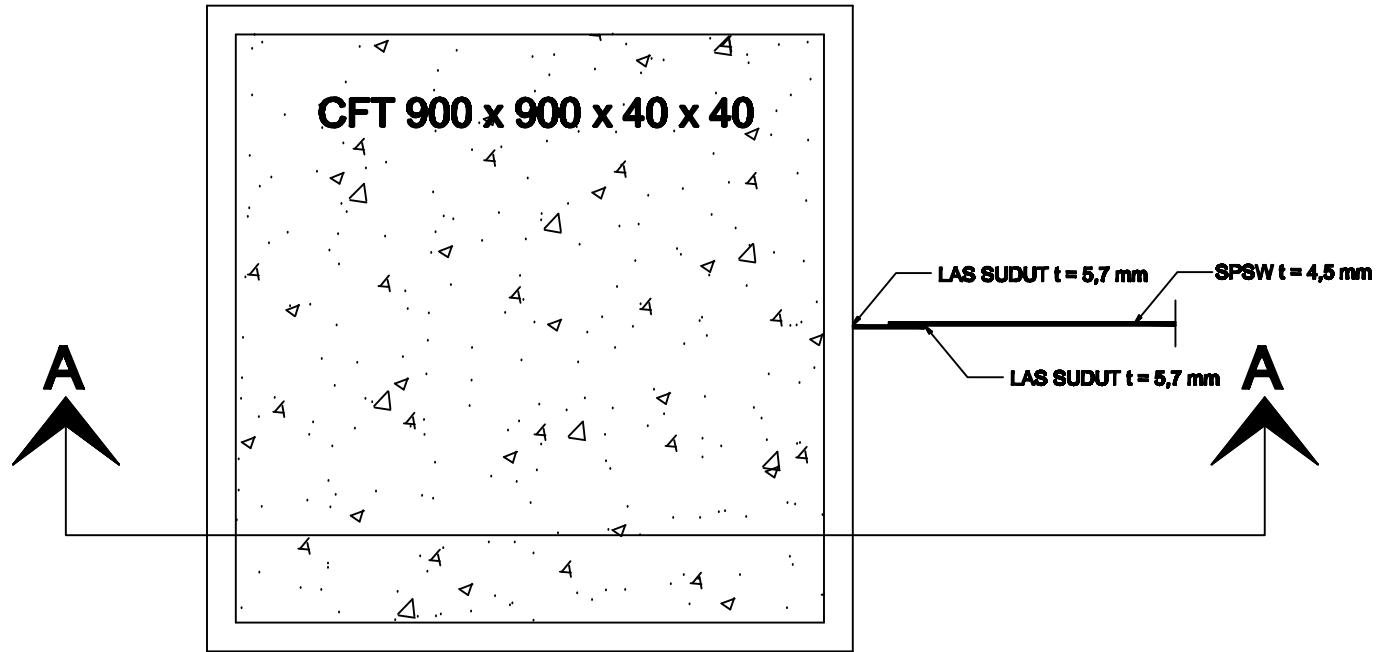
SKALA

1 : 10

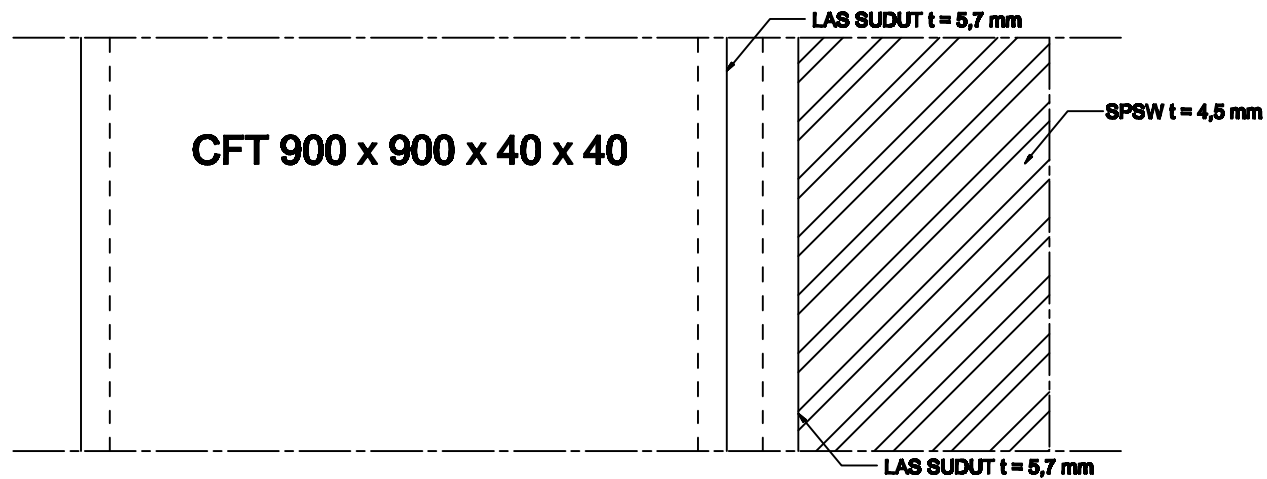
NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

16	22
----	----

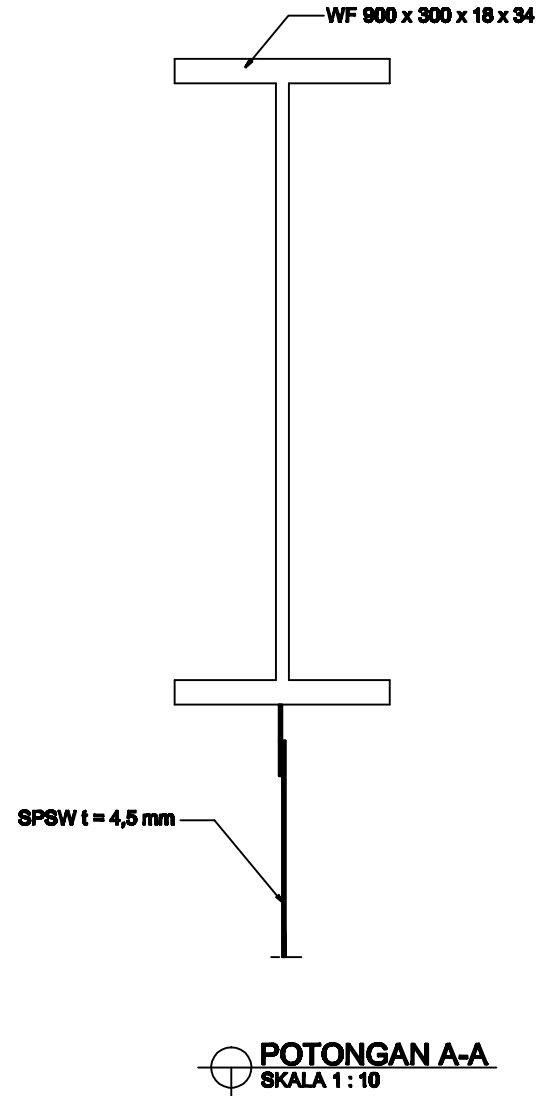
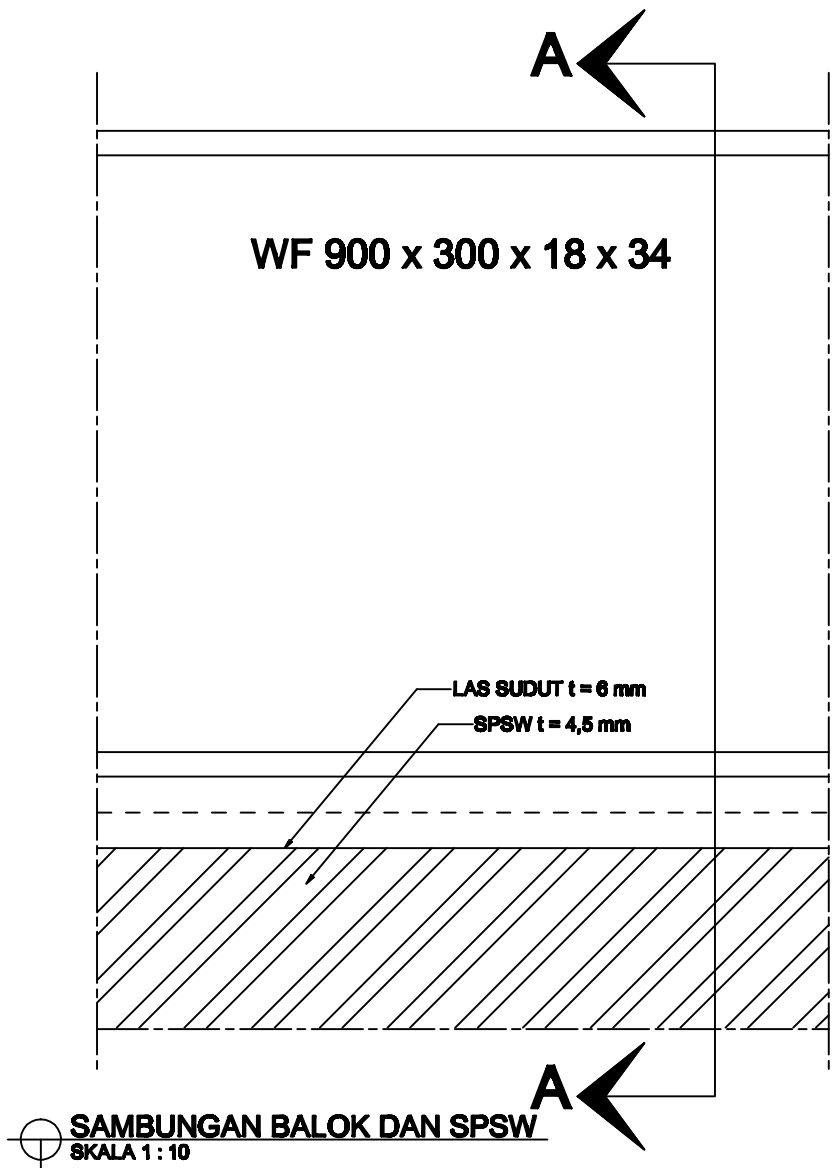
CATATAN



SAMBUNGAN KOLOM DAN SPSW
SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
DENGAN SPSW

SKALA

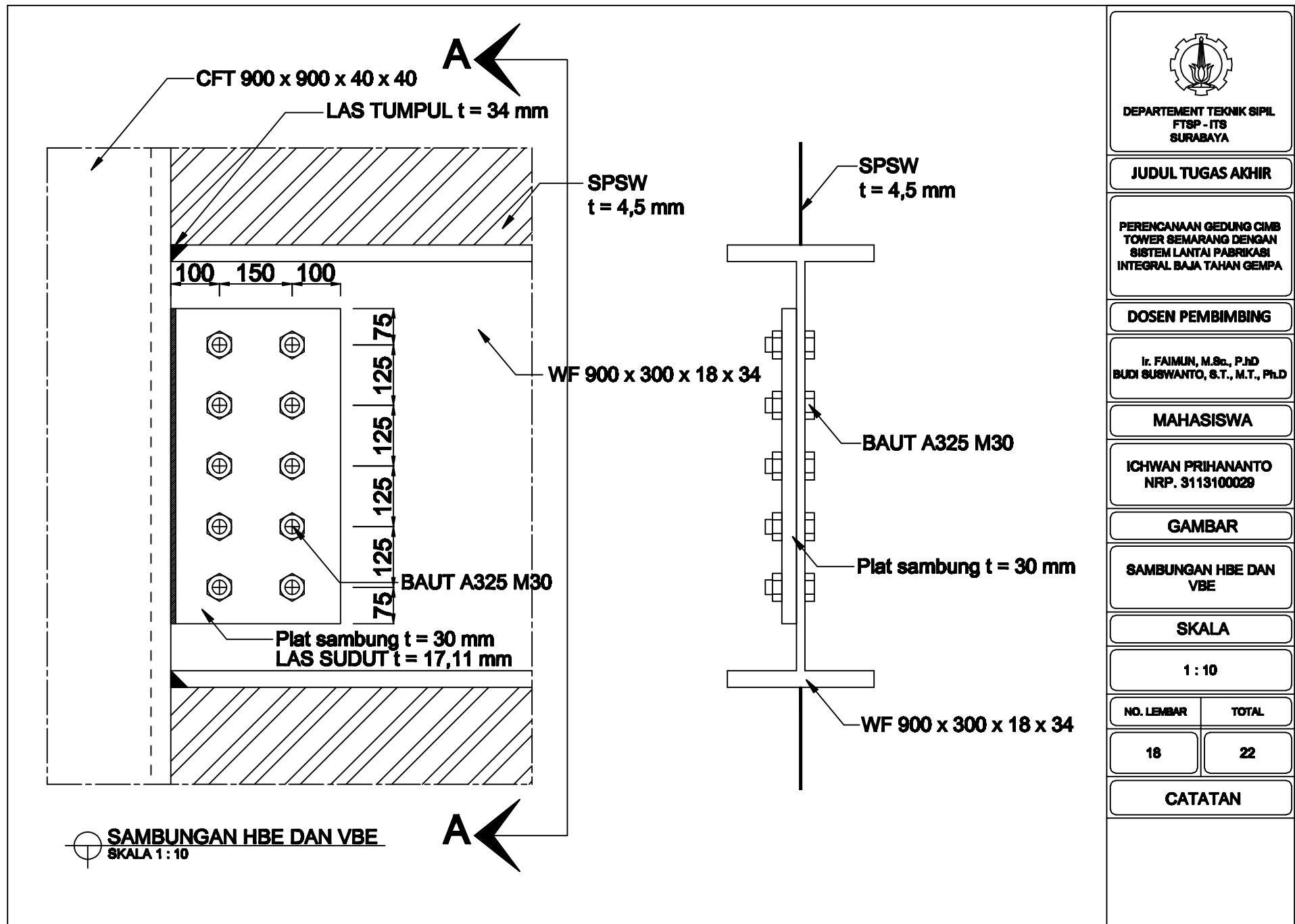
1 : 10

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

17

22

CATATAN



SAMBUNGAN HBE DAN VBE
 SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

SAMBUNGAN BASE
PLATE

SKALA

1 : 20

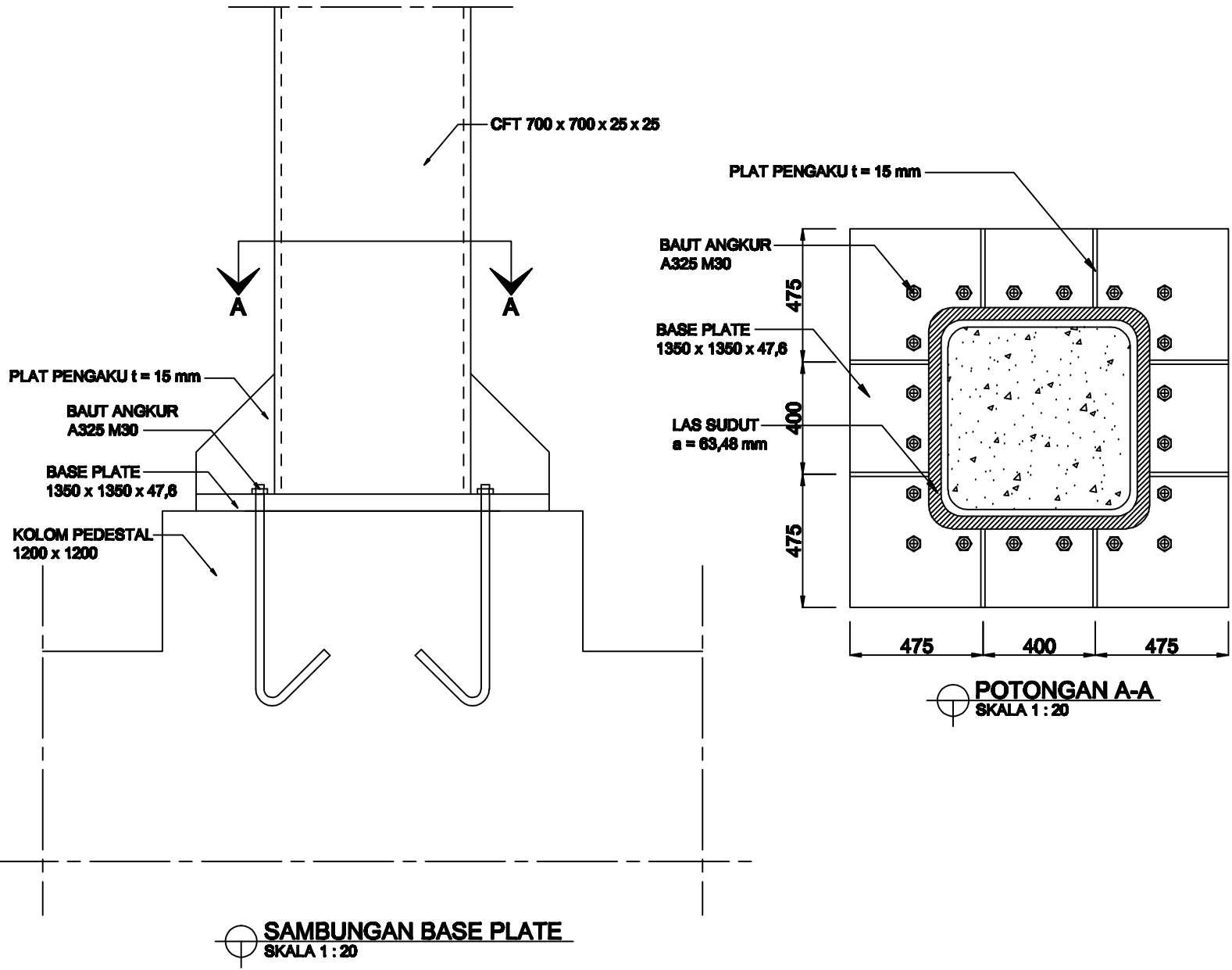
NO. LEMBAR

TOTAL

19

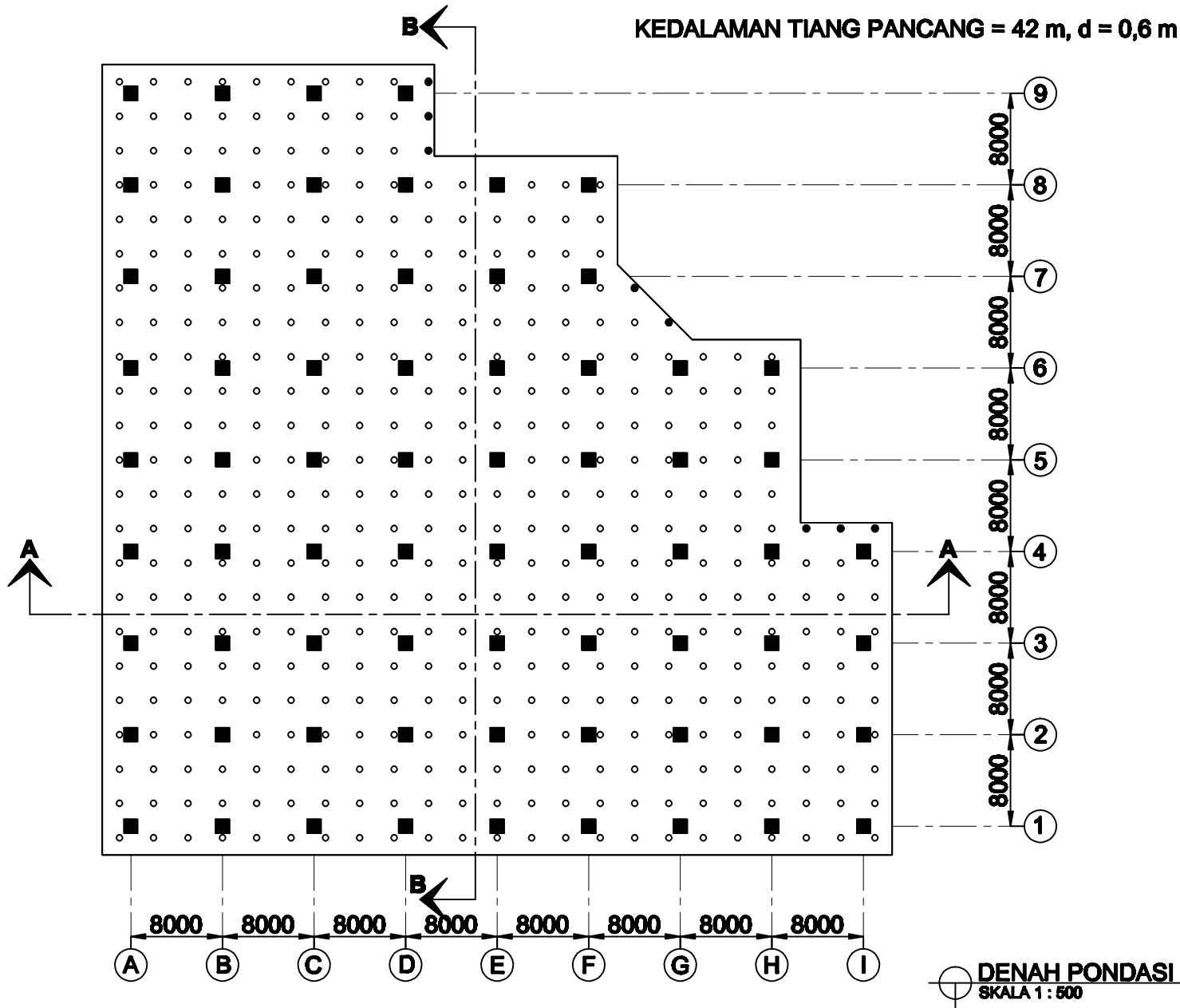
22

CATATAN



SAMBUNGAN BASE PLATE
SKALA 1 : 20

POTONGAN A-A
SKALA 1 : 20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DENAH LANTAI 1

SKALA

1 : 500

NO. LEMBAR

20

TOTAL

22

CATATAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., Ph.D
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

DETAIL PONDASI

SKALA

1 : 350

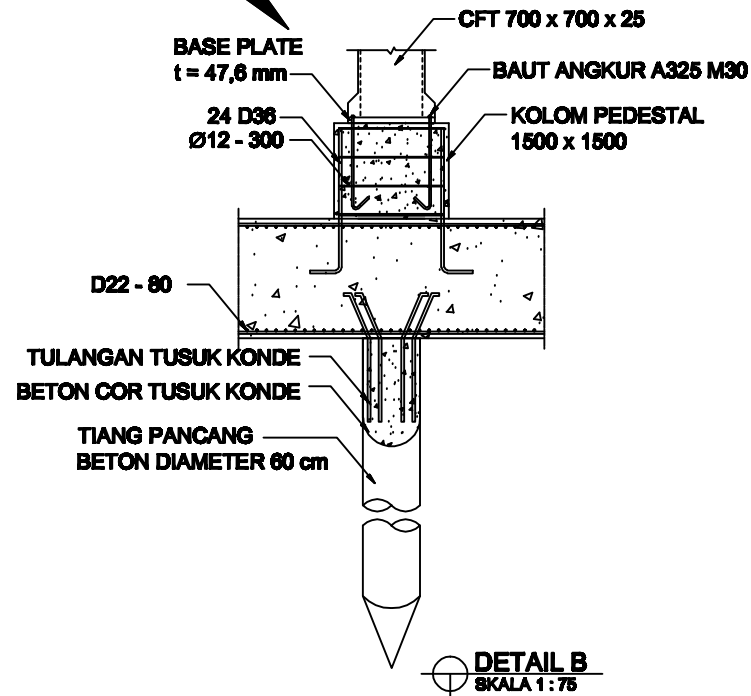
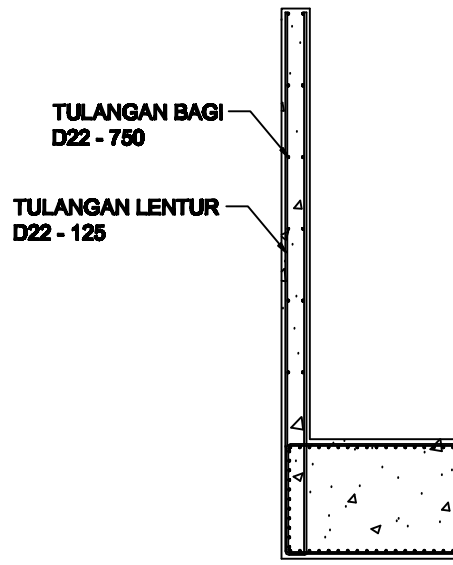
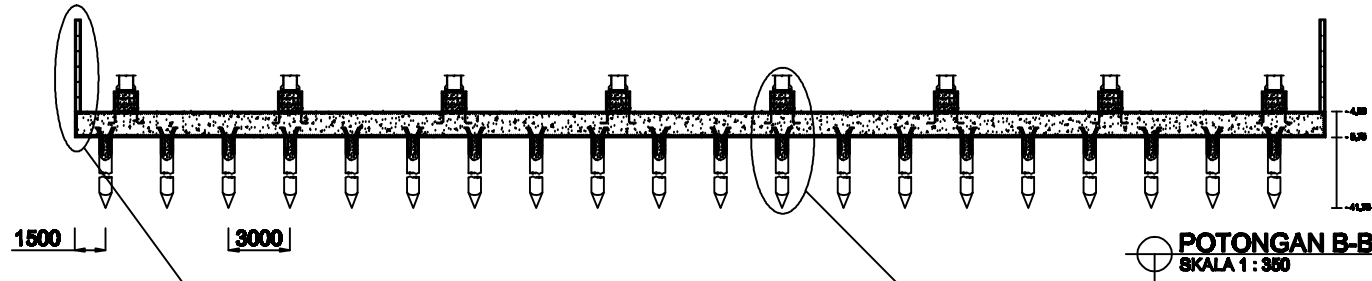
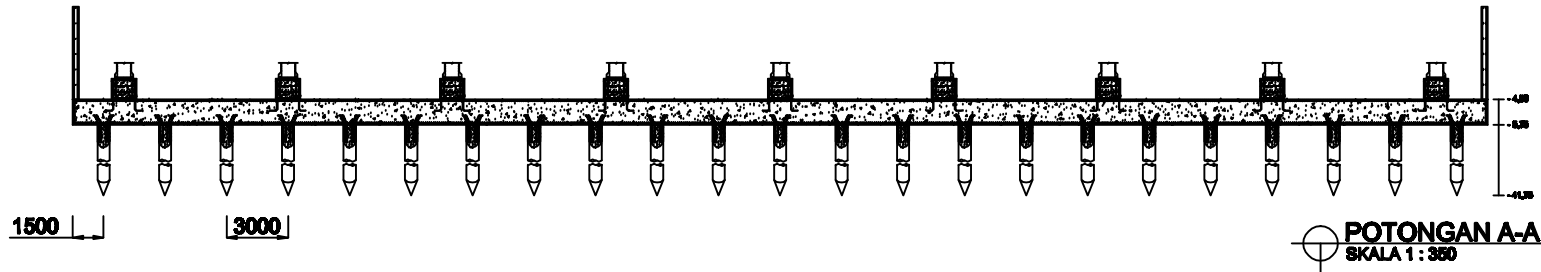
NO. LEMBAR

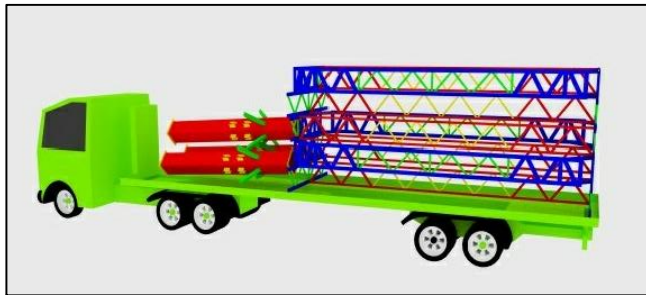
TOTAL

21

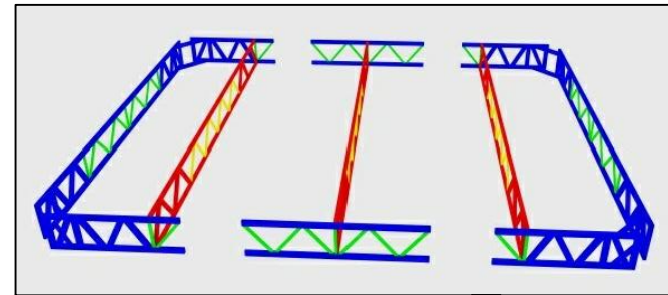
22

CATATAN

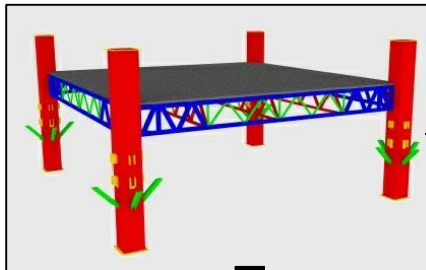




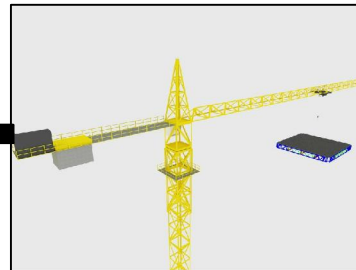
PROSES TRANSPORTASI



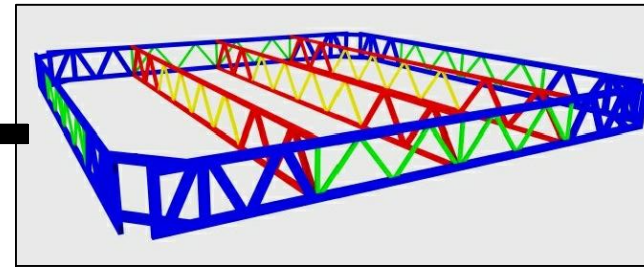
BAGIAN MODULAR DILAS MENJADI 1 MODULAR



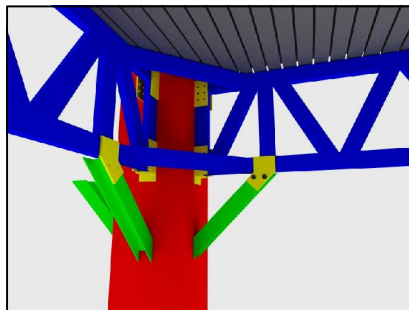
MEMPOSISIKAN MODULAR



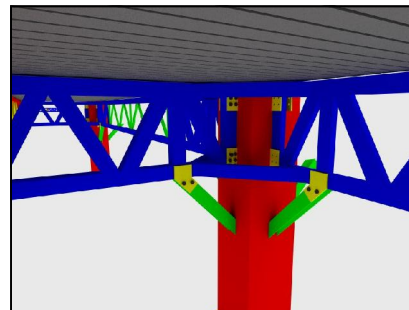
PENGANGKATAN MODULAR



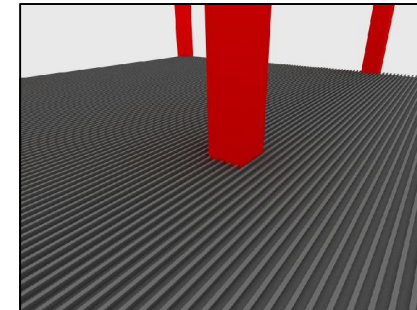
MODULAR LANTAI INTEGRAL



MENYAMBUNG MODULAR DENGAN PENGAKU



MENYAMBUNG MODULAR DENGAN KOLOM



SELESAI



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG CIMB
TOWER SEMARANG DENGAN
SISTEM LANTAI PABRIKASI
INTEGRAL BAJA TAHAN GEMPA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FAIMUN, M.Sc., P.hD
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D

MAHASISWA

ICHWAN PRIHANANTO
NRP. 3113100029

GAMBAR

METODE PELAKSANAAN

SKALA

NO. LEMBAR	TOTAL
------------	-------

22	22
----	----

22	22
----	----

CATATAN

DRILLING LOG

HOLE NO.

BH2

Project	JASA KONSULTASI UNTUK PEK. STRUKTUR, SIPIL DAN MEKANIKAL CNG PLANT	Type of Drilling	Wash Boring	Coordinat
Location	INDONESIA POWER UBP SEMARANG	Driller	karsun	X
Date	23-26 Januari 2013	Supervisor	Sutrisna	Y
GWL	0,5 m			Z

Depth	Sampling	Symbol	Soil Description	N1 (0-15CM)	N2 (15-30CM)	N3 (30-45CM)	N-SPT	SPT Curve	Soil Laboratory Results								
									γ_w t/m ³	Gs	W %	LL %	PL %	Type	C kg/cm ²	ϕ	
0,0			TIMBUNAN PASIR DAN GRAVEL (0,0M-0,50M)														
0,5																	
1,0																	
1,5																	
2,0	SPT 1 2.00-2.45	SP	PASIR halus, hitam kecoklatan, kepadatan lepas hingga sedang padat	3	4	6	10										
2,5																	
3,0																	
3,5																	
4,0	SPT 2 4.00-4.45		kepadatan sedang padat	3	5	7	12										
4,5																	
5,0																	
5,5	UDS1 5.50-6.00	CH	LEMPUNG kelanauan, warna abu-abu, plastisitas tinggi						1,639	2,595	52,80	84,21	33,35	UU	0,405	6,238	
6,0	SPT 3 6.00-6.45		konsistensi lunak	1	1	2	3										
6,5																	
7,0																	
7,5	UDS 2 7.50-8.00		sama dengan diatas						1,593	2,585	72,670	120,36	42,98	UU	0,43	5,730	
8,0	SPT 4 8.00-8.45		konsistensi lunak hingga sedang teguh	1	2	2	4										
8,5																	
9,0																	
9,5	UDS3 9.50-10.00		sama dengan diatas						1,599	2,590	56,66	89,92	34,27	UU	0,510	6,081	
10,0	SPT 5 10.00-10.45		konsistensi sedang teguh	1	2	3	5										
10,5																	
11,0																	
11,5																	
12,0	SPT 6 12.00-12.45		konsistensi lunak hingga sedang teguh	1	2	2	4										
12,5																	
13,0																	
13,5																	
14,0	SPT 7 14.00-14.45		konsistensi sedang teguh	2	3	3	6										
14,5																	
15,0																	
15,5																	
16,0	SPT 8 16.00-16.45		sama dengan diatas	2	2	3	5										
16,5																	
17,0																	
17,5																	
18,0	SPT 9 18.00-18.45		konsistensi sedang teguh	2	3	4	7										
18,5																	
19,0																	
19,5																	
20,0	SPT 10 20.00-20.45		konsistensi sedang teguh hingga teguh	2	3	5	8										

Remarks :



UDS (Undisturbed Sample)
DS (Disturbed Sample)

DRILLING LOG						HOLE NO.	BH2										
Project	JASA KONSULTASI UNTUK PEK. STRUKTUR, SIPIL DAN MEKANIKAI			Type of Drilling	Wash Boring	Coordinat											
Location	INDONESIA POWER UBP SEMARANG			Driller	karsun	x											
Date	23-26 Januari 2013			Supervisor	Sutrisna	y											
GWL	0,5 m					z											
Depth	Sampling	Symbol	Soil Description	N1 (0-15CM)	N2 (15-30CM)	N3 (30-45CM)	N-SPT	SPT Curve		Soil Laboratory Results							
								γw t/m³	Gs	W %	LL %	PL %	Type	C kg/cm²	φ		
20,0	SPT 10 20.00-20.45	CH	konsistensi sedang teguh hingga teguh	2	3	5	8										
20,5																	
21,0																	
21,5																	
22,0	SPT 11 22.00-22.45		sama dengan diatas	2	4	4	8										
22,5																	
23,0																	
23,5																	
24,0	SPT 12 24.00-24.45		sama dengan diatas	3	3	5	8										
24,5																	
25,0																	
25,5																	
26,0	SPT 13 26.00-26.45		sama dengan diatas	3	4	4	8										
26,5																	
27,0																	
27,5																	
28,0	SPT 14 28.00-28.45		konsistensi teguh	3	4	5	9										
28,5																	
29,0																	
29,5																	
30,0	SPT 15 30.00-30.45		sama dengan diatas	3	5	6	11										
30,5																	
31,0																	
31,5																	
32,0	SPT 16 32.00-32.45		sama dengan diatas	3	5	5	10										
32,5																	
33,0																	
33,5																	
34,0	SPT 17 34.00-34.45		sama dengan diatas	3	4	6	10										
34,5																	
35,0																	
35,5																	
36,0	SPT 18 36.00-36.45		sama dengan diatas	3	5	7	12										
36,5																	
37,0																	
37,5																	
38,0	SPT 19 38.00-38.45	SP	PASIR HALUS, abu-abu gelap, kepadatan padat	8	13	18	31										
38,5																	
39,0																	
39,5																	
40,0	SPT 20 40.00-40.45		sama dengan diatas	9	15	21	36										
40,5																	
41,0																	
41,5																	
42,0	SPT 21 42.00-42.45		sama dengan diatas	11	16	23	39										
42,5																	
43,0																	
43,5	SPT 22 43.50-43.95		sama dengan diatas	10	15	22	37										
44,0																	
44,5																	
45,0	SPT 23 45.00-45.45		sama dengan diatas	12	18	25	43										
45,5																	
Remarks :			Pengeboran berhenti di kedalaman 45,0m UDS (Undisturbed Sample) DS (Disturbed Sample)														

Analisis Data Tanah

Depth (m)	N	L/P	N1 15+...	N1 0,6 N	N1	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	p_o (t/m ²)	N2	2N1	N2	N rata2 ujung	Q ujung (ton)	fsi (t/m ²)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Q ult (ton)	Q ijin (ton)
0	0																	
2	10	P	10	10	10	1,639	0,639	1,278	26,469	20	20,000	21,867	247,311	4,000	15,080	15,080	262,391	87,464
4	12	P	12	12	12	1,639	0,639	2,556	23,734	24	23,734	16,157	182,730	4,747	17,895	32,975	215,704	71,901
6	3	L	3	3	3	1,639	0,639	3,834	4,736	6	4,736	13,447	152,087	2,368	8,928	41,903	193,989	64,663
8	4	L	4	4	4	1,593	0,593	5,020	5,319	8	5,319	9,881	111,754	2,660	10,026	51,929	163,683	54,561
10	5	L	5	5	5	1,599	0,599	6,218	5,735	10	5,735	4,956	56,053	2,868	10,811	62,740	118,793	39,598
12	4	L	4	4	4	1,599	0,599	7,416	4,034	8	4,034	5,231	59,166	2,017	7,604	70,343	129,509	43,170
14	6	L	6	6	6	1,599	0,599	8,614	5,837	12	5,837	5,083	57,491	2,919	11,003	81,347	138,838	46,279
16	5	L	5	5	5	1,599	0,599	9,812	4,727	10	4,727	5,258	59,471	2,363	8,910	90,256	149,727	49,909
18	7	L	7	7	7	1,599	0,599	11,010	6,435	14	6,435	6,039	68,303	3,218	12,130	102,387	170,689	56,896
20	8	L	8	8	8	1,599	0,599	12,208	7,158	16	7,158	6,323	71,507	3,579	13,492	115,878	187,385	62,462
22	8	L	8	8	8	1,599	0,599	13,406	6,971	16	6,971	6,839	77,350	3,485	13,140	129,018	206,368	68,789
24	8	L	8	8	8	1,599	0,599	14,604	6,793	16	6,793	6,887	77,887	3,397	12,805	141,823	219,710	73,237
26	8	L	8	8	8	1,599	0,599	15,802	6,625	16	6,625	6,915	78,212	3,312	12,488	154,311	232,524	77,508
28	9	L	9	9	9	1,599	0,599	17,000	7,273	18	7,273	7,343	83,042	3,636	13,709	168,020	251,062	83,687
30	11	L	11	11	11	1,599	0,599	18,198	8,679	22	8,679	7,571	85,627	4,339	16,359	184,379	270,006	90,002
32	10	L	10	10	10	1,599	0,599	19,396	7,708	20	7,708	7,798	88,196	3,854	14,529	198,908	287,104	95,701
34	10	L	10	10	10	1,599	0,599	20,594	7,534	20	7,534	8,190	92,631	3,767	14,201	213,109	305,740	101,913
36	12	L	12	12	12	1,599	0,599	21,792	8,841	24	8,841	9,373	106,002	4,421	16,665	229,774	335,776	111,925
38	31	P	23	18,6	18,6	1,599	0,599	22,990	13,408	37,2	13,408	11,256	127,302	2,682	10,109	239,883	367,186	122,395
40	36	P	25,5	21,6	21,6	1,599	0,599	24,188	15,241	43,2	15,241	13,415	151,720	3,048	11,492	251,375	403,095	134,365
42	39	P	27	23,4	23,4	1,599	0,599	25,386	16,170	46,8	16,170	14,962	169,217	3,234	12,192	263,566	432,784	144,261
43,5	37	P	26	22,2	22,2	1,599	0,599	26,584	15,029	44,4	15,029	15,890	179,712	3,006	11,332	274,898	454,610	151,537
45	43	P	29	25,8	25,8	1,599	0,599	27,782	17,120	51,6	17,120	16,106	182,157	3,424	12,908	287,806	469,963	156,654

Super Floor Deck® adalah bahan lembaran panel berbentuk plat gelombang yang terbuat dari baja struktural bermutu tinggi dengan High-tensile steel JIS 3302 (570 N/mm²), dan berfungsi sebagai bekisting tetap dan penulangan positif satu arah pada lantai beton bangunan bertingkat.

Tebal bahan yang tersedia adalah 0.75 mm dan 1.00 mm dengan lapisan seng minimum 220 gr/m².

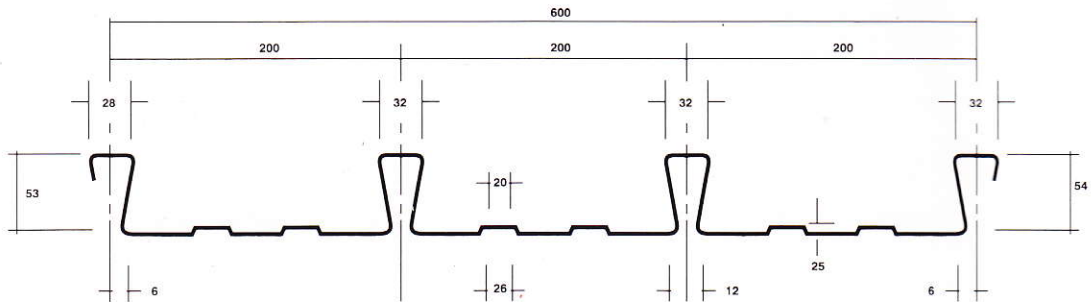
Super Floor Deck® dapat dipesan sesuai panjang yang dibutuhkan. Untuk memudahkan dalam pemasangan dan pengangkutan, dianjurkan panjang maximum 12 meter.

KEUNGGULAN-KEUNGGULAN **Super Floor Deck**®

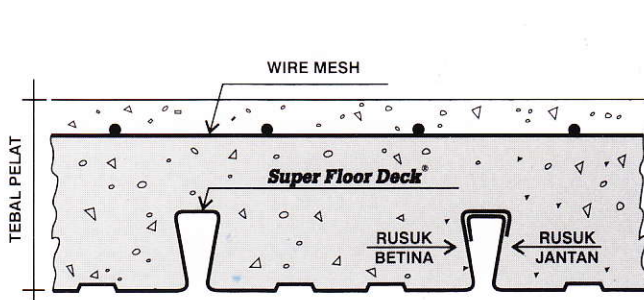
- pemasangan yang cepat dan mudah.
- Sebagai pengganti tulangan positif searah.
- Ketahanannya terhadap kebakaran lebih baik.
- Dapat difinishing dengan cat sebagai plafond.
- Baja berkekuatan tinggi yang memberlkan platform kerja yang lebih aman.

SPESIFIKASI

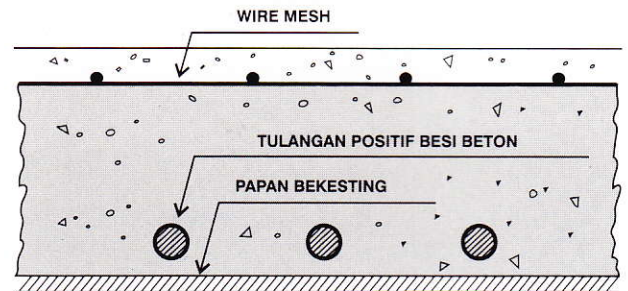
Bentuk gelombang dan ukuran **Super Floor Deck**®



Berat per satuan luas : 10,10 Kg/M² untuk ketebalan 0,75 mm
 Berat per satuan panjang : 6,06 Kg/M²



SUPER KOMPOSIT PELAT BETON



KONVESIONAL PELAT BETON

PERBANDINGAN	Jenis Bekisting	Bentang m	Beban kg/m ²	Tebal cm	Tulangan Positif
KONVENSIONAL PELAT BETON	Kayu	4.5	400	14	O 12 mm
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON	Super Floor Deck ®	4.5	400	11	Tidak Perlu

CARA PEMASANGAN

Lembaran **Super Floor Deck**® diletakkan diatas balok-balok pemikul (beam), baik diatas kontruksi beton maupun pada kontruksi baja, kemudian segera dimatikan/dipakukan atau di-las, jika perletakan di alas kontruksi baja. Hal tersebut untuk menghindari dari geseran perletakan lembaran **Super Floor Deck**® pada kedudukannya. Cara perletakan **Super Floor Deck**® pada umumnya minimum 5 cm dari bibir balok pemikul. Untuk sambungan arah memanjang, jarak perletakan **Super Floor Deck**® satu dengan lainnya diusahakan seminimal mungkin. Usahakan perletakan lembaran **Super Floor Deck**® bisa menutup dua atau tiga bentangan balok pemikul (continuous span), agar lebih praktis dan menghemat waktu baik dalam pemasangan maupun dalam pengangkutan. Lembaran **Super Floor Deck**® pada waktu beton masih basah berfungsi sebagai bekisting dan merupakan lantai kerja paling aman bagi pekerja lainnya. Tapi hindarkan terjadinya pemusatan beban diatas lembaran **Super Floor Deck**® yang belum berfungsi tersebut. Disarankan, gunakanlah papan balok kayu untuk lintasan jalan para pekerja.

CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BAJA

Setelah konstruksi baja selesai dipasang dan balok-balok (beam) nya sudah dilot water pas, lembaran **Super Floor Deck**® segera dipasang. Biasanya pada konstruksi baja pemasangan **Super Floor Deck**® dengan cara bentang menerus, kemudian dimatikan dengan las listrik atau paku tembak.

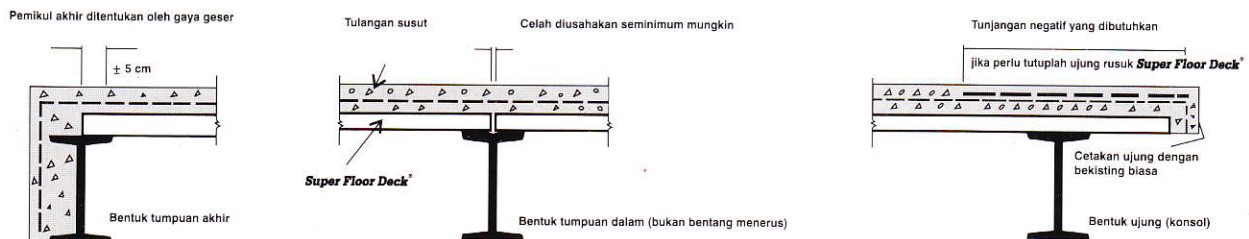
Syarat-syarat cara pengikatan

1. Dengan cara pengelasan:

Pada bagian ujung **Super Floor Deck**® dan dibawah kaki rusuk dilas dengan las cantum berdiameter 1 cm. Pada balok pemikul tengah, lembaran dilas pada bagian rata kaki rusuk betina disetiap lembaran **Super Floor Deck**®. Mutu kawat las yang digunakan berukuran 3,25 mm, dengan baja celulose AC/DC bermutu tinggi. Cara pengelasannya dilakukan dari atas ke bawah.

2. Dengan cara pemakuan:

Bisa dengan paku keling biasa atau paku tembak. Bisa juga menggunakan paku berdiameter 4 mm. Kalau balok pemikul baja (beam), diperhitungkan sebagai balok T komposit, maka bisa digunakan paku berdiameter 10- 16 mm dilas ke balok baja pemikul dan berfungsi sebagai penahan geser.



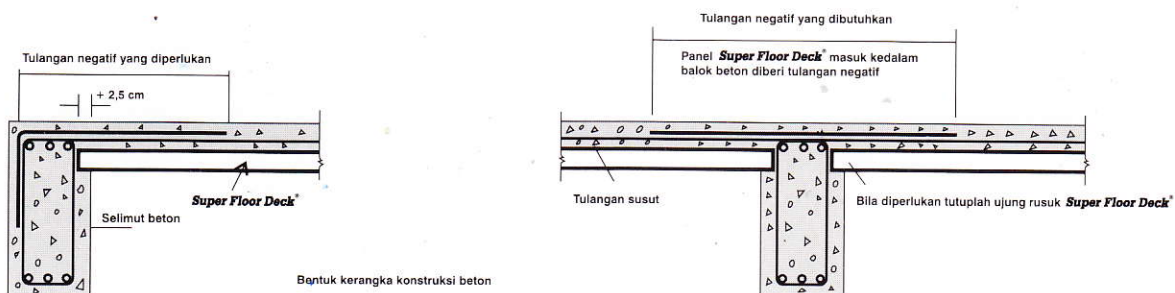
CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BETON

Memasang lembaran **Super Floor Deck**® di atas konstruksi beton pada umumnya dipasang sebagai bentang tunggal karena pengecoran balok dan lantai bersamaan, yaitu untuk menghemat waktu pekerjaan cor dan supaya menghasilkan balok T sesuai perencanaan.

Syarat-syarat cara pengikatan

1. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang diantara dua balok pemikul sebagai bentang tunggal. Ada dua cara pemasangan, yaitu lembaran **Super Floor Deck**® dimatikan pada balok pemikul yang sudah dicor atau diletakkan di atas papan bekisting balok pemikul/dinding dengan jarak 2,5 cm dari sisi balok, sebelum balok/dinding dicor.

2. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang di atas beberapa balok pemikul sebagai bentang menerus. Pada waktu pengecoran balok-balok pemikul, siapkan angkur-angkur atau stek besi yang akan ditanam ke dalam coran beton tadi. **Super Floor Deck**® diletakkan setelah dilubangi sesuai dengan jarak angkur-angkur atau stek besi tersebut. Setelah angkur-angkur/stek besi dibengkokkan, selanjutnya pengecoran dilaksanakan.

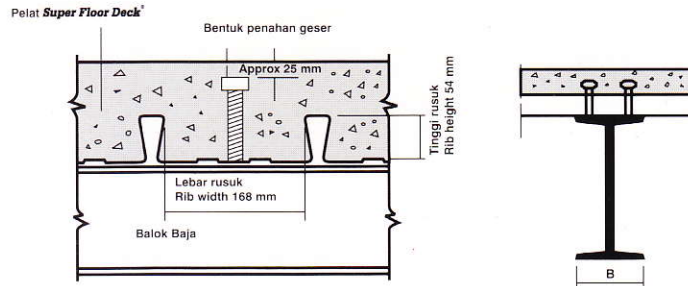


TIANG PENYANGGA SEMENTARA

Sebelum **Super Floor Deck** dicor dengan adukan beton, terlebih dahulu disangga oleh tiang penyangga sementara, terbuat dari kayu dolken atau papan, terutama untuk bentang besar. Hal ini untuk menghindari lendutan akibat pembebanan sementara **Super Floor Deck** belum berfungsi. Biasanya tiang penyangga sementara ini dilepas setelah beton berumur 7 sampai 14 hari.

PENAHAN GESER

Penahan geser dibutuhkan untuk ikatan antara lantai beton dengan balok pemikul dibawahnya. Terbuat dari besi beton dengan diameter antara 10 sampai 16 mm. Ada juga yang dibuat seeara khusus. Tinggi maksimum di bawah permukaan akhir plat beton 2 cm. Adapun jaraknya harus dihitung berdasarkan diagram gaya lintang balok.



TULANGAN SUSUT

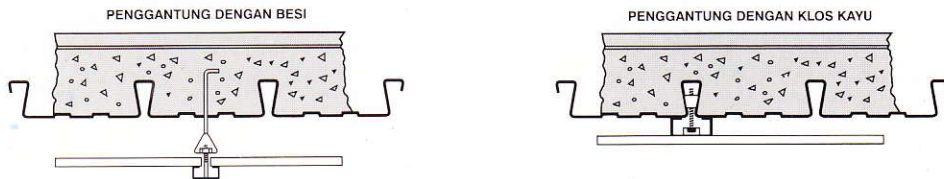
Disarankan memakai Tulangan Susut yang berfungsi selain untuk mengatasi keretakan lantai beton akibat perubahan temperatur dan juga menyebarkan pembebanan. Untuk plat tebal antara 9-12 cm, bisa digunakan jaring kawat berdiameter 5 mm dan 6 mm untuk tebal antara 13-16 cm

SYARAT-SYARAT MUTU BETON

Disarankan kekuatan tekanan karakteristik minimum 200 kg/Cm² (K-200) dan harus tercapai setelah beton berumur 28 hari dan harus memenuhi syarat - syarat PBI 1971 (NI - 2)

PEKERJAAN LANGIT-LANGIT

Langit-langit yang menggantung bisa dibuat penggantung dari kawat baja yang di tanam ke dalam plat beton sebelum di-cor. Atau pada alur gelombang **Super Floor Deck** dipasang rusuk dari kayu dan berfungsi sebagai pengikat. Penyemprotan dengan bahan plesteran seperti gips, vermikulit, bisa langsung disemprotkan kepermukaan bagian bawah **Super Floor Deck**



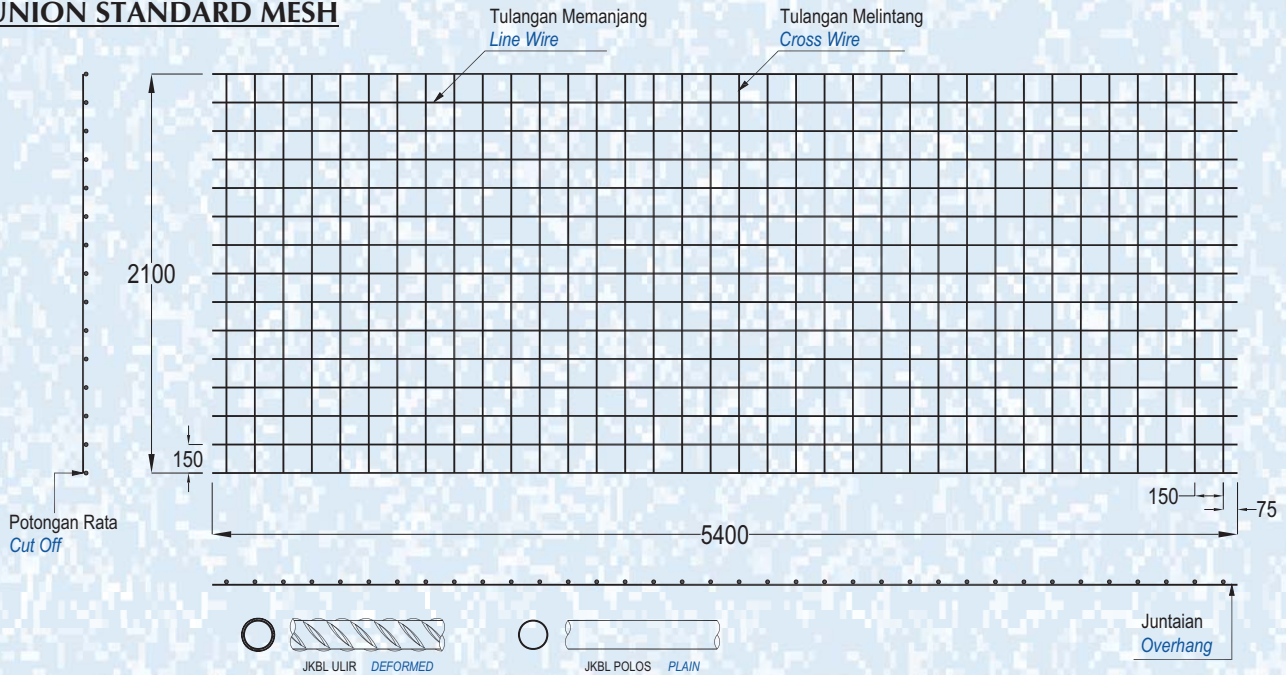
INFORMASI PRODUK

PRODUCT INFORMATION

Union Wire Mesh adalah jaring baja tulangan bermutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh karakteristik 5.000 kg/cm² yang dirangkai sedemikian rupa menggunakan las listrik untuk mendapatkan tegangan geser berkualitas tinggi sebesar 2.500 kg/cm² di setiap titik pertemuan kawatnya.

Union Wire Mesh is made from high tensile reinforcing wire rod having characteristic yield strength of 5,000 kg/cm² and it is electrically welded to obtain high quality shearing strength of 2,500 kg/cm² in each welded point.

UNION STANDARD MESH



BERAT PER LEMBAR

TYPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16
BERAT PER LEMBAR (kg)	15,45	24,14	34,76	47,31	61,79	78,21	96,55	139,03	247,17

MASS PER SHEET

Spesifikasi

Diameter JKBL Union	: 4 mm sampai 16 mm
Standar Bahan	: SNI 07-0663-1995
Tegangan Leleh Karakteristik	: 5.000 kg/cm ² , mutu U-50
Tegangan Geser Kampuh Las	: 2.500 kg/cm ²
Bentuk Permukaan Kawat	: Polos dan Ulir
Spasi Standard	: 150 mm x 150 mm (Type M) 100 mm x 200 mm (Type B)
Ukuran Standard	: Lembar : 5,4 m x 2,1 m (M4 - M16) Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6)

Specification

Diameter of Union Mesh	: 4 mm up to 16 mm
Material Standard	: SNI 07-0663-1995
Characteristic Yield Strength	: 5,000 kg/cm ² , grade U-50
Welding Shear Strength	: 2,500 kg/cm ²
Types of Bar Surfaces	: Plain and Deformed
Standard Spacings	: 150 mm x 150 mm (M Type) 100 mm x 200 mm (B Type)
Standard Sizes	: Sheet : 5.4 m x 2.1 m (M4 - M16) Roll : 54 m x 2.1 m (M4 - M6)

Produksi Union Wire Mesh

Dengan dukungan dari mesin pembentuk JKBL kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran JKBL yang bervariasi dengan hasil pengelasan sempurna sampai dengan diameter 16 mm.

- Jarak spasi : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm; dan 300 mm
- Juntaian kawat memanjang maksimum 1.200 mm kedua sisi nya
- Jarak spasi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesial diperlukan, staff berpengalaman kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, harap konsultasi dengan kami

Union Wire Mesh Production

By means of our modern and computerized wire mesh welding machines, we have proven capability to produce various sizes of mesh with perfect welding result up to diameter 16 mm.

- Spacings : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm and 300 mm
- Line wire over hang maximum 1,200 mm both sides
- Cross wire spacing minimum 50 mm subject to diameters
- If special sizes of reinforcement are required, our experienced technical staffs are ready to assist for designing the best and most efficient ones
- For M12 to M16, please consult with us

Penggunaan

Applications

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
5. Non structural column and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Conversion Calculation

Mengganti tulangan biasa (U-24)
dengan JKBL Union (U-50)

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Rumus :

Formula :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Contoh :

Example :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5.24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2.515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

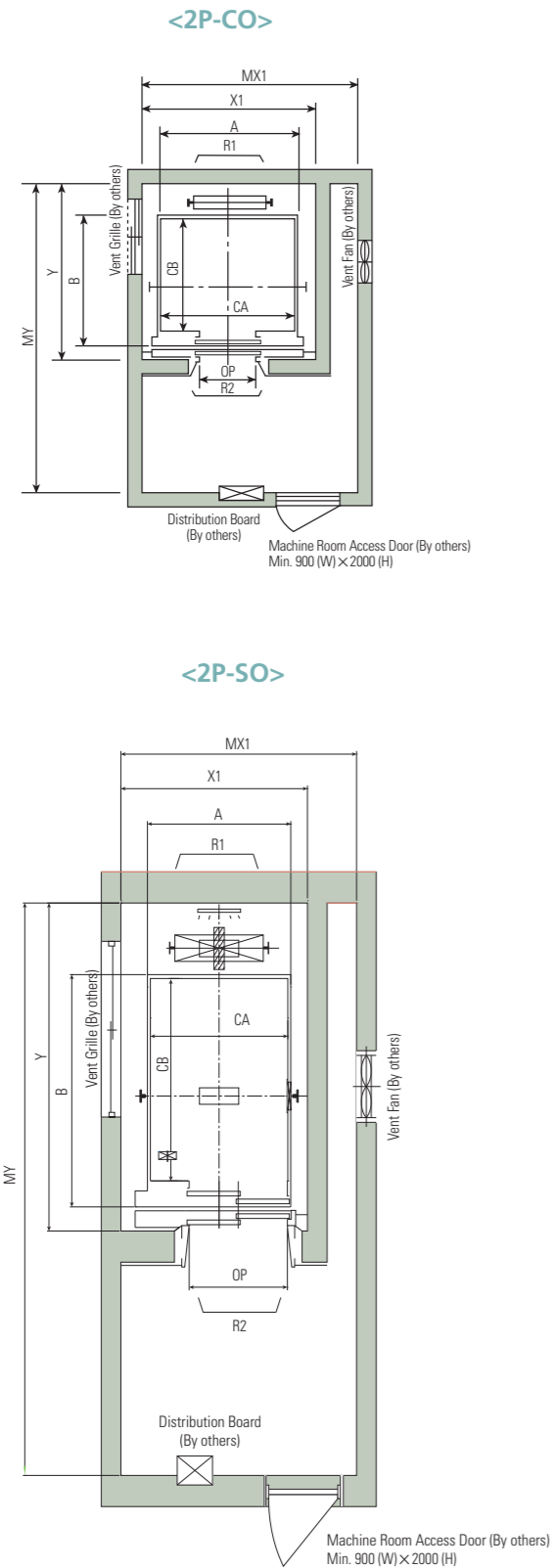
WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m') Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm ² /m') According to Spacing Each Direction											
		Spasi / Spacing (mm)											
		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
4.0	0.126	2.51	1.68	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
4.5	0.159	3.18	2.12	1.59	1.27	1.06	0.91	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49
5.0	0.196	3.93	2.62	1.96	1.57	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.60
5.5	0.238	4.75	3.17	2.38	1.90	1.58	1.36	1.19	1.06	0.95	0.86	0.79	0.73
6.0	0.283	5.65	3.77	2.83	2.26	1.88	1.62	1.41	1.26	1.13	1.03	0.94	0.87
6.5	0.332	6.64	4.42	3.32	2.65	2.21	1.90	1.66	1.47	1.33	1.21	1.11	1.02
7.0	0.385	7.70	5.13	3.85	3.08	2.57	2.20	1.92	1.71	1.54	1.40	1.28	1.18
7.5	0.442	8.84	5.89	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36
8.0	0.503	10.05	6.70	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55
8.5	0.567	11.35	7.57	5.67	4.54	3.78	3.24	2.84	2.52	2.27	2.06	1.89	1.75
9.0	0.636	12.72	8.48	6.36	5.09	4.24	3.64	3.18	2.83	2.54	2.31	2.12	1.96
9.5	0.709	14.18	9.45	7.09	5.67	4.73	4.05	3.54	3.15	2.84	2.58	2.36	2.18
10.0	0.785	15.71	10.47	7.85	6.28	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.86	2.62	2.42
12.0	1.131	22.62	15.08	11.31	9.05	7.54	6.46	5.65	5.03	4.52	4.11	3.77	3.48
16.0	2.011	40.21	26.81	20.11	16.08	13.40	11.49	10.05	8.94	8.04	7.31	6.70	6.19

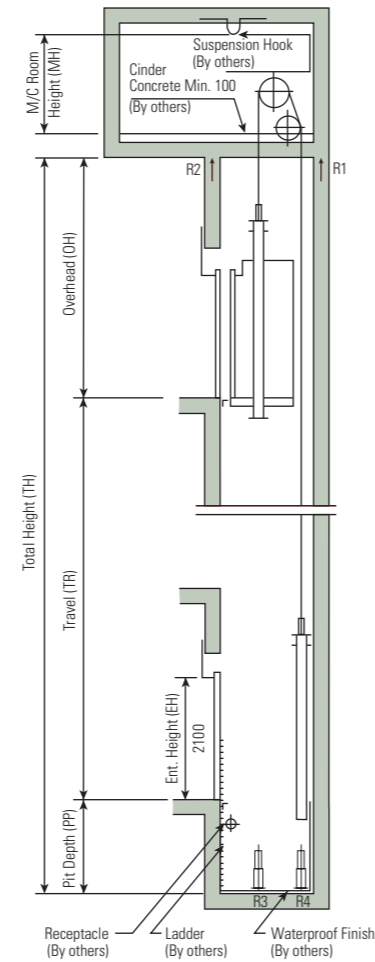
PASSENGER ELEVATORS

LUXEN Gearless Elevators | 1.0~2.5m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions

[Manufacturer Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Opening Size (mm)	Car Size (mm)	Hoistway Size (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg						R1	R2	PR1	PR2
1.0	6	450	2P-CO	800	1400 × 850	1800 × 1450	2100 × 3150	3600	2000	5400	4500
	8	550		800	1400 × 1030	1800 × 1630	2100 × 3350	4050	2250	6000	4900
	9	600		800	1400 × 1100	1800 × 1700	2100 × 3400	4100	2450	6300	5100
	10	700		800	1400 × 1250	1800 × 1850	2100 × 3550	4200	2700	6800	5400
	11	750		800	1400 × 1350	1800 × 1950	2100 × 3650	4550	2800	7100	5600
	13	900		900	1600 × 1350	2050 × 2000	2350 × 3700	5100	3750	8100	6300
1.5	15	1000		900	1600 × 1500	2050 × 2150	2350 × 3850	5450	4300	8600	6600
	17	1150		1000	1800 × 1500	2350 × 2200	2650 × 3900	6600	5100	11000	8700
	17	1150		1100	2000 × 1350	2550 × 2050	2850 × 3750	7800	6000	12200	9500
1.75	20	1350		1000	1800 × 1700	2350 × 2400	2650 × 4100	8500	6800	13600	10400
	24	1600		1100	2000 × 1500	2550 × 2200	2850 × 3900	8500	6800	13600	10400
2.0	13	900		900	1600 × 1350	2250 × 2100	2750 × 4100	12030	6630	9000	7500
	15	1000		900	1600 × 1500	2250 × 2250	2750 × 4250	12810	6950	9400	8000
	17	1150		1000	1800 × 1500	2450 × 2250	2950 × 4250	13080	7100	11000	8700
	20	1350		1100	2000 × 1350	2650 × 2100	3150 × 4100	14350	7650	12200	9500
2.5	20	1350		1000	1800 × 1700	2450 × 2450	2950 × 4450	15100	8100	13600	10400
	24	1600		1100	2000 × 1500	2650 × 2250	3150 × 4250	15100	8100	13600	10400
	24	1600		1100	2000 × 1750	2650 × 2500	3150 × 4500	15100	8100	13600	10400

[EN81]

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Opening Size (mm)	Car Size (mm)	Hoistway Size (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg						R1	R2	PR1	PR2
1.0	6	450	2P-CO	700	1100 × 1100	1400 × 1700	1900 × 3400	3600	2000	5400	4500
	7	550		800	1300 × 1100	1800 × 1700	2100 × 3400	4050	2250	6000	4900
	8	630		800	1400 × 1100	1800 × 1700	2100 × 3400	4100	2450	6300	5100
	9	700		800	1400 × 1250	1800 × 1850	2100 × 3550	4200	2700	6800	5400
	10	800		800	1400 × 1300	1800 × 1950	2100 × 3650	4550	2800	7100	5600
	12	900		900	1600 × 1300	2050 × 1950	2350 × 3650	5100	3750	8100	6300
1.5	13	1000		900	1600 × 1400	2050 × 2050	2350 × 3750	5450	4300	8600	6600
	15	1150		1000	1800 × 1400	2350 × 2100	2650 × 3800	6600	5100	11000	8700
	15	1150		1100	2000 × 1300	2550 × 2000	2850 × 3700	7800	6000	12200	9500
1.75	18	1350		1000	1800 × 1600	2350 × 2300	2650 × 4000	8500	6800	13600	10400
	21	1600		1100	2000 × 1700	2550 × 2400	2850 × 4100	8500	6800	13600	10400
2.0	12	900		900	1600 × 1300	2150 × 2050	2650 × 4050	12030	6630	9000	7500
	13	1000		900	1600 × 1400	2150 × 2150	2650 × 4150	12800	6950	9400	8000
	15	1150		1000	1800 × 1400	2350 × 2150	2850 × 4150	13080	7100	11000	8700
	18	1350		1100	2000 × 1300	2550 × 2050	3050 × 4050	14350	7650	12200	9500
2.5	18	1350		1000	1800 × 1600	2400 × 2350	2900 × 4350	15100	8100	13600	10400
	21	1600		1100	2000 × 1500	2600 × 2250	3100 × 4250	15100	8100	13600	10400
	21	1600		1100	2000 × 1700	2600 × 2450	3100 × 4450	15100	8100	13600	10400

[EN81]

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Opening Size (mm)	C.WT Drop	Car Size (mm)	Hoistway Size (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg							MR1	MR2	PR1	PR2
1.0	6	450	2P-SO	800	Rear	1100 × 1100	1550 × 1800	1850 × 3500	3600	2000	5400	4500
	7	550		800	Rear	1100 × 1300	1550 × 2000	1850 × 3700	4050	2250	6000	4900
	8	630		800	Side	1100 × 1400	1850 × 1850	2150 × 3550	4100	2450	6300	5100
	9	700		800	Side	1200 × 1400	1950 × 1850	2250 × 3550	4200	2700	6800	5400
	10	800		800	Side	1300 × 1400	2100 × 2000	2400 × 3700	4550	2800	7100	5600
	12	900		900	Side	1300 × 1600	2100 × 2100	2400 × 3800	5100	3750	8100	6300
1.5	13	1000		900	Side	1100 × 2100	1900 × 2550	2200 × 4250	5450	4300	8600	6600
	15	1150		1000	Rear	2100 × 1100	2550 × 1850	2850 × 3550	6600	5100	11000	8700
	15	1150		1100	Side	1200 × 2200	2100 × 2650	2400 × 4350	7800	6000	12200	9500
1.75	18	1350		1000	Side	1300 × 2300	2250 × 2750	2550 × 4450	8500	6800	13600	10400
	21	1600		1200	Side	1400 × 2400	2350 × 2850	2650 × 4550	8500	6800	13600	10400
2.0	12	900		900	Side	1300 × 1600	2250 × 2100	2750 × 4100	12030	6630	9000	7500
	13	1000		900	Side	1100 × 2100	2000 × 2550	2500 × 4550	12800	6950	9400	8000
	15	1150		1000	Rear	2100 × 1100	2550 × 1900	3050 × 3900	13080	7100	11000	8700
	18	1350		1100	Side	1200 × 2200	2100 × 2650	2600 × 4650	14350	7650	12200	9500
2.5	18	1350		1000	Side	1300 × 2300	2300 × 2750	2800 × 4750	15100	8100	13600	10400
	21	1600		1200	Side	1400 × 2400	2400 × 2850	2900 × 4850	15100	8100	13600	10400

- ▲ Notes : 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, they shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
- 2. Rail Bracket Pitch: Applied with 2,000mm for 2.0m/s(Travel 110~150m) & 2.5m/s

Head & Pit Depth

(Unit : mm)

Speed(m/sec)	Load(kg)	450-1150(kg)		1350-1600(kg)		M/C Room Height (MH)
		Overhead (OH)	Pit (PP)	Overhead (OH)	Pit (PP)	
1.0		4350	1250	4350	1350	2200
1.5		4500	1300	4500	1400	2400
1.75		4550	1350	4550	1450	2400
2.0		4700	1900	4700	2000	2600
2.5		5100	2200	5100	2200	2600

- Notes : 1. Above dimensions are applied for car height 2500mm
- 2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
- 3. M/C Room Height shall increase 200mm in case of the traction machine with double isolation pad.
- 4. If the height of floor is over 11m, please consult Hyundai as to the needs for emergency exit.

PC SPUN PILES

Description

Type of piles	: Prestressed Concrete Spun Piles
Splice system	: Welded at steel joint plate
Type of shoe	: Pencil (Standard Product) Mamira (Special Design)
Method of Driving	: Diesel or Hydraulic Hammer



Design and Manufacturing References

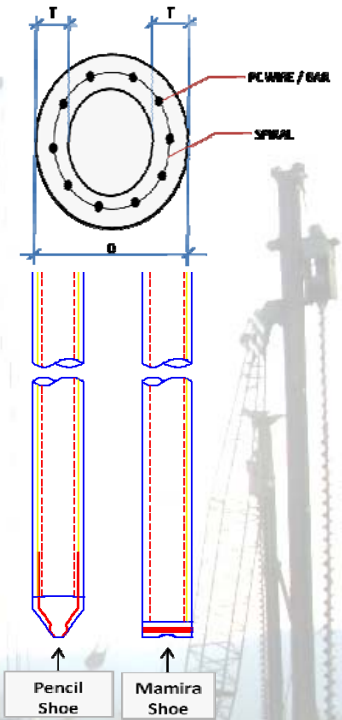
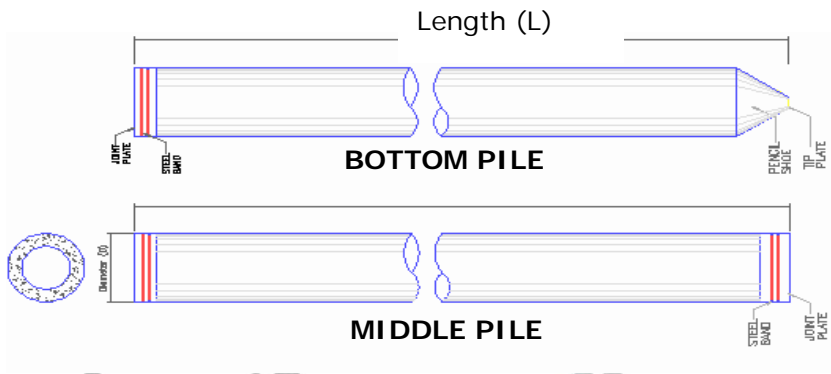
Design	JIS A 5335 - 1987 ACI 543R - 00	Prestressed Concrete Spun Piles Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles
	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code
Manufacturing	JIS A 5335 - 1987 WIKKA BETON-09-IK-005	Prestressed Concrete Spun Piles Piles Manufacturing Work Instruction



Specification of Material

Item	Referance	Description	Specification
Agregate	ASTM C33 - 1999	Standard Specification for Concrete Aggregates	
	NI 2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049-2004	Portland Cement	Standard product: type I Special order: Type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F: Water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at: 28 days : 600 kgf/cm ² (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Spiral Wire Joint Plate	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wire	SWMA / SWMP
	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steel for General Structure	SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A S.1 / E 6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Faimun, MSc.PhD
NAMA MAHASISWA	: Ichwan Prihananto
NRP	: 3113100029
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Gedung CIMB Tower Semarang dengan Sistem Lantai Pabrikasi Integral Baja Tahan Gempa.
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012642

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	09-03-2017	Struktur sekunder.	1. Gambar Metode rencana pemasangan (sketch up) 2. Goba dirun 3. Metode transportasi	9/07 Pz
2.	31-03-2017	Pemodelan metode pelaksanaan Analisis Struktur	1. Analisis menggunakan shear wall	f. syah
3.	06-04-2017	Analisis SAP dan Shearwall	Analisis SAP diperbaiki	f. syah
4.	13-04-2017	Analisis SAP dengan shearwall	- dibuat grafik simpangan - pusat massa digeser 5% sbg torsi tambahan. (digeser 4 kali) - run tanpa gempa	f. syah
5.	19-04-2017	Analisis SAP dengan eksentris	- revisi SAP - revisi eksentrisitas	f. syah
6.	27-04-2017	- Revisi analisis SAP untuk gempa - Revisi analisis SAP dengan beban gravitasi dan simpangan	- Desain shearwall - Struktur tidak menahan gempa. - Cek pakai simpangan. - Balok dibagi zona-zona.	f. syah
7.	9-05-2017	- Desain struktur penahan gempa - Desain struktur utama	- Lanjut sambungan	f. syah
8.	29-05-2017	- Analisa sambungan - Metode pelaksanaan	- sambungan dihitung detail - sambungan balok ke kolom ditambah plat L dibawah balok	f. syah



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Faimun, MSc, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ichwan Prihananto
NRP	: 3113100029
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Gedung CIMB Tower Semarang dengan Sistem Lantai Pabrikasi Integral Baja Tahan Gempa
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012642

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9.	5-6-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Revisi sambungan - Perencanaan struktur bawah - Gambar rencana 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisi analisa pondasi dicoba pake SAFE dari CSI 	<i>[Signature]</i>
10.	10-7-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Paper antar lantai (sambungan) - Paper 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisi paper pada gambar gaya - Fokuson yang dimasukkan pada paper - Kontrol tekuk Lokal pada sambungan. - Sambungan antar kolom dan base plate (wangan salman) - Simpangan total. - Sistem struktur 	<i>[Signature]</i>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111.

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev.01

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST.MT.PHD
NAMA MAHASISWA	: Ichwan Prihananto
NRP	: 3113100029
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Gedung CIMB Tower Semarang dengan Sistem Lantai Pabrikasi Integral Baja Tahan Gempa
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 01264Z

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	04-03-2017	- Struktur sekunder	- revisi tulangan pelat pakai wire mesh - revisi balok anak - denah Lift ditampilkan - balok Lift pakai solid beam	
2.	28-04-2017	- Revisi struktur sekunder - Analisa struktur menggunakan SAP	- Permodelan shearwall pakai SPSW	
3.	12-05-2017	- Revisi SAP menggunakan SPSW - Perhitungan / desain struktur utama	- Gambar LI B - ukuran kolom dicantumkan - ukuran dicantumkan (balok) - dipeleaskan gambar U=1 - diberi gambar penjelasan angka (gaya) - segment zona diganti segmen - tabel dibersihin biar komunikatif	
4.	19-05-2017	- Perencanaan sambungan	- Profil balok utama tangga direvisi - balok penumpu tangga direvisi	
5.	26-05-2017	- Revisi balok utama dan penumpu tangga - Revisi sambungan	- Sambungan profil diganti plat - Revisi sambungan balok penumpu dg kolom - mutu las pakai E70xx (elektrik rendah) - Revisi analisa sambungan pada box - Revisi gagal panas	

6



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, S.T, M.T, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ichwan Prihananto
NRP	: 3113100029
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan gedung CIMB Tower Semarang dengan Sistem Lantai Pabrikasi Integral Baja Tahan Gempa
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012642

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	7-6-2017	- Perencanaan Struktur Bawah - Gambar rencana	Revisi gambar rencana	
7.	10-7-2017	- Revisi gambar rencana - Paper - Presentasi	- Tabel paper tanpa shading - Abstrak dikurangi (kesimpulan tidak usah satu-satu) - Penamaan kolom dan balok	

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA (S1)
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Jum'at** tanggal **21 Juli 2017** jam **08.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

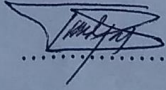

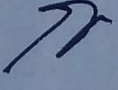
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3113100029	Ichwan Prihananto	Perencanaan Gedung CIMB Tower Semarang dengan Sistem Lantai Pabrikasi Integral Baja Tahan Gempa

Dengan Hasil :

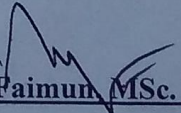
<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

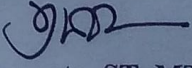
Judul dirubah "Perancangan struktur", kesimpulan disampaikan hal-hal yang penting. Abstrak dipersingkat dan bahasa Inggrisnya tepat. Perletakan tangga dicek lagi jika pakai sendi-sendi. Beban pondasi tanpa ada beban faktor dan ditulis angkanya. Kesimpulan diperbaiki, referensinya ditulis semua.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Tavio, ST. MT. PhD	
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD	
DADA KRANAMA	

Surabaya, 21 Juli 2017
 Dosen Pembimbing I
 (Ketua)


Ir. Faimun, MSc. PhD

Dosen Pembimbing 2
 (Sekretaris)


Budi Suswanto, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing 3
 (Sekretaris)

BIODATA PENULIS



Ichwan Prihananto lahir pada tanggal 31 Maret 1996 di Sukoharjo, Jawa Tengah. Setelah menempuh pendidikan formal di SD Bakalan 3, SMP 1 Mojolaban, dan SMA 1 Sukoharjo, penulis melanjutkan pendidikan di S1 Departement Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113100029.

Penulis sempat aktif di beberapa ornaginasi kampus seperti Kepala departement media Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Sipil ITS – Al Hadiid dan Kepala departement Ristek Badan Eksekutif Mahasiswa FTSP (BEM FTSP). Penulis juga beberapa kali menjuarai kompetisi ketekniksipilan nasional, seperti Juara 3 Lomba Rancang Kuda-kuda UGM 2015, Juara Kategori Tercepat dan Juara 1 Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) Canai Dingin, Juara Harapan 2 Geo Challenge Competition UNPAR 2016 , dan Juara Harapan 3 Fabricated House Competition Indocement Awards 2016.

Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: ichwanprihan@gmail.com