



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH SURABAYA
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT)* DAN
BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED***

TRI ATMOJO PAMUNGKAS
NRP. 03111645000047

Dosen Pembimbing I
Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 19610311 198701 1 001

Dosen Pembimbing II
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19800430 200501 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AT-
TAUHID MUHAMMADIYAH SURABAYA
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT)* DAN
BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED***

TRI ATMOJO PAMUNGKAS
NRP. 03111645000047

Dosen Pembimbing I
Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 19610311 198701 1 001

Dosen Pembimbing II
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19800430 200501 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC14-1501

**AT-TAUHID MUHAMMADIYAH UNIVERSITY
SURABAYA BUILDING PLANNING
MODIFICATION USING RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN
(RCFT) AND HEXAGONAL CASTELLATED BEAM**

TRI ATMOJO PAMUNGKAS
NRP. 03111645000047

Supervisor Lecture I
Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 19610311 198701 1 001

Supervisor Lecture II
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19800430 200501 1 002

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Earth
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AT-
TAUHID MUHAMMADIYAH SURABAYA
MENGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN
BALOK HEXAGONAL CASTELLATED**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

TRI ATMOJO PAMUNGKAS

NRP. 03111645000047

Disetujui oleh Pembimbing

1. Ir. Heppy Kristijanto

2. Data Iranata, ST. MT.



SURABAYA,

JULI 2018

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AT-
TAUHID MUHAMMADIYAH SURABAYA
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT)* DAN
BALOK HEXAGONAL CASTELLATED**

Nama Mahasiswa : Tri Atmojo Pamungkas
NRP : 03111645000047
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Dosen Pembimbing II : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

Abstrak

Bangunan gedung di Indonesia dengan material beton bertulang sebagai bahan bangunan masih mendominasi hampir seluruh bangunan gedung yang ada di Indonesia. Material beton memiliki berbagai macam kelemahan, antara lain memiliki bobot yang berat, kuat tarik yang lemah, dan pelaksanaan pekerjaan bangunan beton lebih lama. Baja adalah material bangunan yang memiliki berbagai macam kelebihan, antara lain material baja memiliki sifat daktail, dimana baja mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh, kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung baut atau las. Baja juga memiliki beberapa kekurangan, baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periodik harus dicat. Sehingga, untuk mencapai kondisi terbaik dari permasalahan tersebut, penggunaan struktur baja dengan beton komposit dinilai lebih baik dibandingkan hanya struktur beton bertulang maupun baja. Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya yang sebelumnya menggunakan struktur beton bertulang akan dibangun menggunakan struktur baja dengan beton komposit sebagai objek tugas akhir. Konstruksi baja dengan beton komposit yang akan digunakan adalah kolom rectangular concrete filled steel tube (RCFT) dan balok hexagonal castellated.

Pada perhitungan bangunan gedung dengan sistem rangka baja dan beton komposit serta dinding geser pelat baja ini mengacu pada Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729:2015, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012, ASCE 7-2002, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, AISC Steel Design-31, AISC Steel Design-20, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983. Dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamis menggunakan program bantu SAP 2000.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil yaitu : Tebal pelat atap, kelas, kantor, dan koridor 9 cm dengan pelat bondek. Dimensi balok induk HC 732x300x11x18 pada bentang 10 m, HC 759x210x11x19 pada bentang 7 m, WF 400x200x11x17 pada bentang 3 m, 4 m, 3,6 m, dan 6 m. Sedangkan dimensi kolom lantai 1-4 menggunakan profil RCFT HSS 700x700x25, kolom lantai 5-7 menggunakan profil RCFT HSS 500x500x25, kolom 8-13 menggunakan profil RCFT HSS 400x400x25. Dimensi dinding geser pelat baja memiliki ketebalan 4 mm. Perencanaan mutu sambungan digunakan baut mutu $f_u^b = 8250$ MPa. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang dengan diameter $\varnothing 50$ cm pada kedalaman 28 m.

Kata kunci : Gedung Baja, hexagonal, RCFT

**AT-TAUHID MUHAMMADIYAH UNIVERSITY
SURABAYA BUILDING PLANNING
MODIFICATION USING HEXAGONAL
CASTELLATED BEAM AND RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN
(RCFT)**

Name : Tri Atmojo Pamungkas
Student Number : 03111645000047
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor I : Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Supervisor II : Data Iranata, ST., MT., Ph.D

Abstract

Reinforced concrete dominates building in Indonesia as building material. Concrete has several weakness; for instance heavy, low tensile strength, and speed of construction. Steel is building material that provides several excesses; name it: resilient character; which steel can be deformed without immediate collapse and convinience joint using bolt and welding. However, steel structure has weakness; steel that has air or water contact should be periodically coated. Based on this problem, steel structure combined with composite concrete is more advantegous than reinforced steel or steel. At-Tauhid Building of Muhammadiyah University Surabaya, which is existingly built by reinforced steel, is proposed using steel structure combined with composite concrete as this final project object. Rectangular concrete filled steel tube (RCFT) and hexagonal castellated beam are used in this construction.

On this building measurement using steel structure combined with reinforced concrete and steel plate shear wall refers to Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729:2015, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002, Tata Cara Perencanaan

Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012, ASCE 7-2002, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983. Dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamis menggunakan program bantu SAP 2000.

From the analysis and calculation results obtained results are: thickness roof plates, class, office, and corridor 9cm with bonded plate. Main beam dimension HC 732x300x11x18 on the 10m-span, HC 759x210x11x19 on the 7m-span, WF 400x200x11x17 on the 3 m, 4 m, 3,6 m, dan 6 m-span.

While the dimensions of the columns on the 1st-4th level uses RCFT HSS 700x700x25 profile, 5th-7th level uses HSS 500x500x25 RCFT profile, 8th-13rd level uses RCFT HSS 400x400x25 profile. Steel plate shear wall thickness is 4 mm. Connection quality planning uses $f_u^b = 8250$ MPa. Foundation planning using pile with $\varnothing 50$ cm pile with 28 m depth.

Keywords : Steel building, hexagonal, RCFT

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "*Modifikasi Desain Struktur Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castellated*"

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga terutama orang tua yang telah memberi dukungan, baik secara moril dan materil yang tak terhingga sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Heppy Kristijanto, MS., dan Bapak Data Iranata, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Iga Galih Mawarni yang telah memotivasi dan membantu proses edit laporan
4. Semua pihak terkait yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya penyusunan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	i
<i>Abstract</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Rumusan Masalah Utama.....	3
1.2.2 Rumusan Masalah Detail	3
1.3 Tujuan	4
1.3.1 Tujuan Utama.....	4
1.3.2 Tujuan Utama Detail	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Profil Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	7
2.2.1 Pengertian Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	7
2.2.2 Terminologi.....	8
2.2.3 Proses Pembuatan Balok <i>Hexagonal Castellated</i> ..	8
2.2.4 Tipe-Tipe Pemotongan Hexagonal Castellated Beam	9

2.2.5	Keuntungan dan Kekurangan dari Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	11
2.2.6	Kegagalan Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	12
2.3	Profil Kolom Komposit	14
2.3.1	Pengertian Kolom Komposit	14
2.3.2	Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan.....	15
2.3.3	Keuntungan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)	15
2.4	<i>Steel Plate Shear Wall</i>	17
2.4.1	Pengertian <i>Steel Plate Shear Wall</i>	17
2.4.2	Desain <i>Steel Pelate Shear Wall</i>	17
2.4.3	Jenis <i>Steel Pelate Shear Wall</i>	18
2.4.4	Fungsi Geser Pelat Baja (<i>Steel Pelate Shear Wall</i>)	19
2.4.5	Keuntungan <i>Steel Pelate Shear Wall</i>	19
2.5	Sambungan	19
2.5.1	Tipe Sambungan.....	20
BAB III METODOLOGI		23
3.1.	Bagan Alir Metodologi.....	23
3.2.	Metodologi Penyelesaian	24
3.2.1	Pengumpulan Data	24
3.2.2	Studi Literatur.....	25
3.2.3	Preliminary Design.....	25
3.2.4	Pembebanan Struktur	26

3.2.5	Perhitungan Struktur Atas	27
3.2.6	Permodelan dan Analisa Struktur.....	28
3.2.7	Kontrol Desain	28
3.2.8	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	41
BAB IV HASIL PERENCANAAN		45
4.1	Perencanaan Struktur Sekunder	45
4.1.1	Umum.....	45
4.1.2	Perencanaan Pelat Lantai	45
4.1.3	Perencanaan Balok Anak	50
4.1.4	Perencanaan Balok Lift	61
4.1.5	Perencanaan Tangga.....	74
4.2	Permodelan Struktur.....	102
4.2.1	Umum.....	102
4.2.2	Pembebanan Struktur Utama.....	103
4.2.3	Pembebanan Gempa Dinamis	106
4.2.4	Permodelan Struktur Utama	110
4.2.5	Kontrol Desain	120
4.3	Perencanaan Struktur Primer.....	129
4.3.1	Balok Induk.....	129
4.3.2	Kolom CFT	146
4.3.3	Perencanaan <i>Steel Plate Shear Wall</i>	160
4.4	Perencanaan Sambungan.....	173
4.4.1	Sambungan Balok Anak – Balok Induk	173

4.4.2	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	175
4.4.3	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom.....	178
4.4.4	Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	181
4.4.5	Sambungan Kolom dengan Kolom	189
4.4.6	Sambungan Kolom dengan Kolom	191
4.4.7	Sambungan Kolom dengan Kolom Beda Dimensi	194
4.4.8	Sambungan Kolom dengan Base Plate.....	198
4.4.9	Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) .	205
4.4.10	Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada Dinding Geser Pelat Baja (SPSW).....	206
4.4.11	Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) dengan Sloof.....	211
4.5	Perencanaan Struktur Pondasi	213
4.5.1	Umum.....	213
4.5.2	Data Perencanaan Pondasi.....	213
4.5.3	Pengolahan Data Tanah.....	214
4.5.4	Perhitungan Pile Cap Tipe I	219
4.5.5	Perencanaan Kolom Pedestal	238
4.5.6	Perencanaan Sloof.....	240
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		245
	Kesimpulan.....	245
	Saran.....	246

DAFTAR PUSTAKA.....	269
LAMPIRAN.....	271

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	8
Gambar 2. 2 Proses Pembuatan Balok <i>Hexagonal Castellated</i> (<i>Grunbauer</i>)	9
Gambar 2. 3 <i>Beam ends left ragged, U = T</i> (<i>Grunbauer</i>) ..	9
Gambar 2. 4 <i>Beam ends left ragged, U > T</i> (<i>Grunbauer</i>)	10
Gambar 2. 5 <i>Beam Ends Finished, U=T</i> (<i>Grunbauer</i>)	10
Gambar 2. 6 <i>Beam ends finished with infill plates, U > T</i> (<i>Grunbauer</i>)	11
Gambar 2. 7 <i>Parallelogram</i> (<i>Altifillisch, 1957</i>).....	13
Gambar 2. 8 <i>Rupture of Welded Joint</i> (<i>Husain dan Speirs 1971</i>).....	14
Gambar 2. 9 Penampang kolom CFT	15
Gambar 2. 10 Dinding Geser Pelat Baja (SPSW).....	18
Gambar 2. 11 Sambungan Balok dengan Kolom	20
Gambar 2. 12 Sambungan Balok dengan RCFT	21
Gambar 3. 1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir.....	23
Gambar 3. 2 Geometri <i>Hexagonal Castellated Beam</i>	28
Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap	46
Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Lantai Atap.....	48
Gambar 4. 3 Denah Balok Anak Lantai Koridor.....	51
Gambar 4. 4 Permodelan Beban yang Bekerja pada Balok Anak	52
Gambar 4. 5 Potongan Melintang Lift.....	62
Gambar 4. 6 Denah Lift.....	62
Gambar 4. 7 Potongan Melintang Lift.....	63
Gambar 4. 8 Gaya dalam yang bekerja pada balok penggantung lift.....	64

Gambar 4. 9 Gaya dalam yang bekerja pada balok penumpu lift	69
Gambar 4. 10 Potongan Tangga	75
Gambar 4. 11 Denah Tangga.....	75
Gambar 4. 12 Perencanaan Pelat Anak Tangga	76
Gambar 4. 13 Perencanaan pembebanan	78
Gambar 4. 14 Perencanaan Pelat Bordes.....	82
Gambar 4. 15 Perencanaan balok utama tangga.....	90
Gambar 4. 16 Pembebanan balok penumpu tangga	99
Gambar 4. 17 Denah Gedung	103
Gambar 4. 18 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya (<i>Sumber : puskim.pu.go.id</i>)	109
Gambar 4. 19 Permodelan struktur gedung At-Tauhid ...	111
Gambar 4. 20 Input Material Data ($f_c' = 25$ MPa)	112
Gambar 4. 21 Input Material Data (BJ-41)	112
Gambar 4. 22 Input Material Data (BJ-37)	113
Gambar 4. 23 Input Data Momen Inersia <i>Hexagonal Castellated Beam</i> (HCB)	114
Gambar 4. 24 Input Data <i>Section Hexagonal Castellated Beam</i> (HCB).....	114
Gambar 4. 25 Input Data <i>Section</i> untuk <i>Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column</i> (RCFT)	115
Gambar 4. 27 Input Data <i>Section</i> untuk <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW)	116
Gambar 4. 26 Input Desain untuk <i>Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column</i> (RCFT)	116
Gambar 4. 28 Input Data <i>Meshing</i> 0,5 m x 0,5 m untuk <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW)	117
Gambar 4. 29 Input Data <i>Meshing</i> 0,5 m x 0,5 m Lantai Dasar	118

Gambar 4. 30 Input Data <i>Mass Source</i>	118
Gambar 4. 31 Input Data <i>Response Spectrum</i>	119
Gambar 4. 32 Input Data <i>Response Spectrum</i> (Gempa X)	119
Gambar 4. 33 Input Data <i>Response Spectrum</i> (Gempa Y)	120
Gambar 4. 34 Geometri balok Hexagonal Castellated ...	130
Gambar 4. 35 Gaya dalam balok frame 2224	132
Gambar 4. 36 Input <i>Frame Property</i> WF 500x300x11x18	133
Gambar 4. 37 Hasil Output Momen dan Geser Maksimum pada SAP 2000	138
Gambar 4. 38 Hasil Output lendutan maksimum pada SAP 2000v14	138
Gambar 4. 39 Penampang Kolom CFT HSS 700x700x25x25	147
Gambar 4. 40 Gaya Axial frame 8	147
Gambar 4. 41 Kontrol Luas Penampang Profil	148
Gambar 4. 42 Desain <i>Steel Plate Shear Wall</i>	160
Gambar 4. 43 Sambungan Balok Anak – Balok Induk ..	173
Gambar 4. 44 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	176
Gambar 4. 45 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	178
Gambar 4. 46 Sambungan Balok Induk dengan Kolom .	181
Gambar 4. 47 Sambungan Kolom dengan Kolom	190
Gambar 4. 48 Sambungan Kolom dengan Kolom	191
Gambar 4. 49 Sambungan Kolom dengan Base Plate (Tampak Samping)	198

Gambar 4. 50 Sambungan Kolom dengan Base Plate (Tampak Atas).....	198
Gambar 4. 51 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW).....	206
Gambar 4. 52 Sambungan HBE dengan VBE pada SPSW	206
Gambar 4. 53 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) dengan Sloof	211
Gambar 4. 54 Denah Rencana Pondasi	214
Gambar 4. 55 Rencana Pondasi Tipe I.....	220
Gambar 4. 56 Reaksi Gaya Pilecap Akibat Beban Kombinasi 1	224
Gambar 4. 57 Reaksi Gaya Pilecap Akibat Beban Kombinasi 2	225
Gambar 4. 58 Reaksi Gaya Pilecap Akibat Beban Kombinasi 3	226
Gambar 4. 59 Bidang kritis geser satu arah.....	227
Gambar 4. 60 Bidang kritis geser dua arah akibat kolom	228
Gambar 4. 61 Bidang kritis geser dua arah akibat tiang pancang	229
Gambar 4. 62 Reaksi Perletakan pada Poer arah X.....	232
Gambar 4. 63 Reaksi Perletakan pada Poer arah Y	234
Gambar 4. 64 Hasil Output PCACOL.....	239
Gambar 4. 65 Penulangan Kolom Pedestal	240
Gambar 4. 66 Mekanika Teknik Sloof	241
Gambar 4. 67 Hasil Output PCACOL.....	242
Gambar 4. 68 Penulangan Sloof.....	243

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Pelat ...	48
Tabel 4. 2	Rekapitulasi Tebal dan Tulangan Pelat	49
Tabel 4. 3	Rekapitulasi pembebanan pada balok anak	57
Tabel 4. 4	Rekapitulasi balok anak dengan masing-masing gaya dalam.....	59
Tabel 4. 5	Kontrol Penampang	60
Tabel 4. 6	Kontrol Penampang balok anak (Momen)	60
Tabel 4. 7	Kontrol Penampang balok anak (Geser).....	60
Tabel 4. 8	Kontrol Penampang balok anak (Lendutan).....	61
Tabel 4. 9	Rincian pembebanan untuk Beban Hidup	105
Tabel 4. 10	Perhitungan N Rata-rata	107
Tabel 4. 11	Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs E	108
Tabel 4. 12	Hasil Partisipasi Masa dari SAP2000.....	121
Tabel 4. 13	Hasil <i>Modal Periods and Frequencies</i> dari SAP2000.....	122
Tabel 4. 14	Hasil <i>Base Reactions</i> dari SAP2000.....	123
Tabel 4. 15	Hasil <i>Base Reactions</i> untuk Gempa X dan Y	125
Tabel 4. 16	Kontrol simpangan antar lantai akibar Gempa X	127
Tabel 4. 17	Kontrol simpangan antar lantai akibar Gempa Y	127
Tabel 4. 18	Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser	128
Tabel 4. 19	Rekap Perhitungan Balok Induk (1)	142
Tabel 4. 20	Rekap Perhitungan Balok Induk (2)	143
Tabel 4. 21	Rekap Perhitungan Balok Induk (3)	143
Tabel 4. 22	Rekap Perhitungan Balok Induk (4)	143

Tabel 4. 23	Rekap Perhitungan Balok Induk (5).....	144
Tabel 4. 24	Rekap Perhitungan Balok Induk (6).....	144
Tabel 4. 25	Rekap Perhitungan Balok Induk (7).....	144
Tabel 4. 26	Rekap Perhitungan Balok Induk (8).....	145
Tabel 4. 27	Rekap Perhitungan Balok Induk (9).....	145
Tabel 4. 28	Rekap Perhitungan Balok Induk (10).....	145
Tabel 4. 30	Rekap Perhitungan Kolom CFT (2)	157
Tabel 4. 29	Rekap Perhitungan Kolom CFT (1)	157
Tabel 4. 31	Rekap Perhitungan Kolom CFT (3)	158
Tabel 4. 32	Rekap Perhitungan Kolom CFT (4)	158
Tabel 4. 33	Rekap Perhitungan Kolom CFT (5)	158
Tabel 4. 34	Rekap Perhitungan Kolom CFT (6)	158
Tabel 4. 37	Rekap Perhitungan Kolom CFT (9)	159
Tabel 4. 36	Rekap Perhitungan Kolom CFT (8)	159
Tabel 4. 35	Rekap Perhitungan Kolom CFT (7)	159
Tabel 4. 38	Rekap Perhitungan Kolom CFT (10)	159
Tabel 4. 39	Rekap Perhitungan HBE dan VBE (1).....	172
Tabel 4. 40	Rekap Perhitungan HBE dan VBE (2).....	172
Tabel 4. 41	Rekap Perhitungan HBE dan VBE (3).....	172
Tabel 4. 42	Data tanah.....	214
Tabel 4. 43	SPT dan korelasinya (J. E. Bowles, 1984)	215
Tabel 4. 44	Perhitungan nilai γ	216
Tabel 4. 45	Perhitungan nilai γ	217
Tabel 4. 46	Reaksi Kolom.....	221
Tabel 4. 47	Rekapitulasi jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang.....	224
Tabel 4. 48	Rekapitulasi jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang.....	225
Tabel 4. 49	Rekapitulasi jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang.....	226

Tabel 4. 50	Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap	238
Tabel 4. 51	Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap (2)	238
Tabel 4. 52	Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap (3)	238

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung di Indonesia dengan material beton bertulang sebagai bahan bangunan masih mendominasi hampir seluruh bangunan gedung yang ada di Indonesia. Namun sebenarnya, terdapat dua jenis material struktur lain yang dapat digunakan sebagai alternatif, yaitu material baja, dan penggabungan dari kedua material baja dan beton (komposit). Material beton memiliki berbagai macam kelemahan, antara lain memiliki bobot yang berat, kuat tarik yang lemah, dalam pengerjaannya dibutuhkan ketelitian yang tinggi, dan daya pantul suara yang lebih besar. Selain hal tersebut pelaksanaan pekerjaan bangunan beton lebih lama dibandingkan dengan bangunan baja.

Baja adalah material bangunan yang memiliki berbagai macam kelebihan, antara lain material baja memiliki sifat daktil, dimana baja mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Ini memberikan cukup waktu untuk evakuasi bila terjadi gempa. Beberapa keunggulan lain dari material baja antara lain sebagai berikut :

1. Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja seragam karena material baja dibuat secara fabrikasi (homogen) di pabrik yang telah memenuhi syarat dan ketentuannya.
2. Daktilitas baja cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.
3. Beberapa keuntungan lainnya dari pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung baut atau las. Pembuatan baja melalui gelas panas mengakibatkan baja menjadi mudah dibentuk menjadi

penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

Selain keuntungan-keuntungan yang telah disebutkan, material baja juga memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periodik harus dicat. Sehingga, untuk mencapai kondisi terbaik dari permasalahan tersebut, penggunaan struktur baja dengan beton komposit dinilai lebih baik dibandingkan hanya struktur beton bertulang maupun baja.

Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya yang kemudian disebut Gedung At-Tauhid merupakan bangunan gedung bertingkat yang terdiri dari 13 lantai. Gedung At-Tauhid yang sebelumnya menggunakan struktur beton bertulang akan dibangun menggunakan struktur baja dengan beton komposit sebagai objek tugas akhir. Konstruksi baja dengan beton komposit yang akan digunakan adalah kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.

Balok *castellated* adalah jenis balok yang merubah bentuknya dengan cara menciptakan pola teratur di lubang web. Balok *castellated* dengan tinggi profil yang lebih tinggi dari profil asalnya, akan menghasilkan momen inersia dan *modulus section* yang lebih besar tanpa menambah berat profil asalnya, sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. Pertimbangan penulis menggunakan balok *hexagonal castellated* karena balok *hexagonal castellated* memiliki nilai *web post buckling* dan *vierendeel mechanism* lebih kecil dibandingkan balok *octagonal castellated* dan *circular castellated* (Jurnal Swastika, 2008). Selain hal tersebut, balok *hexagonal castellated* dipilih karena dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi yang mempunyai bentang balok yang panjang sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi (lebih kuat dan ekonomis).

Pertimbangan untuk menggunakan *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) sebagai kolom karena adanya interaksi antara komponen struktur baja dan beton dengan karakteristik dasar bahan yang dioptimalkan membuat penggunaan baja komposit memanfaatkan seluruh penampang untuk menerima beban, sehingga dengan penampang yang lebih kecil, beban yang mampu diterima sama dengan beton bertulang biasa. Selain itu proses pengerjaan pembangunannya menjadi lebih efisien dengan berkurangnya bekisting untuk beton dan perancah.

Gedung At-Tauhid dikategorikan berdasarkan kategori desain seismiknya. Dari data tanah Gedung At-Tauhid didapatkan hasil nilai parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek (S_{DS}) sebesar 0,607 dan hasil nilai parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik (S_{D1}) sebesar 0,496 untuk kategori risiko bangunan IV, maka bangunan tersebut termasuk dalam kategori desain seismik D yang berarti direncanakan menggunakan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam “Modifikasi Desain Struktur Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated*” dalam Tugas Akhir ini adalah :

1.2.1 Rumusan Masalah Utama

Bagaimana mendesain modifikasi struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?

1.2.2 Rumusan Masalah Detail

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?

2. Bagaimana menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?
3. Bagaimana menganalisa gaya-gaya yang bekerja pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated* dengan program bantu SAP2000?
4. Bagaimana menentukan kontrol desain pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Utama

Mampu mendesain Struktur Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated*.

1.3.2 Tujuan Utama Detail

- 1 Mampu menentukan *preliminary design* pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.
- 2 Mampu menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.
- 3 Mampu menganalisa gaya-gaya yang bekerja pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated* dengan program bantu SAP2000.

- 4 Mampu menentukan kontrol desain pada struktur gedung At-Tauhid menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.
- 5 Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bahasan yang akan timbul dalam penyusunan Tugas Akhir ini serta disiplin ilmu yang dikuasai, maka batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini meliputi:

1. Tugas akhir ini hanya membahas perhitungan struktur, tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan, dan analisa biaya.
2. Tugas akhir ini mempertimbangkan sistem sanitasi dan instalasi .
3. Perencanaan balok didesain non-komposit.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk mengaplikasikan ilmu perkuliahan dengan data gedung yang nyata.
2. Mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mempunyai kelebihan antara lain struktur yang awet, kuat, bangunan lebih ringan, dan lain-lain.
3. Mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mampu menahan gempa, khususnya pada wilayah kategori desain seismik D.
4. Untuk meningkatkan kemampuan dalam perhitungan gedung dengan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* dan balok *hexagonal castellated*.
5. Dari perencanaan ini dapat diketahui hal-hal apa saja yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur dapat diminimalisir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Gedung At-Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya merupakan bangunan gedung perkuliahan bertingkat yang terdiri dari 13 lantai dengan tinggi 48,75 meter yang berlokasi di Jl. Sutorejo no. 59 Surabaya. Pada tugas akhir ini Gedung At-Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya yang semula menggunakan konstruksi beton bertulang akan dimodifikasi menjadi konstruksi baja dengan menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

2.2 Profil Balok *Hexagonal Castellated*

2.2.1 Pengertian Balok *Hexagonal Castellated*

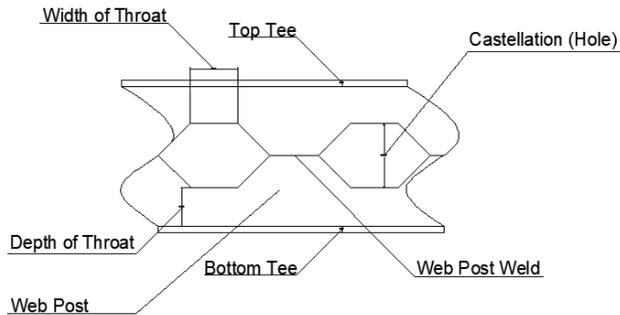
Profil baja *castellated* adalah profil baja I, H, atau U yang kemudian melalui proses pemotongan badan profil (*castellation*) dengan pola zig-zag yang dicetak menggunakan hot-rolled (cetakan panas) berbentuk I, H, atau U. Setengah bagian profil baja yang telah dipotong, disambung dengan cara digeser (ujung kanan di las dengan ujung kiri, dan sebaliknya) sehingga membentuk lubang berbentuk polygonal. Hal ini mengakibatkan bertambahnya tinggi profil. (Amayreh dan Saka, 2001).

Hexagonal Castellated Beam adalah profil baja I yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Penyambungan setengah profil dilakukan dengan cara di las pada bagian “gigi-giginya” sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*) (Grunbauer, 2001). Profil ini mempunyai tinggi (d) hampir 50% lebih tinggi dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia (I_x) dan modulus section (S_x) (Knowles, 1991).

2.2.2 Terminologi

Dibawah ini merupakan penjelasan mengenai bagian-bagian dari *Hexagonal Castellated Beam* (Bardley, 2007) :

- A. *Web-Post Weld* : Luas solid dari balok baja kastella.
- B. *Castellation (Hole)* : Luas yang sudah mengalami pelubangan.
- C. *Width of Throat* : Perpanjangan horizontal dari potongan “gigi” bawah profil.
- D. *Dept of Throat* : Tinggi daerah profil potongan “gigi” bawah sampai sayap profil.



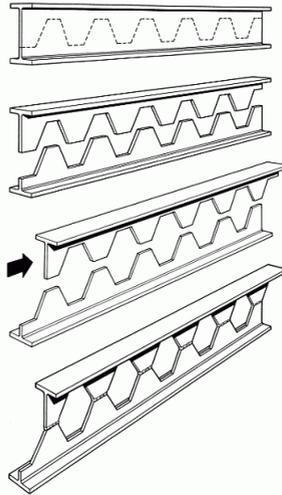
Gambar 2. 1 Bagian Balok *Hexagonal Castellated* (Patrick Bradley, 2007)

2.2.3 Proses Pembuatan Balok *Hexagonal Castellated*

Proses fabrikasi dari *Hexagonal Castellated Beam* diuraikan sebagai berikut (Grunbauer).

- A. Badan profil dibuat dicetakkan hot-rolled (cetakan panas) berbentuk I, H atau U dengan pola pemotongan zig-zag.

- B. Setengah hasil potongan digeser, ujung atas kanan dilas dengan ujung bawah kiri, dan sebaliknya. Sehingga lubang yang dihasilkan berbentuk segi enam (*hexagonal*).



Gambar 2. 2 Proses Pembuatan Balok *Hexagonal Castellated* (*Grunbauer*)

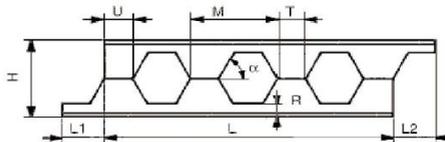
2.2.4 Tipe-Tipe Pemotongan Hexagonal Castellated Beam

Ada empat tipe pemotongan balok berdasarkan dimensi U dan T (*Grunbauer*), yaitu :

- A. *Beam Ends Left Ragged, U=T*

(*Simple and cheap, but not convenient to use*)

Tipe pemotongannya mudah, sederhana dan murah, tetapi kurang baik digunakan.

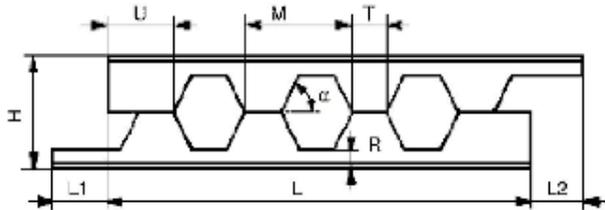


Gambar 2. 3 *Beam ends left ragged, U = T* (*Grunbauer*)

B. *Beam Ends Left Ragged, $U > T$*

(Longer ends, but not very effective)

Tipe pemotongan ini menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif.

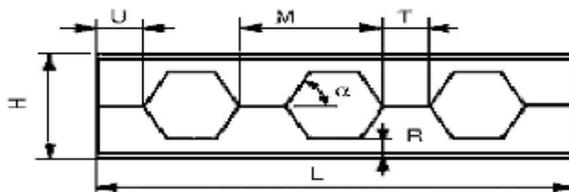


Gambar 2. 4 *Beam ends left ragged, $U > T$ (Grunbauer)*

C. *Beam Ends Finished, $U = T$*

(Nice finish, dearer due to extra cutting operation and material waste)

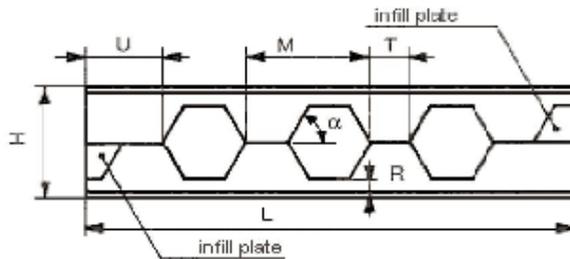
Tipe pemotongan ini menghasilkan potongan yang baik (rapi) serta menghemat material (tidak banyak bahan yang terbuang).



Gambar 2. 5 *Beam Ends Finished, $U = T$ (Grunbauer)*

D. *Beam Ends Finished With Infill Pelates, $U > T$*
 (Strong and rigid, but expensive)

Tipe pemotongan ini menghasilkan profil yang kuat dan kaku, tetapi mahal karena adanya penambahan pelat.



Gambar 2. 6 *Beam ends finished with infill plates, $U > T$*
 (Grunbauer)

2.2.5 Keuntungan dan Kekurangan dari Balok *Hexagonal Castellated*

A. Keuntungan Balok *Hexagonal Castellated*

Keuntungan dari Balok *Hexagonal Castellated* adalah sebagai berikut :

1. Dengan tinggi profil yang lebih tinggi, menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya (Grunbauer).
2. Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil (Grunbauer).
3. Bahan ringan, kuat serta mudah dipasang, dan juga memiliki nilai arsitektural (Grunbauer).
4. Profil *hexagonal castellated* ini juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan *hexagonal castellated* dapat mencapai 30-40 ft atau 9-12 m). Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi (AISC Steel Design Guide 31, *Castellated and Cellular Beam Design*).

5. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi, bangunan komersial, dan bangunan perindustrian (Amayreh dan Saka 2005).

B. Kekurangan Balok *Hexagonal Castellated*

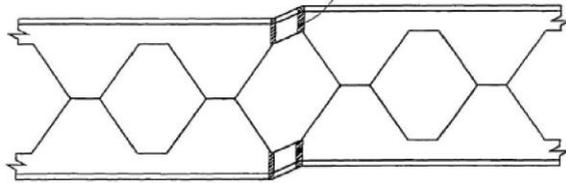
Kekurangan dari Balok *Hexagonal Castellated* adalah sebagai berikut :

1. Balok *castellated* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (fire proofing) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grunbauer).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih pelat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentrations*) (Amayreh dan Saka 2005).
4. Balok *castellated* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat (Amayreh dan Saka 2005).
5. Analisa dari defleksi lebih rumit daripada balok solid (Amayreh dan Saka 2005).

2.2.6 Kegagalan Balok *Hexagonal Castellated*

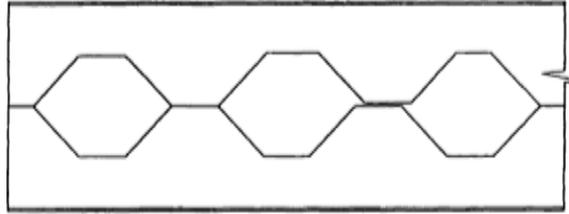
Ada beberapa teori kegagalan profil *castellated* yang dikemukakan oleh para peneliti sebelumnya, diantaranya :

- A. Mekanisme Geser (*Vierendeel atau Shear Mechanism*)
Mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang cukup tinggi pada balok. Sendi plastis terjadi pada ujung balok (*reentrant corners*) pada lubang dapat merubah bentuk bagian T (tee section) menjadi seperti jajar genjang (*parallelogram*) (Altifillisch 1957, Toprac dan Cook 1959). Lokasi kegagalan ini terjadi pada lubang yang menerima gaya geser terbesar.



Gambar 2.7 Parallelogram (*Altifillisch*, 1957)

- B. Tekuk Lateral Torsi pada Pelat Badan (*Lateral – Torsional – Buckling*)
 Tekuk lateral torsi pada pelat badan profil biasanya terjadi pada balok bentang panjang yang tidak memiliki penahan lateral yang cukup untuk menahan tekuk pada sayap. Kegagalan ini disebabkan oleh kurangnya kekakuan torsi pada balok, sebagai hasil dari tinggi dan kelangsingan penampang. Pada tekuk lateral torsi dari balok, lubang pada profil dapat diabaikan, Nethercot dan Kerdal (1982). Sehingga perencanaan tekuk lateral torsi dapat direncanakan sama dengan profil baja biasa.
- C. Putusnya Sambungan Las (*Rupture of Welded Joint*)
 Las pada jarak antara lubang yang satu dengan yang lainnya dapat mengalami *rupture* (putus) ketika tegangan geser horisontal melebihi kekuatan leleh dari pengelasannya (*welded joint*) (Husain dan Speirs 1971).



Gambar 2. 8 *Rupture of Welded Joint (Husain dan Speirs 1971)*

D. Tekuk Pelat Badan Akibat Tekan (*Web Post Buckling due to Compression*)

Kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan pada pelat badan. Kegagalan ini dapat dicegah bila penggunaan pengakunya diperkuat untuk menahan gaya tersebut. (Toprac dan Cook 1959)

2.3 Profil Kolom Komposit

2.3.1 Pengertian 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 & Jonson, 1996).

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

- A. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton).
- B. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton).

Salah satu contoh dari kolom komposit adalah *concrete filled steel tube* (CFT) atau kolom komposit dengan pelat baja merupakan sebuah teknologi terbaru yang saat ini sedang hangat-hangatnya diteliti. Yang menarik dari inovasi ini adalah teknologi memadukan kuat tekan beton dengan kuat tarik pelat baja, sehingga

2 material ini dapat saling menguatkan satu sama lain sebagai konstruksi yang kokoh.



Gambar 2. 9 Penampang kolom CFT

Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan adalah sebagai berikut:

- A. Luas penampang profil baja minimal sebesar 1% dari luas penampang komposit total (SNI 1729:2015 pasal I1.2.1a ayat 2).
- B. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 70 Mpa dan tidak kurang dari 21 Mpa untuk beton normal dan tidak lebih dari 42 Mpa untuk beton ringan (SNI 1729:2015 pasal I1.3 ayat 1).
- C. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 525 Mpa (SNI 1729:2015 pasal I1.3 ayat 2).
- D. Tebal minimum dinding pipa baja atau penampang baja berongga yang diisi beton adalah $b \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$ untuk setiap sisi selebar b pada penampang persegi (SNI 1729-2002 pasal 12.3.1 ayat 5).

2.3.3 Keuntungan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)

Sistem kolom RCFT mempunyai banyak keuntungan daripada baja dan beton bertulang yang dipisah. Keuntungan kolom (Jurnal Shosuke, dan Keigo) sebagai berikut :

- A. Interaksi Antara Tabung Baja dengan Beton :
- Tekuk lokal dari tabung baja tertunda dan penurunan kekuatan setelah tekuk lokal dapat dikendalikan karena ditahan oleh beton. Di sisi lain kekuatan beton meningkat karena tabung baja berperan sebagai bekisting yang mengikat beton dan membatasi retak pada beton, sehingga kerusakan yang terjadi tidak terlalu parah. Terjadinya susut dan rangkai pada beton jauh lebih kecil jika dibandingkan kolom beton bertulang biasa.
- B. Kemampuan Penampang :
- Penggunaan tabung baja pada kolom CFT lebih besar dalam menahan tekanan tinggi dan tekanan yang tidak terkendali jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa. Letak tabung baja pada bagian luar kolom CFT memberikan dampak baja menjadi lebih plastis ketika menerima lentur.
- C. Efisiensi Pada Saat Konstruksi
- Penggunaan tenaga kerja untuk memasang bekisting dan merangkai tulangan bisa dikurangi dan pengecoran beton menggunakan pompa. Efisiensi penggunaan kolom CFT berdampak pada bersihnya pada saat pelaksanaan, pengurangan tenaga kerja, biaya konstruksi dan menghemat waktu konstruksi.
- D. Ketahanan Terhadap Api
- Adanya beton pada kolom CFT meningkatkan ketahanan terhadap api, sehingga penggunaan bahan tahan api dapat dikurangi atau dihilangkan pada kolom CFT.
- E. Biaya Pelaksanaan
- Karena beberapa keunggulan dan manfaat yang telah dijelaskan di atas, optimasi biaya pelaksanaan yang lebih baik dapat diperoleh dengan mengganti kolom struktur baja dengan kolom CFT.
- F. Ekologi Lingkungan

Penggunaan kolom CFT mengurangi penggunaan beksiting kayu dengan menggunakan tabung baja sebagai bekisting sehingga turut menjaga ekologi lingkungan.

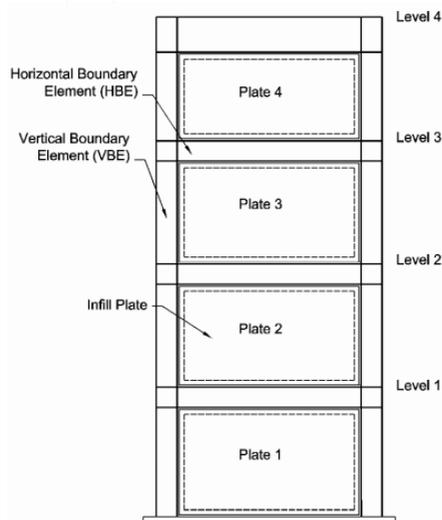
2.4 *Steel Plate Shear Wall*

2.4.1 *Pengertian Steel Plate Shear Wall*

Steel Plate Shear Wall (Dinding Geser Pelat Baja) yang kemudian disingkat menjadi SPSW adalah sebuah sistem (dinding) penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja tipis yang menghubungkan balok dan kolom disekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang. Sebagaimana ditentukan oleh beberapa eksperimen dan penyelidikan secara analitis, SPSW menunjukkan kekakuan awal tinggi, bersifat sangat daktail dan dapat menyerap energi yang besar (Berman dan Bruneau, 2003).

2.4.2 *Desain Steel Pelate Shear Wall*

Dinding geser plat baja terdiri dari batang vertikal yang disebut dengan kolom (Vertical Boundary Elements (VBE)), batang horizontal yang disebut dengan balok (Horizontal Boundary Elements (HBE)), dan pelat pengisi tipis yang melengkung pada bidang geser dan membentuk bidang diagonal untuk menahan beban gempa. Dinding geser plat baja berfungsi sebagai web/badan, dan batang horizontal berfungsi sebagai pengaku (Berman dan Bruneau 2003).



Gambar 2. 10 Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

2.4.3 Jenis *Steel Pelate Shear Wall*

Ada 2 jenis dinding geser pelat baja berdasarkan ukuran dan tinggi yang memiliki keuntungan masing-masing, yaitu *core systems* dan *planar systems* (Seilie dan Hooper, 2005).

A. *SPSW Core Systems*

Dinding geser pelat baja (*SPSW*) ini cocok digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga bangunan bertingkat tinggi. Jenis dinding geser pelat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik.

B. *Multiple Planar SPSW*

Dinding geser pelat baja (*SPSW*) ini cocok untuk bangunan bertingkat rendah dan untuk perkuatan gedung yang sudah ada. Dinding geser ini mempunyai kapasitas geser yang cukup dengan kapasitas momen yang sedikit terbatas.

2.4.4 Fungsi Geser Pelat Baja (Steel Pelate Shear Wall)

Terdapat dua fungsi dari dinding geser pelat baja, yaitu :

- A. Kekakuan
 1. Dinding geser memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan.
 2. Ketika dinding geser cukup kaku, akan mencegah lantai dan atap bergerak.
 3. Bangunan yang cukup kaku, biasanya hanya mengalami kerusakan yang nonstruktural.
- B. Kekuatan
 1. Dinding geser memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horisontal.
 2. Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horisontal ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti pondasi, dll.

2.4.5 Keuntungan *Steel Pelate Shear Wall*

Keuntungan *steel plate shear wall* dalam penggunaannya adalah sebagai berikut:

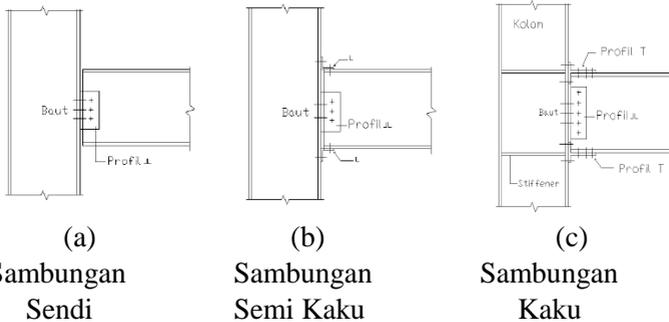
- A. Dibandingkan dengan dinding geser beton bertulang, dinding geser baja jauh lebih kuat namun menghasilkan bobot berat yang lebih sedikit untuk disalurkan menuju kolom dan pondasi (Astaneh, 2001).
- B. Ketebalan dinding geser pelat baja relatif lebih kecil dibandingkan dengan diperkuat oleh dinding geser beton. Selain itu, dari sudut pandang arsitektural, lebih indah. Hal itu menyebabkan area denah lantai menjadi lebih luas (Astaneh, 2001).

2.5 Sambungan

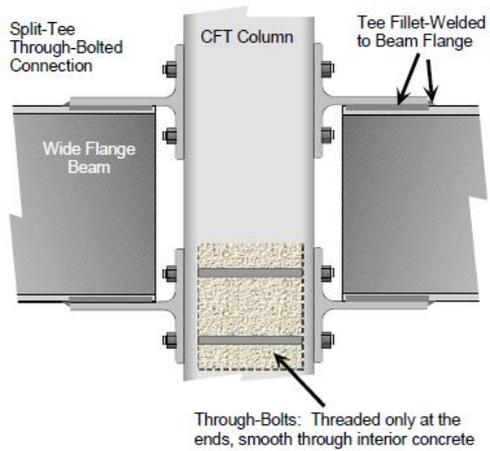
Sambungan terdiri dari beberapa komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

2.5.1 Tipe Sambungan

- A. Sambungan kaku/*rigid connection* adalah sambungan yang dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang akan disambung.
- B. Sambungan semi kaku/*semi rigid connection* adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung, namun harus dianggap memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut-sudut tersebut
- C. Sambungan sendi/*simple connection* adalah sambungan yang pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi harus dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.



Gambar 2. 11 Sambungan Balok dengan Kolom



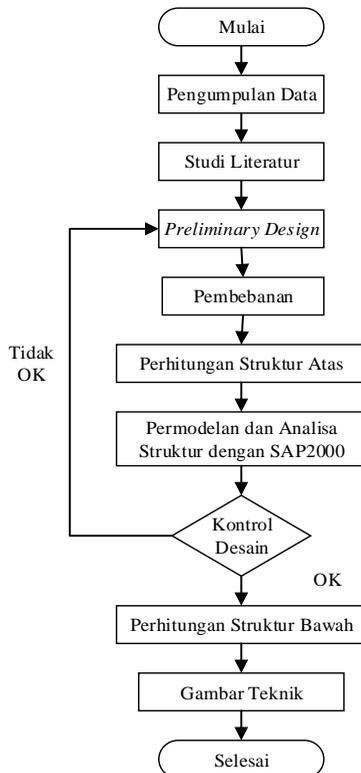
Gambar 2. 12 Sambungan Balok dengan RCFT

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Bagan Alir Metodologi

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini diperlukan metode dan urutan-urutan penyelesaian secara jelas dan sistematis. Oleh karena itu dibuatlah suatu metodologi yang dimaksudkan agar penyelesaian tugas akhir ini berjalan dengan baik. Urutan penyelesaian Tugas Akhir dapat dilihat pada bagan alir pada halaman selanjutnya :



Gambar 3. 1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.2. Metodologi Penyelesaian

Langkah-langkah dalam Modifikasi Desain Struktur Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated* dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk perencanaan gedung meliputi gambar struktur, gambar arsitektur, dan data tanah.

A. Data Bangunan Eksisting :

- Nama Gedung : Gedung At-Tauhid Muhammadiyah
- Lokasi : Jalan Sutorejo no. 59, Surabaya
- Fungsi : Fasilitas Pendidikan
- Jumlah Lantai : 13 Lantai
- Tinggi Gedung : 48,75 meter
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang

Data Modifikasi Bangunan:

- Nama Gedung : Gedung At-Tauhid Muhammadiyah
- Lokasi : Jalan Sutorejo no. 59, Surabaya
- Fungsi : Fasilitas Pendidikan
- Jumlah Lantai : 13 Lantai
- Tinggi Gedung : 48,75 meter
- Struktur Utama : Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* dan Balok *Hexagonal Castellated*
- Sistem Struktur : Sistem *Steel Pelate Shear Wall (SPSW)*
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang

B. Data Tanah :

Data tanah berupa grafik SPT. Data tanah dapat dilihat pada lampiran.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari buku-buku pustaka, jurnal, studi penelitian terdahulu, maupun peraturan-peraturan yang dapat digunakan untuk perhitungan gedung seperti:

- A. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015).
- B. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
- C. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
- D. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
- E. AISC Steel Design Guide-31.
- F. AISC Steel Design Guide-20.
- G. ASCE 7-2002
- H. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
- I. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).
- J. Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2017)
- K. Jurnal-jurnal yang berkaitan.

3.2.3 Preliminary Design

Preliminary design struktur sekunder dan struktur primer yang meliputi data-data perencanaan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material yang digunakan. Preliminary design struktur sebagai berikut:

- A. Perencanaan dimensi struktur sekunder meliputi :
 - Pelat Lantai
 - Balok anak
 - Tangga
 - Balok penggantung dan penumpu lift
- B. Perencanaan dimensi struktur primer meliputi :
 - Balok Induk yang direncanakan menggunakan profil baja *Hexagonal Castellated Beam*.

- Kolom yang direncanakan menggunakan profil baja *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*.
- Sistem struktur yang direncanakan menggunakan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW).

3.2.4 Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Beberapa jenis beban yang ditinjau dalam perencanaan konstruksi bangunan, yaitu:

A. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1).

B. 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 (SNI 1727:2013 Pasal 4.1).

C. Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (PPIUG 1983 pasal 1.03).

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja

tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau (PPIUG 1983 pasal 4.1).

D. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisa *respons spectrum*. *Respons spectrum* adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu system satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami (SNI 1726:2012).

E. Kombinasi Pembebanan

Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan (SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2) dapat dilihat sebagai berikut :

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0W
- 0,9D + 1,0E

Dimana :

- D = Dead Load (Beban Mati)
- L = Life Load (Beban Hidup)
- E = EarthQuake Load (Beban Gempa)
- Lr = Life Roof (Beban Atap)
- R = Rainfall Load (Beban Hujan)
- W = Wind Load (Beban Angin)

3.2.5 Perhitungan Struktur Atas

A. Struktur Sekunder

Melakukan desain struktur sekunder sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :

- Pelat Lantai
- Balok Anak
- Tangga

- Balok Penggantung dan Penumpu Lift
- B. Struktur Utama**
Melakukan desain struktur primer sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :
- Desain Balok
 - Desain Kolom
 - Desain *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)
- C. Sambungan**
Melakukan perencanaan sambungan sesuai dengan mutu bahan dan bentuk struktur agar tidak menimbulkan perilaku yang mempengaruhi struktur lain.

3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur

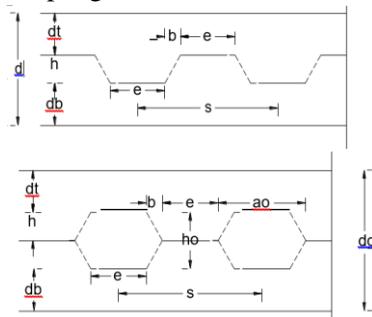
Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu SAP 2000 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

3.2.7 Kontrol Desain

Melakukan kontrol kemampuan semua struktur yang telah direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

3.2.7.1 Kontrol Balok Hexagonal Castellated Beam

A. Kontrol Penampang



Gambar 3. 2 Geometri Hexagonal Castellated Beam
(*AISC Steel Design-31*)

Syarat Lubang (ho) (ASCE 5.2)

$$h \leq 0,7 dg \quad (3.1)$$

Syarat dt dan db (ASCE 5.6.1)

$$dt \text{ dan } db \leq 0,15 dg \quad (3.2)$$

Tekuk Lokal (SNI 1729:2015 Tabel B4.1b)

Sayap :

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} < \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.3)$$

Badan :

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} < \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.4)$$

Parameter lubang (ASCE 5.11)

$$p_o = \left(\frac{a_o}{h_o} \right) + \left(\frac{6 h_o}{d} \right) < 5,6 \quad (3.5)$$

B. Kontrol Tekuk Badan Profil *Hexagonal Castellated Beam* (ASCE 5.2.2)

$$1. \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}} < \frac{1365}{\sqrt{f_y}}, f_y \text{ dalam MPa} \quad (3.6)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 3 \quad (3.7)$$

Balok non-komposit :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p \quad (3.8)$$

$$2. \frac{1100}{\sqrt{f_y}} < \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{f_y}}, f_y \text{ dalam MPa} \quad (3.9)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 2,2 \quad (3.10)$$

$$V_m \leq 0,45 V_p \quad (3.11)$$

Dimana :

$$V_p = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.12)$$

C. Momen Lentur Nominal (ASCE C4.2)

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.13)$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.14)$$

$$\Delta A_s = h_o \cdot t_w \quad (3.15)$$

$$e = 0,25 h_o \quad (3.16)$$

$$M_n = M_p - \left[f_y \Delta A_s \left(\frac{h_o}{4} + e \right) \right] \quad (3.17)$$

Dimana :

M_n = momen lentur nominal balok

h_o = tinggi lubang

t_w = tebal pelat badan

e = eksentrisitas lubang

f_y = kuat leleh baja

D. Kontrol Kuat Geser (ASCE 4.3.1)

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{pt} = \frac{f_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.18)$$

$$\frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} \leq 1 \quad (3.19)$$

$$V_{mt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt} \quad (3.20)$$

Syarat :

$$V_{mt} \leq V_{pt} \quad (3.21)$$

$$V_m = 2 V_{mt} \quad (3.22)$$

Dimana :

V_{mt} = kuat geser satu tee

V_{pt} = kuat geser plastis satu tee

v = $((2 \times b) + 2a) / dt$

$$\mu = \frac{0}{dt}$$

E. Persamaan Interaksi Lentur dan Geser (ASCE 4.1)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n} \right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m} \right)^3 \leq 1 \quad (3.23)$$

F. Kontrol Jarak Antar Lubang (ASCE 5.10)

$$s \geq h_o \quad (3.24)$$

Dimana :

$$s = D_s$$

3.2.7.2 Kontrol Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube*

Kolom komposit *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* menerima kombinasi aksial dan lentur.

A. Kontrol Penampang Kolom Komposit

Kontrol Luas Penampang (SNI 1729:2015 Pasal I2a)

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 1\% \quad (3.25)$$

Kontrol Ketebalan (SNI 1729:2015 Pasal I2.3.1)

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \leq 25 \text{ mm} \quad (3.26)$$

B. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit RCFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

Rasio Lebar Terhadap Ketebalan yang Menahan Aksial
(SNI 1729:2015 Tabel I1.1A)

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \quad (3.27)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.28)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{non kompak}) \quad (3.29)$$

$$\lambda_{\max} = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimum}) \quad (3.30)$$

Rasio Lebar Terhadap Ketebalan yang Menahan Lentur
(SNI 1729:2015 Tabel I1.1B)

Sayap :

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \quad (3.31)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.32)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{non kompak}) \quad (3.33)$$

$$\lambda_{\max} = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimu}) \quad (3.34)$$

Badan :

$$\lambda = \frac{h}{2tw} \quad (3.35)$$

$$\lambda_p = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.36)$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{non kompak}) \quad (3.37)$$

$$\lambda_{\text{max}} = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimum}) \quad (3.38)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

Penampang Kompak (SNI 1729:2015 Pasal 2b ayat (c))

$$P_{no} = P_p \quad (3.39)$$

Dengan,

$$P_p = f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.40)$$

Penampang Non Kompak (SNI 1729:2015 Pasal 2b ayat (d))

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.41)$$

Dengan,

$$P_y = f_y \times A_s + 0,7 f_c' (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.40)$$

Penampang Langsing (SNI 1729:2015 Pasal 2b ayat (e))

$$P_{no} = f_{cr} \times A_s + 0,7 f_c' (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.42)$$

Dengan penampang persegi diisi beton,

$$F_{cr} = \frac{9 E_s}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.43)$$

C. Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial, P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut : (SNI 1729:2015 Lampiran 8.2)

$$M_r = \beta_1 M_{nt} + \beta_2 M_{lt} \quad (3.44)$$

$$P_r = P_{nt} + \beta_2 P_{lt} \quad (3.45)$$

Keterangan :

- β_1 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$,
ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.
- β_2 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$,
ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.
- Mlt = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK akibat translasi lateral.
- Mnt = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.
- Mr = Momen orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi DFBK.
- Plt = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK akibat translasi lateral.
- Pnt = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.
- Pr = Kekuatan aksial orde kedua menggunakan kombinasi beban DFBK.

Pengali β_1 untuk Efek $P-\delta$

(SNI 1729:2015 Lampiran 8.2 ayat 1)

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.46)$$

Keterangan :

- α = 1 (DFBK)
- C_m = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :
- $C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2)$ (3.47)
Dengan M_1 dan M_2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.
- P_{e1} = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur

dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.48)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴

L = Panjang komponen struktur, mm

K₁ = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur

Pengali β_2 untuk Efek $P-\Delta$

(SNI 1729:2015 Lampiran 8.2 ayat 2)

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1 \quad (3.49)$$

Keterangan :

α = 1 (DFBK)

P_{story} = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penerahan gaya lateral

P_{e story} = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut :

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.50)$$

Keterangan :

$$R_m = 1 - \left(0,15 \frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}}\right) \quad (3.51)$$

L = Tinggi tingkat, mm

- P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.
 Δ_H = Simpangan tingkat dalam orde pertama.
 H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung Δ_H

D. Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y. (SNI 1729:2015 Pasal F1 ayat 1)

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (3.52)$$

Keterangan :

M_u = Momen lentur terfaktor

ϕ_b = faktor reduksi = 0,9

M_n = Momen nominal

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

Untuk penampang kompak

(SNI 1729:2015 Pasal F7 ayat 1)

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x \quad (3.53)$$

Untuk penampang nonkompak

(SNI 1729:2015 Pasal F7 ayat 2(b))

$$M_n = M_p - (M_p - f_y \cdot S) \left(3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right) \leq M_p \quad (3.54)$$

Untuk penampang langsing

(SNI 1729:2015 Pasal F7 ayat 2(c))

$$M_n = f_y \times S_e \quad (3.55)$$

Keterangan :

S_e = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif, b_e , dari sayap yang diambil sebesar :

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}}\right)} \leq b \quad (3.56)$$

E. Persamaan Interaksi Aksial momen

Interaksi lentur dan gaya tekan pada komponen struktur simetris ganda dan komponen struktur simetris tunggal berdasarkan :

$$\text{Bila } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \text{ (SNI 1729:2015 Pasal H1 ayat 1(a))}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.57)$$

$$\text{Bila } \frac{P_r}{P_c} \leq 0,2 \text{ (SNI 1729:2015 Pasal H1 ayat 1(b))}$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.58)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (N).

P_c = $\phi_c P_n$
= Kekuatan aksial desain, (N).

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (Nmm).

M_c = $\phi_b M_n$
= Kekuatan lentur desain, (Nmm).

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0,90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

3.2.7.3 Kontrol *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)

- A. Kontrol Sudut Kemiringan Tarik Pelat
(*AISC Steel Design-20* Pasal 3.2.1)

$$30^\circ < \alpha = \tan^{-1} \sqrt{\frac{1 + \frac{tL}{2Ac}}{1 + t \text{hs} \left(\frac{1}{Ab} + \frac{h^3}{360 Ic L} \right)}} < 50^\circ \quad (3.59)$$

Dimana :

- t = ketebalan pelat SPSW
- L = panjang balok
- Ac = luas penampang kolom
- hs = tinggi tiap lantai
- Ab = luas penampang balok
- Ic = momen inersia kolom

B. Kontrol Momen Inersia
(AISC Steel Design-20 Pasal 2.5)

Momen inesia kolom harus memenuhi persamaan berikut :

$$Ic \geq \frac{0,00307 t \text{hs}^4}{L} \quad (3.60)$$

C. Kontrol Geser Nominal Pelat
(AISC Steel Design-20 Pasal 2.6.2)

$$V_n = 0,42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.61)$$

Dimana :

- L_{cf} = jarak bersih antar kolom (mm)

3.2.7.4 Kontrol Gempa

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 1726:2012 adalah sebagai berikut :

- A. Kontrol Partisipasi Massa
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.
- B. Kontrol Periode Getar Struktur

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (3.62)$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental struktur

C_t = Koefisien

h_n = Tinggi gedung

x = Koefisien

C. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik.

D. Kontrol Kinerja Struktur Gedung

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

$$\Delta_n = \frac{(\delta e_n - \delta e_{(n-1)}) \times C_d}{I_e} \leq \Delta_{ijin} \quad (3.63)$$

Dimana :

δe_n = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gempa desain tingkat kekuatan

C_d = Faktor pembesaran defleksi (Tabel 9)

I_e = Faktor keutamaan gempa (Pasal 4.1.2)

3.2.7.5 Kontrol Sambungan

A. Sambungan Baut

Kuat Geser Baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1)

$$V_d = \phi_f V_n \quad (3.64)$$

$$= \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b$$

Keterangan :

r_1 = 0,5 baut tanpa ulir pada bidang geser

r_2 = 0,4 baut dengan ulir pada bidang geser

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan

f_u^b = Tegangan tarik putus baut
 A_b = Luas bruto penampang baut

Kuat Tumpu Baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4)

$$\begin{aligned}
 R_d &= \phi_f R_n & (3.65) \\
 &= 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u
 \end{aligned}$$

Keterangan :

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan

d_b = Diameter baut

t_p = Tebal pelat

f_u = Tegangan tarik putus

Kontrol Jarak Baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.2)

$$\text{Jarak tepi min} = 1,5 d_b \quad (3.66)$$

$$\text{Jarak tepi maks} = 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \quad (3.67)$$

$$\text{Jarak min} = 3 d_b \quad (3.68)$$

$$\text{Jarak maks} = (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (3.69)$$

Dimana :

d_b = Diameter baut nominal

t_p = Tebal pelat lapis tertipis di dalam sambungan

B. Sambungan Las

Las Pengisi (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.4.2)

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (3.70)$$

dengan,

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 (0,6 f_{uw}) A_w \quad (3.71)$$

Keterangan :

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan

f_{uw} = Tegangan tarik putus logam

A_w = Luas penampang

3.2.8 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

3.2.8.1 Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Secara umum perumusan kapasitas daya dukung tiang pancang adalah sebagai berikut (Terzaghi, 1943) :

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p \quad (3.72)$$

Dimana:

Q_{ult} = daya dukung *ultimate* pondasi tiang pancang

Q_s = gesekan sepanjang keliling tiang pancang
(*friction*).

Q_p = daya dukung ujung tiang pancang
(*end bearing capacity*)

Adapun metode yang dipakai untuk mendapatkan harga Q_{ult} dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah berdasarkan data SPT (*Standard Penetration Test*) di lapangan.

3.2.8.2 Perencanaan Daya Dukung Tiang Pancang

Berdasarkan SPT Lapangan

Data SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan daya dukung tiang pancang dan harus dilakukan beberapa koreksi terhadap data tersebut. Koreksi-koreksi yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut :

A. Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

1. Untuk tanah pasir halus, pasir belanau, dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dengan harga $N > 15$, maka harga N dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut dan diambil harga yang terkecil dari persamaan berikut :

- a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$ (Terzaghi & Peck, 1960) (3.73)

- b. $N_1 = 0,6 N$ (Bazaraa, 1967) (3.74)

2. Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dengan harga $N \leq 15$ tidak perlu dilakukan koreksi sehingga $N_1 = N$.

B. Koreksi Terhadap *Overburden Pressure* dari Tanah

Hasil dari koreksi terhadap muka air tanah (N_1) dikoreksi terhadap pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah, di mana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = tekanan *overburden*). Koreksi terhadap tekanan *overburden* adalah sebagai berikut (Bazaraa, 1967) :

1. Bila $p_o \leq 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4 N_1}{1 + (0,4 p_o)} \quad (3.75)$$

2. Bila $p_o > 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + (0,1 p_o)} \quad (3.76)$$

Dimana:

p_o = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan tanah

atau kedalaman yang ditinjau, dalam satuan ton/m^2 .

Harga N_2 yang didapat nilainya harus kurang dari atau sama dengan dua kali harga N_1 ($N_2 \leq 2N_1$). Untuk menghitung *end-bearing capacity* dilakukan perhitungan sebagai berikut ini:

$$\text{Pujung} = C_n \text{ ujung} \times A \text{ ujung} \text{ (ton)} \quad (3.77)$$

Dimana :

$$C_n \text{ ujung} = 40 \times N \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

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

$$A \text{ ujung} = \text{luas ujung tiang pancang (m}^2\text{)}$$

Untuk menghitung *friction* sepanjang tiang pancang dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\sum \text{Psi} = C_{li} \times \text{Asi} \quad (3.78)$$

Dimana :

$C_{li} = f_{si}$ = hambatan geser selimut tiang pada
setiap lapisan atau kedalaman
= $N_i / 2$ (ton/m^2) untuk tanah lempung atau lanau

	= $N_i / 5$ (ton/m ²) untuk tanah pasir	
Asi	= luas selimut tiang pada setiap lapisan i	
	= $O_i \times h_i$	
O_i	= keliling tiang pancang	
Sehingga:		
Pult 1 tiang	= Pujung + ΣP_{ψ}	(3.79)
Pijin	= Pult 1 tiang / SF	(3.80)
Harga SF	= 2 untuk beban sementara, dan 3 untuk beban tetap.	

3.2.8.3 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pada suatu kelompok tiang, akan terjadi kondisi dimana salah satu pondasi akan menerima beban aksial paling maksimum dan paling minimum. Besarnya daya dukung kelompok tiang yang dipakai adalah yang paling menentukan. Besarnya gaya yang bekerja pada 1 tiang pancang pada kelompok tiang adalah sebagai berikut (*Pamungkas, Anugrah, 2013, Desain Pondasi Tahan Gempa*):

$$P \text{ maks} = \frac{P}{n} + \frac{M_x \cdot y}{\Sigma y^2} - \frac{M_y \cdot x}{\Sigma x^2} \quad (3.81)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PERENCANAAN

4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

4.1.1 Umum

Perencanaan struktur sekunder terdiri atas pelat lantai, balok anak, tangga, dan balok lift. Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat *typical* untuk seluruh lantai gedung.

4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai

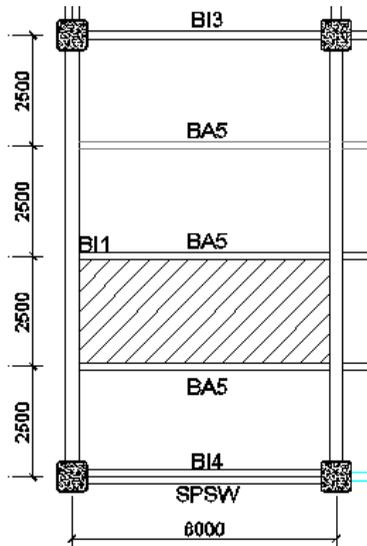
Perencanaan pelat lantai pada bangunan dibagi menjadi 4 bagian menurut fungsi ruangnya, yaitu :

- A. Pelat Lantai Atap
- B. Pelat Lantai Kantor
- C. Pelat Lantai Kelas
- D. Pelat Lantai Koridor

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER FLOOR DECK®. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu $f_c' = 25$ MPa
- Bondex menggunakan tebal 0,75 mm
- Mutu baja tulangan U-48 ($f_y = 4800$ kg/cm²)
- Bondex tanpa penyangga (*no props*).

4.1.2.1 Pelat Lantai Atap



Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap

Pelat lantai yang dijabarkan oleh penulis adalah pelat lantai atap dengan lebar 2,5 m dan panjang 6 m. Berikut perhitungan pelat lantai pada lantai atap :

Pembebanan

Beban Mati :

- | | |
|---------------------------------------|--|
| - Berat aspal (t = 2 cm) : 2 x 14 | = 28 kg/m ² |
| - Berat plafon + penggantung : 11 + 7 | = 18 kg/m ² |
| - Berat ducting dan plumbing | = 19,53 kg/m ² + |
| | q _D = 65,53 kg/m ² |

Beban Hidup :

- | | |
|---------------|---|
| - Lantai atap | q _L = 97,893 kg/m ² |
|---------------|---|

Beban Berguna :

$$q_U = q_D + q_L = 65,53 + 97,893 = 163,423 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$$

Keterangan :

<i>Aspal</i>	$= 14 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1983)
<i>Plafond</i>	$= 11 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1983)
<i>Pengantung</i>	$= 7 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1983)
<i>Ducting dan plumbing</i>	$= 19,53 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 7-2002 Tabel C3-1)
<i>Lantai Atap</i>	$= 20 \text{ Psf} = 97,893 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondex :

- Bentang $= 2,50 \text{ m}$
- Beban berguna $= 200 \text{ kg/m}^2$
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan A_s perlu $= 1,71 \text{ cm}^2/\text{m}$ mutu U-48. Tegangan leleh 4800 kg/cm^2 .

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : UNION WIREMESH
- Dimensi : M6 – 150
- Mutu : U-50

Karena mutu tulangan dari spesifikasi bondex berbeda dengan spesifikasi wiremesh, maka dilakukan konversi kebutuhan tulangan negatif.

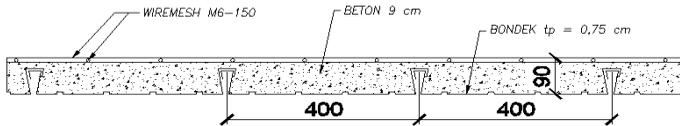
$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu U-50}} &= A_{s \text{ perlu U-48}} \times \frac{\text{Tegangan Leleh U-48}}{\text{Tegangan Leleh U-50}} \\
 &= 1,71 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{4800 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 1,642 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{\text{Jarak wiremesh}} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (6 \text{ mm})^2 \times \frac{1000}{150} \\
 &= 1,885 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &\leq A_{s \text{ pakai}} \\
 1,642 \text{ cm}^2/\text{m} &< 1,885 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Maka, pelat lantai atap dapat didesain dengan menggunakan tulangan wiremesh M6-150.



Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Lantai Atap

4.1.2.2 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Lantai

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Pelat

Keterangan		Item Beban	Beban per Item	Beban Berguna
			(Kg/m ²)	
Lt. Atap	Beban Mati	Aspal 2 cm	28	200
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19,53	
	Beban Hidup	Lantai Atap	97,893	
R. Kelas	Beban Mati	Keramik 1 cm	24	300
		Spesi 2 cm	42	
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19,53	
	Beban Hidup	Ruang Kelas	195,786	
R. Kantor	Beban Mati	Keramik 1 cm	24	400
		Spesi 2 cm	42	
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19,53	
	Beban Hidup	Ruang Kantor	244,732	

Keterangan	Item Beban	Beban per Item	Beban Berguna	
		(Kg/m ²)		
Lt. Koridor	Beban Mati	Keramik 1 cm	24	600
		Spesi 2 cm	84	
		Plafond + penggantung	18	
		<i>Ducting dan Plumbing</i>	19,53	
	Beban Hidup	Lantai Koridor	488,444	

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Tebal dan Tulangan Pelat

Jenis Pelat	tebal pelat (cm)	Lebar	As perlu U-48	As perlu U-50	Dimensi Wiremesh	As Wiremesh	Cek
		(m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(mm)	(cm ² /m)	
Atap	9	1,5	0,59	0,566	M6 - 150	1,885	OK
Atap	9	1,7	0,81	0,776	M6 - 150	1,885	OK
Atap	9	1,9	1,07	1,027	M6 - 150	1,885	OK
Atap	9	2	1,07	1,027	M6 - 150	1,885	OK
Kantor	9	1,5	0,85	0,816	M8 - 150	3,351	OK
Kantor	9	2	1,55	1,488	M8 - 150	3,351	OK
Kantor	9	2,5	2,48	2,381	M8 - 150	3,351	OK
Kelas	9	1,5	0,73	0,701	M8 - 150	3,351	OK
Kelas	9	1,7	0,99	0,95	M8 - 150	3,351	OK
Kelas	9	1,9	1,31	1,258	M8 - 150	3,351	OK
Kelas	9	2	1,31	1,258	M8 - 150	3,351	OK
Kelas	9	2,5	2,09	2,006	M8 - 150	3,351	OK

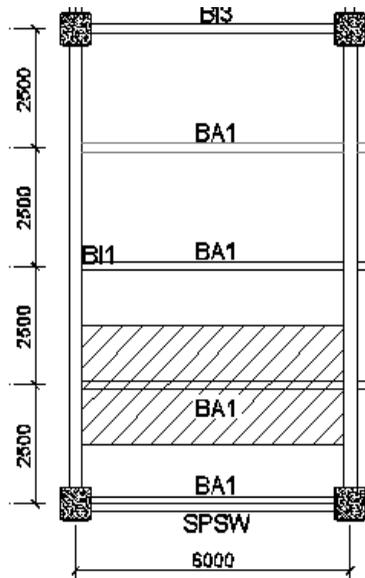
Jenis Pelat	tebal pelat (cm)	Lebar	As perlu U-48	As perlu U-50	Dimensi Wiremesh	As Wiremesh	Cek
		(m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(mm)	(cm ² /m)	
Koridor	9	1,2	1,11	1,066	M8 - 150	3,351	OK
Koridor	9	1,5	1,11	1,066	M8 - 150	3,351	OK
Koridor	9	1,7	1,53	1,469	M8 - 150	3,351	OK
Koridor	9	1,9	2,03	1,949	M8 - 150	3,351	OK
Koridor	9	2	2,03	1,949	M8 - 150	3,351	OK
Koridor	9	2,5	3,25	3,12	M8 - 150	3,351	OK

4.1.3 Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

Perencanaan balok anak dibagi menjadi 4 bagian menurut fungsi ruangnya, yaitu :

- A. Balok Anak Lantai Atap
- B. Balok Anak Lantai Kantor
- C. Balok Anak Lantai Kelas
- D. Balok Anak Lantai Koridor



Gambar 4. 3 Denah Balok Anak Lantai Koridor

4.1.3.1 Balok Anak

Balok anak yang dijabarkan oleh penulis adalah balok anak pada pelat lantai koridor dengan panjang 6 m. Balok anak direncanakan menggunakan profil WF 350x175x6x9 dengan data profil sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W & = 41.4 \text{ kg/m} & r & = 14 \text{ mm} & h_w & = 346-2(6+14) \\
 A & = 52.68 \text{ cm}^2 & Z_x & = 689.1 \text{ cm}^3 & & = 300 \text{ mm} \\
 t_w & = 6 \text{ mm} & i_y & = 3.88 \text{ cm} & b_f & = 174 \text{ mm} \\
 t_f & = 9 \text{ mm} & I_x & = 11100 \text{ cm}^4 & & \\
 d & = 346 \text{ mm} & I_y & = 792 \text{ cm}^4 & &
 \end{array}$$

Mutu baja yang digunakan adalah BJ-41 dengan kuat leleh (f_y) = 250 MPa.

A. Pembebanan pada balok anak lantai koridor

- **Beban mati**

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat spesi (2 cm) 2 x 21	= 42	kg/m ²
Berat keramik (1 cm) 1 x 24	= 24	kg/m ²
Berat beton (9 cm) 0,9 x 2400	= 216	kg/m ²
Berat plafond + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
Berat ducting dan plumbing	= 19,53	kg/m ²
	= 329,63	kg/m ² +
 Berat perhitungan pelat lantai		
329,63 kg/m ² x 2,5 m	= 824,075	kg/m
Berat profil	= 41,4	kg/m
	= 865,475	kg/m +

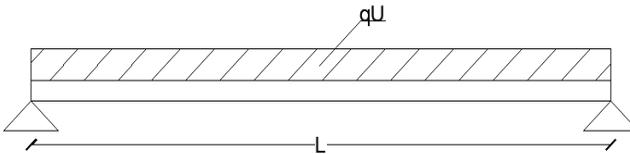
- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup lantai koridor	= 488,444	kg/m ²
$q_L = 2,5 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2$	= 1221,11	kg/m

- **Beban berfaktor :**

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \times q_D + 1,6 \cdot q_L \\
 &= (1,2 \times 865,475 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 1221,11 \text{ kg/m}) \\
 &= 2992,346 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

B. Gaya dalam yang bekerja pada balok anak lantai atap



Gambar 4. 4 Permodelan Beban yang Bekerja pada Balok Anak

- Momen yang terjadi (M_U)

$$\begin{aligned}
 M_U &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2992,346 \text{ kg/m} \times (6 \text{ m})^2 \\
 &= 13465,557 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi (V_U) :

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2992,346 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} \\ &= 8977,038 \text{ kg} \end{aligned}$$

C. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{174}{2 \times 9} = 9,667$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,667 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 50 < 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap

(Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak

(Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$

(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

D. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$L_b = 40 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 3,88 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 193,148 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= 689,1 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1722795 \text{ kgcm} = 17227,95 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 17227,95 \text{ kgm} &\geq 13465,557 \text{ kgm} \\ 15505,155 \text{ kgm} &> 13465,557 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

E. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{6} = 50 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{fy}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{fy}} \rightarrow 50 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 34,6 \times 0,6 \times 1 \\ &= 31140 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 31140 \text{ kg} &\geq 8977,038 \text{ kg} \\ 28026 \text{ kg} &> 8977,038 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (Vn) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

F. Kontrol lendutan

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 600 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(8.655 + 12.211) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 111100} = 1,586 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1,586 \text{ cm} < 1,667 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 350x175x6x9 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai koridor.

4.1.3.2 Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak

Pada rekapitulasi pembebanan balok anak ini penulis hanya merekapitulasi ruangan dengan dimensi terbesar dari panjang dan lebar pada masing-masing fungsi ruangan. Berikut merupakan rekapitulasi pembebanan pada balok anak :

Tabel 4. 3 Rekapitulasi pembebanan pada balok anak

Keterangan		Item Beban	Dimensi		Beban	qU (kg/m)
			P	L	Kg/m	
Lt. Atap	Beban Mati	Aspal 2 cm	6	2,5	70	1304,862
		Plafond + penggantung			45	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			48,825	
		Bondek			25,25	
		Berat sendiri profil WF			32	
		Beton bertulang 9 cm			540	
	Beban Hidup	Atap			244,733	
Ruang Kelas	Beban Mati	Keramik 1 cm	6	2,5	60	1816,074
		Spesi 2 cm			105	
		Plafond + penggantung			45	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			48,825	
		Bondek			25,25	
		Berat sendiri profil WF			36,7	
		Beton bertulang 9 cm			540	
	Beban Hidup	Ruang Kelas			489,465	
Ruang Kantor	Beban Mati	Keramik 1 cm	6	2,5	60	865,475
		Spesi 2 cm			105	
		Plafond + penggantung			45	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			48,825	
		Bondek			25,25	

Keterangan		Item Beban	Dimensi		Beban	qU (kg/m)
			P	L	Kg/m	
		Berat sendiri profil WF			41,4	
		Beton bertulang 9 cm			540	
	Beban Hidup	Ruang Kantor			611,83	
Lt. Koridor	Beban Mati	Keramik 1 cm	6	2	48	2403,813
		Spesi 2 cm			48	
		Plafond + penggantung			36	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			39,06	
		Bondek			20,2	
		Berat sendiri profil WF			41,4	
	Beton bertulang 9 cm	432				
	Beban Hidup	Koridor			976,888	

Dari tabel tersebut kemudian dilanjutkan dengan tabel rekapitulasi balok anak dengan masing-masing gaya dalam.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi balok anak dengan masing-masing gaya dalam

Ket. Letak Balok Anak	Profil WF	p	l	Pembebanan (qU)	Gaya Dalam	
					Mu	Vu
		m	m		kg/m	kgm
Lt. Atap	300x150x5,5x8	6	1,5	798,28	3592,25	2119,0
Lt. Atap	300x150x5,5x8	6	1,8	950,25	4276,14	4676,8
Lt. Atap	300x150x5,5x8	6	2	1051,57	4732,06	4676,8
Lt. Atap	300x150x5,5x8	6	2,25	1178,22	5301,97	3507,8
Lt. Atap	300x150x5,5x8	6	2,5	1304,86	5871,88	3726,1
R. Kelas	300x150x6,5x9	6	1,5	1107,26	4982,67	3321,78
R. Kelas	300x150x6,5x9	6	1,8	1319,91	5939,57	3498,6
R. Kelas	300x150x6,5x9	6	2,25	1638,87	7374,92	4916,61
R. Kelas	300x150x6,5x9	6	2,5	1816,07	8172,33	8977,04
R. Kantor	350x175x6x9	6	1,5	1230,37	5536,67	3691,11
R. Kantor	350x175x6x9	6	2	1623,93	7307,71	4871,8
R. Kantor	350x175x6x9	6	2,25	1820,72	8193,22	5462,15
R. Kantor	350x175x6x9	6	2,5	2017,5	9078,74	6052,49
Lt. Koridor	350x175x6x9	3	0,6	755,92	850,41	1133,88
Lt. Koridor	350x175x6x9	6	1,5	1815,28	8168,76	5445,84
Lt. Koridor	350x175x6x9	6	1,8	2168,4	9757,8	6505,2
Lt. Koridor	350x175x6x9	6	2	2403,81	10817,16	7211,44
Lt. Koridor	350x175x6x9	6	2,25	2698,08	12141,36	8094,24
Lt. Koridor	350x175x6x9	6	2,5	2992,35	13465,56	8977,04

Tabel 4. 5 Kontrol Penampang

Balok Anak	Kontrol Penampang							Kategori Penampang
	Sayap		Badan		Kategori	Tekuk Lateral (cm)		
	λ	λ_p	λ	λ_p		$\lambda \leq \lambda_p$	Lb*	
Lt. Atap	9,31	10,748	46,55	106,349	kompak	40	163,78	Bentang Pendek
R.Kelas	8,33		39,39		kompak	40	163,78	Bentang Pendek
R. Kantor	9,67		50		kompak	40	193,15	Bentang Pendek
Lt. Koridor	9,67		50		kompak	40	193,15	Bentang Pendek

*Lb = jarak antar *shear connector* bondek

Tabel 4. 6 Kontrol Penampang balok anak (Momen)

Balok Anak	Mu	ϕM_n	$\phi M_n > Mu$
	(kgm)	(kgm)	
Lt. Atap	5871,879	10238,074	Memenuhi
R. Kelas	8172,333	11746,721	Memenuhi
R. Kantor	9078,741	15505,155	Memenuhi
Lt. Koridor	13465,557	15505,155	Memenuhi

Tabel 4. 7 Kontrol Penampang balok anak (Geser)

Balok Anak	Vu	ϕV_n	$\phi V_n > Vu$
	(kg)	(kg)	
Lt. Atap	3914,586	22126,5	Memenuhi
R. Kelas	5448,222	26325	Memenuhi
R. Kantor	6052,494	28026	Memenuhi
Lt. Koridor	8977,038	28026	Memenuhi

Tabel 4. 8 Kontrol Penampang balok anak (Lendutan)

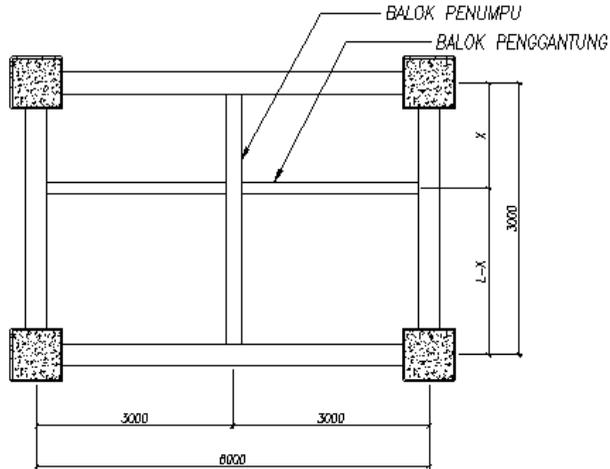
Balok Anak	f_x	f_{ijin}		Kontrol
	(cm)	syarat	(cm)	
Lt. Atap	1,343	360	1,667	Memenuhi
R. Kelas	1,58	360	1,667	Memenuhi
R. Kantor	1,123	360	1,667	Memenuhi
Lt. Koridor	1,586	360	1,667	Memenuhi

4.1.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift ini 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 (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur lift).

Data Perencanaan:

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
Standart – speed
1,5 – 1,75 m/s
- Merek : SIGMA IRIS NV
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur
(*hoistway inside*) 2 Car : 4150 x 2150 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*) : 1600 x 1500 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4150 x 2150 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
R₁ = 6150 kg
(berat mesin penggerak + beban kereta + pelengkap)
R₂ = 4300 kg
(berat bandul pemberat + perlengkapan)



Gambar 4. 7 Potongan Melintang Lift

- Koefisien kejut beban hidup karena lift

Pada pasal 4.6.3 SNI 1727 : 2013 untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau tenaga *driven* (lift) harus ditingkatkan 50%.

$$K_{LL} = (1 + 50\%) = 1,5$$

Sehingga beban yang bekerja pada balok :

$$\begin{aligned} P &= \sum R \times K_{LL} \\ &= (6150 \text{ kg} + 4300 \text{ kg}) \times 1,5 \\ &= 15675 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.1.4.1 Balok Penggantungan Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil

WF 300 x 200 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

$W = 56,8 \text{ kg/m}$	$r = 18 \text{ mm}$	$h = 294 - 2(12 + 18)$
$A = 72,38 \text{ cm}^2$	$Z_x = 822,6 \text{ cm}^3$	$= 234 \text{ mm}$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4,71 \text{ cm}$	$bf = 200 \text{ mm}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 11300 \text{ cm}^4$	
$d = 294 \text{ mm}$	$L = 300 \text{ cm}$	

a. Pembebanan pada balok penggantung lift

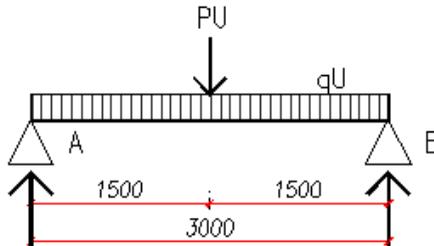
- **Beban mati**

Berat profil balok penggantung lift	= 151	kg/m
Berat aspal 2 cm (2x14)	= 28	kg/m
Berat pelat bondek (10,1 kg/m ² x 1,5 m)	= 15,15	kg/m
Berat pelat beton (0,09 x 2400 x 1,5)	= 324	kg/m
	<hr/>	
	= 423,95	kg/m
Berat sambungan, dll(10%)	= 42,395	kg/m
q_D	= 466,345	kg/m

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup lantai atap	= 97.893	kg/m ²
$q_L = 1,5 \text{ m} \times 97.893 \text{ kg/m}^2$	= 146,84	kg/m

- **Beban terpusat lift**



Gambar 4. 8 Gaya dalam yang bekerja pada balok penggantung lift

$$P_D = 15675 \text{ kg}$$

- **Beban kombinasi**

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \times q_D + 1,6 \times q_L \\ &= 1,2 \times 466,345 \text{ kg/m} + 1,6 \times 146,84 \text{ kg/m} \\ &= 794,557 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= 1,4 P_D \\ &= 1,4 \times 15675 \text{ kg} \\ &= 21945 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penggantung lift

$$\begin{aligned}
 V_U &= \frac{1}{2} q_U L + \frac{1}{2} P_U \\
 &= (\frac{1}{2} \times 794,557 \text{ kg/m} \times 3 \text{ m}) + (\frac{1}{2} \times 21945 \text{ kg}) \\
 &= 12164,336 \text{ kg} \\
 M_U &= \frac{1}{8} q_U L^2 + \frac{1}{4} P_U L \\
 &= [\frac{1}{8} \times 794,557 \times (3)^2] + (\frac{1}{4} \times 21945 \times 3) \\
 &= 17352,627 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,333$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,333 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

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

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29,25 < 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \times Z_x \\
 &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 823 \text{ cm}^3 \\
 &= 2056500 \text{ kgcm} = 20565 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 M_u &< \emptyset M_n \\
 17352,627 \text{ kgm} &< 0,9 \times 20565 \text{ kgm} \\
 17352,627 \text{ kgm} &< 18508,5 \text{ kgm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

$$\begin{aligned} L_b &= 300 \text{ cm} \\ L_p &= 234,465 \text{ cm} \\ L_r &= 742,69 \text{ cm} \end{aligned}$$

Keterangan :

L_p dan L_r (Tabel profil)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah,
sehingga perhitungan nilai M_n adalah sebagai berikut :

- Momen di $\frac{1}{4}$ Bentang (M_a)

$$\begin{aligned} M_a &= M_u \times \frac{3}{4} \\ &= 17352,627 \text{ kgm} \times \frac{3}{4} \\ &= 13014,47 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen di $\frac{1}{2}$ Bentang (M_b)

$$\begin{aligned} M_b &= M_u \\ &= 17352,627 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen di $\frac{3}{4}$ Bentang (M_c)

$$\begin{aligned} M_c &= M_u \times \frac{3}{4} \\ &= 17352,627 \text{ kgm} \times \frac{3}{4} \\ &= 13014,47 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

=

$$\frac{12,5 \times 17352,627}{(2,5 \times 17352,627) + (3 \times 13014,47) + (4 \times 17352,627) + (3 \times 13014,47)}$$

$$= 1,136 < 2,3$$

$$\begin{aligned}
M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - (0.7 \times f_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \right] \leq M_p \\
&= 1,136 \left[2056500 - (2056500 - (0.7 \times 2500 \times 771) \left(\frac{300 - 234,465}{742,69 - 234,465} \right)) \right] \leq 20565 \text{ kgm} \\
&= 2233296,55 \text{ kgcm} \leq 20565 \text{ kgm} \\
&= 22332,966 \text{ kg.m} > 20565 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Karena nilai M_n Bentang Menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang diambil adalah nilai M_p .

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
M_u &< \phi M_n \\
17352,627 \text{ kgm} &< 0,9 \times 20565 \text{ kgm} \\
17352,627 \text{ kgm} &< 18508,5 \text{ kgm} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

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

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{fy}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,25 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

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

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 35280 \text{ kg} &\geq 12164,336 \text{ kg} \\ 31752 \text{ kg} &> 12164,336 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (Vn) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

Balok lift diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{300}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijjin} = \frac{L}{300} = \frac{300}{300} = 1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P_u \times L^4}{E.I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(4,663 + 1,468) 300^4}{2 \times 10^6 \times 11300} + \left(\frac{1}{48} \times \frac{15675 \times 300^3}{2 \times 10^6 \times 11300} \right) \\ &= 0,419 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijjin} \rightarrow 0,419 \text{ cm} < 1 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 300x200x8x12 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift.

4.1.4.2 Balok Penumpu Lift

Balok penumpu lift direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W = 69,2 \text{ kg/m} & r = 20 \text{ mm} & h = 336 - 2(12 + 20) \\
 A = 88,15 \text{ cm}^2 & Z_x = 1162,8 \text{ cm}^3 & = 272 \text{ mm} \\
 t_w = 8 \text{ mm} & i_y = 5,92 \text{ cm} & bf = 249 \text{ mm} \\
 t_f = 12 \text{ mm} & I_x = 18500 \text{ cm}^4 & \\
 d = 336 \text{ mm} & L = 300 \text{ cm} &
 \end{array}$$

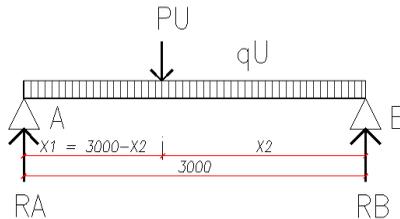
a. Pembebanan pada balok penumpu lift

- Beban mati

$$\begin{array}{ll}
 \text{Berat profil balok penumpu lift} & = 69,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll (10\%)} & = \frac{6,92 \text{ kg/m}}{+} \\
 q_D = 76,12 \text{ kg/m} &
 \end{array}$$

- Beban terpusat akibat reaksi balok penggantung lift

$$P_D = V_u \text{ balok penggantung lift} = 12164,336 \text{ kg}$$



Gambar 4. 9 Gaya dalam yang bekerja pada balok penumpu lift

- Menentukan jarak letak balok penggantung lift

$$\begin{array}{ll}
 \sum M_B & = 0 \\
 R_A \cdot L - P_u \cdot x_2 & = 0 \\
 (R_A \times 1,5) \times 3 \text{ m} & = P_u \cdot x_2 \\
 (6150 \text{ kg} \times 1,5) \times 3 \text{ m} & = P_u \cdot x_2 \\
 P_u & = \frac{27675 \text{ kgm}}{x_2} \rightarrow \text{pers. 1}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ (-R_B \cdot L) + [P_u \cdot (L - x_2)] &= 0 \\ [(-4300 \text{ kg} \times 1,5) \times 3 \text{ m}] + \left[\frac{27675 \text{ kgm}}{x_2} \cdot (3 \text{ m} - x_2)\right] &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_2 &= \frac{-83025 \text{ kgm}}{-47025 \text{ kg}} \\ x_2 &= 1,76 \text{ m} \\ x_1 &= (L - x_2) \\ &= (3 \text{ m} - 1,76 \text{ m}) \\ &= 1,24 \text{ m}\end{aligned}$$

- **Beban kombinasi**

$$\begin{aligned}q_U &= 1,2 \times q_D \\ &= 1,2 \times 76,12 \text{ kg/m} \\ &= 91,344 \text{ kg/m} \\ P_U &= 1,4 \times P_D \\ &= 1,4 \times 12164,336 \text{ kg} \\ &= 17030,07 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ V_A \cdot L - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_2 &= 0 \\ [-\frac{1}{2} \times 91,344 \text{ kg/m} \times (3 \text{ m})^2] - (17030,07 \text{ kg} \times 1,76 \text{ m}) &= 0 \\ &= - (V_A \times 3\text{m}) \\ V_A &= 10127,99 \text{ kg} \\ \sum M_A &= 0 \\ V_B \cdot L - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_1 &= 0 \\ [-\frac{1}{2} \times 91,344 \text{ kg/m} \times (3 \text{ m})^2] - (17030,07 \text{ kg} \times 1,24 \text{ m}) &= 0 \\ &= - (V_B \times 3\text{m}) \\ V_B &= 7176,112 \text{ kg} \\ M_x &= V_A \cdot x - \frac{1}{2} q_U \cdot x^2 + \frac{x_1 \cdot (L-x) \cdot P_U}{L} \\ x &= 0 \quad \rightarrow M_x = 0 \text{ kgm} \\ x &= 1,24 \text{ m} \quad \rightarrow M_x = 24877,291 \text{ kgm} \\ x &= 1,76 \text{ m} \quad \rightarrow M_x = 24877,291 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$V_U \text{ max} = 10127,99 \text{ kg}$$

$$M_U \text{ max} = 24877,291 \text{ kgm}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{249}{2 \times 12} = 10,375$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 10,375 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 34 < 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x$$

$$= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 1163 \text{ cm}^3$$

$$= 2907000 \text{ kgcm} = 29070 \text{ kgm}$$

- Persyaratan Desain

$$M_u < \phi M_n$$

$$24877,3 \text{ kgm} < 0,9 \times 29070 \text{ kgm}$$

$$24877,3 \text{ kgm} < 26163 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan jarak antar shear connector yaitu 40 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$L_b = 40 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 5,92 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 294,699 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ Bentang Pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 1163 \text{ cm}^3 \\ &= 2907000 \text{ kgcm} = 29070 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 24877,3 \text{ kgm} &< 0,9 \times 29070 \text{ kgm} \\ 24877,3 \text{ kgm} &< 26163 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ (*Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015*)

e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{272}{8} = 34 ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 34 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 33,6 \times 0,8 \times 1 \\ &= 40320 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 40320 \text{ kg} &\geq 10127,99 \text{ kg} \\ 36288 \text{ kg} &> 10127,99 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

Balok lift diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{300}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{300} = \frac{300}{300} = 1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{qD \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) + \left[\frac{1}{3} \times \frac{P \cdot x_1}{3 E \cdot I_x \cdot L} \times \left(\frac{x_2 \times (2L - x_2)}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \\ &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{0,761 \cdot 300^4}{2000000 \cdot 18500} \right) + \\ &\quad \left[\frac{1}{3} \times \frac{12164,336 \cdot 124}{3 \cdot 2000000 \cdot 18500 \cdot 300} \times \left(\frac{176 \times (600 - 176)}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \\ &= 0,18 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,18 \text{ cm} < 1 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 350x250x8x12 dapat digunakan sebagai balok penumpu lift.

4.1.5 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung At-Tauhid Surabaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

4.1.5.1 Perencanaan Injakan Tangga

Perencanaan injakan tangga berdasarkan data sebagai berikut :

- Tinggi antar lantai = 375 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Tinggi bordes = 187,5 cm
- Lebar bordes = 120 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Panjang tangga = 360 cm
- Direncanakan :
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 15 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm

Perhitungan jumlah injakan tangga :

Tinggi injakan (t) = 15 cm

Jumlah tanjakan = $\frac{(375/2)}{15} = 12,5 \text{ buah} \approx 13 \text{ buah}$

Jumlah injakan (n) = $\frac{(360)}{30} = 12 \text{ buah}$

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 tangga

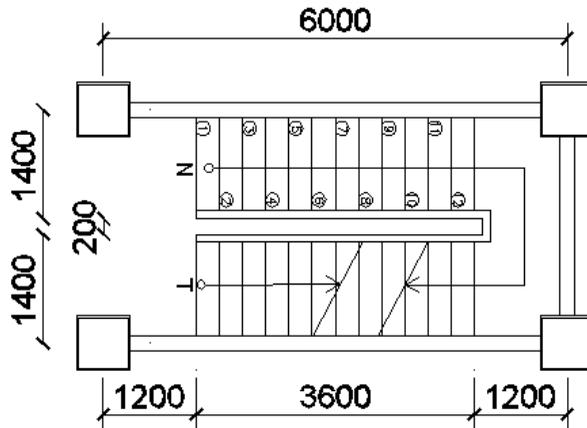
Cek Persyaratan :

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 15 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

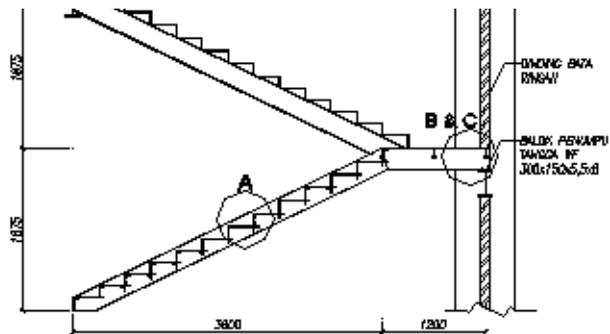
$$60 \text{ cm} \leq (60) < 65 \text{ cm (OK)}$$

$$a = \text{arc tg} \left(\frac{187,5}{360} \right) = 27,512^\circ$$

$$25^\circ < 27,512^\circ < 40^\circ \text{ (OK)}$$

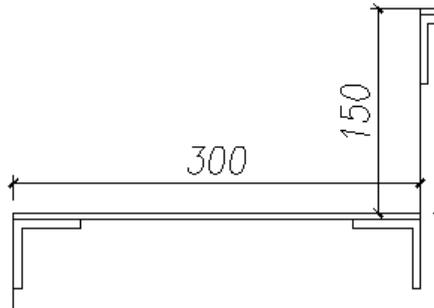


Gambar 4. 11 Denah Tangga



Gambar 4. 10 Potongan Tangga

4.1.5.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga



Gambar 4. 12 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Direncanakan : Tebal pelat tangga (t) = 5 mm
 Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 Mutu baja BJ 41 (fy) = 2500 kg/m²

a. **Beban mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat } (0,005 \times 1,4 \times 7850) &= 54,95 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan, dll(10\%)} &= \underline{5,495 \text{ kg/m}} \\ q_D &= 60,445 \text{ kg/m} \end{aligned} +$$

b. **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup merata tangga} &= 488,444 \text{ kg/m}^2 \\ q_L &= 1,4 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 = 683,822 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat tangga

$$P_L = 135,62 \text{ kg}$$

c. **Perhitungan Momen**

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 q_D \times L^2 \\ &= 1/8 \times 60,445 \text{ kg/m} \times (0,3 \text{ m})^2 \\ &= 0,68 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= 1/8 q_L \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 60,445 \text{ kg/m} \times (0,3 \text{ m})^2 \\
 &= 7,693 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= 1/4 P_L \times L \\
 &= 1/4 \times 135,62 \text{ kg} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 10,172 \text{ kgm (menentukan)}
 \end{aligned}$$

d. Momen Kombinasi

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,4 M_D \\
 &= 1,4 \times 0,68 \text{ kgm} \\
 &= 0,952 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= (1,2 \times 0,68 \text{ kgm}) + (1,6 \times 10,172 \text{ kgm}) \\
 &= 17,09 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

e. Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 Z_x &= 1/4 b h^2 \\
 &= 1/4 \times 140 \text{ cm} \times (0,5 \text{ cm})^2 \\
 &= 8,75 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \times f_y \\
 &= 8,75 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 21875 \text{ kgcm} = 218,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &< \phi M_n \\
 17,09 \text{ kgm} &< 0,9 \times 218,75 \text{ kgm} \\
 17,09 \text{ kgm} &< 196,875 \text{ kgm (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
 L &= 30 \text{ cm} \\
 f_{ijin} &= \frac{L}{300} = \frac{30}{300} = 0,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= 1/12 b h^3 \\
 &= 1/12 \times 140 \text{ cm} \times (0,5 \text{ cm})^3 \\
 &= 1,458 \text{ cm}^4 \\
 f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{qD \times L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P_u \times L^3}{E.I_x} \right) \\
 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{0,604 \times 30^4}{2 \times 10^6 \times 1,458} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{135,62 \times 30^3}{2 \times 10^6 \times 1,458} \right) \\
 &= 0,028 \text{ cm} \\
 f^0 &< f_{\text{ijin}} \\
 0,028 \text{ cm} &< 0,1 \text{ cm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

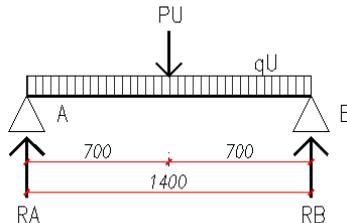
Kontrol Lentutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga pelat dengan tebal 5 mm dapat digunakan sebagai pelat anak tangga.

4.1.5.3 Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Pengaku anak tangga direncanakan menggunakan profil siku L 50 x 50 x 6 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 W &= 4,43 \text{ kg/m} & I_x &= 12,6 \text{ cm}^4 \\
 A &= 5,64 \text{ cm}^2 & I_y &= 12,6 \text{ cm}^4 \\
 t &= 6 \text{ mm} & i_x &= 1,49 \text{ cm} \\
 d &= 50 \text{ mm} & i_y &= 1,49 \text{ cm}
 \end{array}$$



Gambar 4. 13 Perencanaan pembebanan

a. Pembebanan pada pengaku anak tangga :

- **Beban mati** (1/2 lebar injakan)

Berat pelat (0,5 x 0,005 x 0,3 x 7850)	= 5,888 kg/m
Berat profil pengaku	= 4,43 kg/m
	= 10,318 kg/m
Berat sambungan, dll(10%)	= 1,032 kg/m
	q _D = 11,349 kg/m
- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup merata tangga	= 488,444 kg/m ²
q _L = 0,5 x 0,3 m x 488,444 kg/m ²	= 73,267 kg/m
 Beban hidup terpusat tangga (P _L)	 = 135,6 kg

b. Perhitungan Momen dan Geser

$$\begin{aligned}
 M_D &= 1/8 q_D \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 11,349 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\
 &= 2,781 \text{ kgm} \\
 M_L &= 1/8 q_L \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 73,267 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\
 &= 17,95 \text{ kgm} \\
 M_L &= 1/3 P_L \times L \text{ (diasumsikan terdapat 2 orang pejalan kaki)} \\
 &= 1/3 \times 135,62 \text{ kg} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 63,289 \text{ kgm} \\
 M_L &= 1/2 P_L \times L \text{ (diasumsikan terdapat 1 orang pejalan kaki)} \\
 &= 1/2 \times 135,62 \text{ kg} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 94,934 \text{ kgm (menentukan)} \\
 V_D &= 1/2 q_D \times L \\
 &= 1/2 \times 11,349 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 7,944 \text{ kg} \\
 V_L &= 1/2 q_L \times L \\
 &= 1/2 \times 73,267 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 51,287 \text{ kg} \\
 V_L &= 1/2 P_L \\
 &= 1/2 \times 135,62 \text{ kg} \\
 &= 67,81 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

c. Momen Ultimate

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= (1,2 \times 2,781 \text{ kgm}) + (1,6 \times 94,934 \text{ kgm}) \\ &= 155,231 \text{ kgm} \end{aligned}$$

d. Geser Ultimate

$$\begin{aligned} V_U &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= (1,2 \times 7,944 \text{ kg}) + (1,6 \times 67,81 \text{ kg}) \\ &= 118,029 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{h}{t} = \frac{50}{6} = 8,333$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,274$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,333 < 15,274 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 8,292 \text{ cm}^3 \\ &= 20730 \text{ kgcm} = 207,3 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 155,231 \text{ kgm} &< 0,9 \times 207,3 \text{ kgm} \\ 155,231 \text{ kgm} &< 186,57 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{50}{6} = 8,333 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 8,333 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 0,6 \times 1 \\ &= 4500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 4500 \text{ kg} &\geq 118,029 \text{ kg} \\ 4050 \text{ kg} &> 118,029 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

g. Kontrol lendutan

Balok pengaku anak tangga diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{300}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 140 \text{ cm}$$

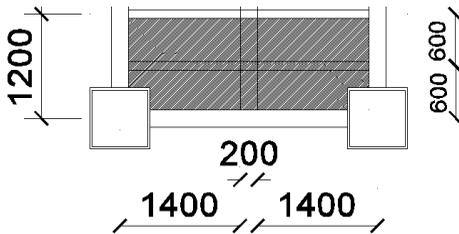
$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{L}{300} = \frac{140}{300} = 0,389 \text{ cm} \\
 f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_D \times L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P_u \times L^4}{E.I_x} \right) \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,113 \times 140^4}{2 \times 10^6 \times 12,6} + \left(\frac{1}{48} \times \frac{135,6 \times 140^3}{2 \times 10^6 \times 12,6} \right) \\
 &= 0,33 \text{ cm} \\
 f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 0,33 \text{ cm} < 0,389 \text{ cm (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Kontrol Lentutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil siku L 50 x 50 x 6 dapat digunakan sebagai pengaku anak tangga.

4.1.5.4 Perencanaan Pelat Bordes



Gambar 4. 14 Perencanaan Pelat Bordes

Direncanakan :

Tebal pelat bordes (t) = 8 mm
 Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 Mutu baja BJ 41 (fy) = 2500 kg/m²

a. Beban mati

Berat pelat (0,008 x 1,4 x 7850) = 87,92 kg/m
 Berat sambungan, dll(10%) = $\frac{8,792 \text{ kg/m}}{100} \times 100$ +
 $q_D = 96,712 \text{ kg/m}$

b. Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup merata tangga} &= 488,444 \text{ kg/m}^2 \\ q_L &= 1,4 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 = 683,822 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Momen

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 q_D \times L^2 \\ &= 1/8 \times 96,712 \text{ kg/m} \times (1/2 \times 1,2 \text{ m})^2 \\ &= 4,352 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= 1/8 q_L \times L^2 \\ &= 1/8 \times 683,822 \text{ kg/m} \times (1/2 \times 1,2 \text{ m})^2 \\ &= 30,772 \text{ kgm} \end{aligned}$$

d. Momen Kombinasi

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= (1,2 \times 4,352 \text{ kgm}) + (1,6 \times 30,772 \text{ kgm}) \\ &= 54,458 \text{ kgm} \end{aligned}$$

e. Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} Z_x &= 1/4 b h^2 \\ &= 1/4 \times 140 \text{ cm} \times (0,8 \text{ cm})^2 \\ &= 22,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 22,4 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 56000 \text{ kgcm} = 560 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &< \emptyset M_n \\ 54,458 \text{ kgm} &< 0,9 \times 560 \text{ kgm} \\ 54,458 \text{ kgm} &< 504 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

$$L = 60 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{60}{360} = 0,167 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_x &= 1/12 b h^3 \\ &= 1/12 \times 140 \text{ cm} \times (0,8 \text{ cm})^3 \\ &= 5,973 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(0,967 + 6,838) \times (60)^4}{2 \times 10^6 \times 5,973} \right) \\ &= 0,11 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,11 \text{ cm} < 0,167 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga pelat dengan tebal 8 mm dapat digunakan sebagai pelat bordes.

4.1.5.5 Perencanaan Balok Bordes

Balok bordes direncanakan menggunakan profil

WF 100x50x5x7 dengan data sebagai berikut :

W = 9,3 kg/m	tw = 5 mm	ix = 3,98 cm
A = 11,85 cm ²	tf = 7 mm	iy = 1,12 cm
d = 100 mm	Ix = 187 cm ⁴	Zx = 41,8 cm ³
bf = 50 mm	r = 8 mm	h = 70 mm

a. Pembebanan pada balok bordes :**- Beban mati**

Berat pelat (0,008 x 1,2/2 x 7850)	= 37,68 kg/m
Berat profil balok bordes	= 9,3 kg/m
	<hr/>
	= 46,98 kg/m +

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan, dll(10\%)} &= \frac{4,698 \text{ kg/m}}{51,678 \text{ kg/m}} + \\ - \text{ **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)} & \\ \text{Beban hidup merata tangga} &= 488,444 \text{ kg/m}^2 \\ q_L = 0,6 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 &= 293,066 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Momen dan Geser

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 q_D \times L^2 \\ &= 1/8 \times 51,678 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\ &= 12,661 \text{ kgm} \\ M_L &= 1/8 q_L \times L^2 \\ &= 1/8 \times 293,066 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\ &= 71,801 \text{ kgm} \\ V_D &= 1/2 q_D \times L \\ &= 1/2 \times 51,678 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\ &= 36,175 \text{ kg} \\ V_L &= 1/2 q_L \times L \\ &= 1/2 \times 293,066 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\ &= 205,146 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Momen Ultimate

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= (1,2 \times 12,661 \text{ kgm}) + (1,6 \times 71,801 \text{ kgm}) \\ &= 130,075 \text{ kgm} \end{aligned}$$

d. Geser Ultimate

$$\begin{aligned} V_U &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= (1,2 \times 36,175 \text{ kg}) + (1,6 \times 205,146 \text{ kg}) \\ &= 371,644 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

$$\begin{aligned} - \text{ Pelat Sayap} \\ \lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,571 \end{aligned}$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 3,571 < 10,75 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 < 106,35 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 41,8 \text{ cm}^3 \\ &= 104487,5 \text{ kgcm} = 1044,875 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$M_u < \phi M_n$$

$$130,075 \text{ kgm} < 0,9 \times 1044,875 \text{ kgm}$$

$$130,075 \text{ kgm} < 940,388 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Pelat Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{100}{5} = 20 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 20 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0,5 \times 1 \\ &= 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 7500 \text{ kg} &\geq 371,644 \text{ kg} \\ 6750 \text{ kg} &> 371,644 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (Vn) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

g. Kontrol lendutan

Balok bordes diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut:

$$L = 140 \text{ cm}$$

$$f_{ijjin} = \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0,389 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(0,517 + 2,931) 140^4}{2 \times 10^6 \times 187} \\ &= 0,046 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,046 \text{ cm} < 0,389 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 100x50x5x7 dapat digunakan sebagai balok bordes.

4.1.5.6 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri, beban anak tangga, beban bordes serta beban terpusat dari balok bordes dan dinding. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 × 125 × 6 × 9, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Balok utama tangga direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 6 x 9 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} W = 29,6 \text{ kg/m} & tw = 6 \text{ mm} & ix = 10,4 \text{ cm} \\ A = 37,66 \text{ cm}^2 & tf = 9 \text{ mm} & iy = 2,79 \text{ cm} \\ d = 250 \text{ mm} & Ix = 4050 \text{ cm}^4 & Zx = 351,9 \text{ cm}^3 \\ bf = 125 \text{ mm} & r = 12 \text{ mm} & h = 208 \text{ mm} \end{array}$$

a. Pembebanan akibat anak tangga :

- Beban mati merata

$$\begin{array}{ll} \text{Berat pelat } (0,005 \times 0,7 \times 7850) & = 27,475 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pengaku anak tangga} & \\ (4,43 \times 2 \times 0,7 \times 12 : 3,6) & = 20,673 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = 7,775 \text{ kg/m} \\ \hline q_D & = 85,523 \text{ kg/m} \end{array} +$$

$$q_{D1} = q_D : \cos \alpha = 85,523 : \cos 27,512^\circ = 96,428 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{array}{ll} \text{Beban hidup merata tangga} & = 488,444 \text{ kg/m}^2 \\ q_L = 0,7 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 & = 341,911 \text{ kg/m} \\ q_{L1} = q_L : \cos \alpha = 341,911 : \cos 27,512^\circ & = 385,506 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U1} &= 1.2 q_{D1} + 1.6 q_{L1} \\
 &= 1.2 \times 96,428 \text{ kg/m} + 1.6 \times 385,506 \text{ kg/m} \\
 &= 732,523 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Pembebanan akibat bordes :

- **Beban mati merata**

$$\begin{aligned}
 &\text{Berat pelat} \\
 &\{0,008 \times [(1,4/2)+(0,2/2)] \times 7850\} = 50,24 \text{ kg/m} \\
 &\text{Berat profil balok utama tangga} = 29,6 \text{ kg/m} \\
 &= 79,84 \text{ kg/m} + \\
 &\text{Berat sambungan, dll(10\%)} = 7,984 \text{ kg/m} \\
 &= 87,824 \text{ kg/m} +
 \end{aligned}$$

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

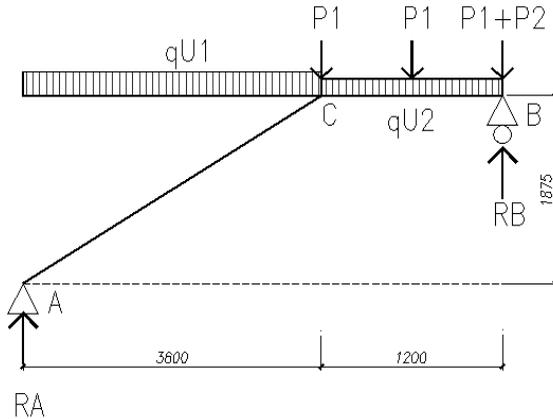
$$\begin{aligned}
 &\text{Beban hidup merata tangga} = 488,444 \text{ kg/m}^2 \\
 &q_{L2} = [(1,4/2)+(0,2/2)] \times 488,444 = 390,755 \text{ kg/m} \\
 &q_{U2} = 1.2 q_{D2} + 1.6 q_{L2} \\
 &= 1.2 \times 87,824 \text{ kg/m} + 1.6 \times 390,755 \text{ kg/m} \\
 &= 730,597 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Beban mati terpusat akibat balok bordes**

$$\begin{aligned}
 &\text{Berat profil balok bordes (P}_1\text{)} \\
 &9,3 \text{ kg/m} \times [(1,4 \text{ m}/2)+(0,2 \text{ m}/2)] = 7,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- **Beban mati terpusat akibat dinding**

$$\begin{aligned}
 &\text{Berat dinding bata ringan (P}_2\text{)} = 74,38 \text{ kg/m}^2 \\
 &74,38 \text{ kg/m}^2 : 2 \times 1,875 \text{ m} \times [(1,4 \text{ m}/2)+(0,2 \text{ m}/2)] \\
 &= 55,785 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 15 Perencanaan balok utama tangga

c. Reaksi Perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$(q_{U1} \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 3,6) + (P_1 \times 3,6) + \{P_1 \times [(\frac{1}{2} \times 1,2) + 3,6]\} + [P_1 \times (1,2 + 3,6)] + [P_2 \times (1,2 + 3,6)] + \{q_{U2} \times 1,2 \times [(\frac{1}{2} \times 1,2) + 3,6]\} - [R_B \times (3,6 + 1,2)] = 0$$

$$R_B = \frac{(4746,75 + 26,784 + 31,248 + 35,712 + 267,768 + 3682,209) \text{ kgm}}{4,8 \text{ m}}$$

$$R_B = 1831,348 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$- \{q_{U1} \times 3,6 \times [(\frac{1}{2} \times 3,6) + 1,2]\} - (P_1 \times 1,2) - (P_1 \times \frac{1}{2} \times 1,2) - (P_1 \times 0) - (P_2 \times 0) - (q_{U2} \times 1,2 \times \frac{1}{2} \times 1,2) + [R_A \times (3,6 + 1,2)] = 0$$

$$R_A = \frac{(7911,25 + 8,928 + 4,464 + 526,03) \text{ kgm}}{4,8 \text{ m}}$$

$$R_A = 1760,557 \text{ kg}$$

$$R_A \text{ dari perhitungan SAP} = 1761,11 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0,031 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$R_B \text{ dari perhitungan SAP} = 1846,41 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0,816 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$\sum V = 0$$

$$\begin{aligned} R_A + R_B - (q_{U1} \times 3,6 \text{ m}) - (q_{U2} \times 1,2 \text{ m}) - (3 \times P_1) - P_2 &= 0 \\ 1760,557 + 1831,348 - 2637,083 - 876,717 - 22,32 - 55,785 &= 0 \\ 0 &= 0 \text{ (OK)} \\ 1 \end{aligned}$$

- Bidang M

$$\underline{a-c}$$

$$\begin{aligned} M_X &= R_A \times X - \frac{1}{2} q_{U1} \cdot X^2 \\ &= (1760,557 \text{ kg} \times X) - [\frac{1}{2} \times 732,523 \text{ kg/m} \times (X^2)] \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

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

$$M_A \text{ dari perhitungan SAP} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$X = 3,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_C &= (1760,557 \times 3,6) - [\frac{1}{2} \times 732,523 \times (3,6)^2] \\ &= 1591,254 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_C \text{ dari perhitungan SAP} = 1593,27 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0,127 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$\text{Momen maksimum terjadi apabila } \frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$\frac{dM_x}{dx} = 1760,557 \text{ kg} - 732,523 \text{ kg/m} \times X = 0$$

$$X_{\max} = 2,403 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (1760,557 \times X_{\max}) - [\frac{1}{2} \times 732,523 \times (X_{\max}^2)] \\ &= (1760,557 \times 2,403) - [\frac{1}{2} \times 732,523 \times (2,403^2)] \\ &= 2115,674 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{\max} \text{ dari perhitungan SAP} = 2112,1 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0,169 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

b - c

$$\begin{aligned}
 M_X &= R_B \times X - \frac{1}{2} q_{U2} \cdot X^2 - P_L \\
 &= (1831,348 \text{ kg} \times X) - [\frac{1}{2} \times 730,597 \text{ kg/m} \times (X^2)] - \\
 &\quad (P_L \times X)
 \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

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

$$M_B \text{ dari perhitungan SAP} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

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

$$\begin{aligned}
 M_D &= 1831,348 \times 0,6 - [\frac{1}{2} \times 730,597 \times (0,6)^2] - \\
 &\quad (7,44 \times 0,6) - (55,785 \times 0,6) \\
 &= 929,366 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_D \text{ dari perhitungan SAP} = 930,82 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0,156 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$X = 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= 1831,348 \times 1,2 - [\frac{1}{2} \times 730,597 \times (1,2)^2] - \\
 &\quad (7,44 \times 1,2) - (55,785 \times 1,2) - (7,44 \times 0,6) \\
 &= 1591,254 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_C \text{ dari perhitungan SAP} = 1593,26 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0,126 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

- Bidang D

a - c

$$\begin{aligned}
 D_X &= (R_A \cos \alpha) - (q_{U1} \times X \times \cos \alpha) \\
 &= (1760,557 \times \cos 27,512^\circ) - \\
 &\quad (732,523 \times X \times \cos 27,512^\circ)
 \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_{A(ka)} &= (1760,557 \times \cos 27,512^\circ) - \\
 &\quad (732,523 \times 0 \times \cos 27,512^\circ) \\
 &= 1561,462 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$D_A \text{ dari perhitungan SAP} = 1561,96 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0,032 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 3,6 \text{ m} \\
 D_{C(ki)} &= (1760,557 \times \cos 27,512^\circ) - \\
 &\quad (732,523 \times 3,6 \times \cos 27,512^\circ) \\
 &= -777,404 \text{ kg} \\
 D_C \text{ dari perhitungan SAP} &= 776,91 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0,064 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b – d

$$\begin{aligned}
 D_X &= -R_B + (q_{U2} \times X) + P_1 + P_2 \\
 &= -1831,348 + (730,597 \times X) + 7,44 + 55,785 \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 D_{B(ki)} &= -1831,348 + (730,597 \times 0) + 7,44 + 55,785 \\
 &= -1768,123 \text{ kg} \\
 D_B \text{ dari perhitungan SAP} &= 1770,54 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0,137 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 0,6 \text{ m} \\
 D_{D(ka)} &= -1831,348 + (730,597 \times 0,6) + 7,44 + 55,785 \\
 &= -1329,765 \text{ kg} \\
 D_C \text{ dari perhitungan SAP} &= 1323,25 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0,492 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

d – c

$$\begin{aligned}
 D_X &= -R_B + [q_{U2} \times (X+0,6)] + 2P_1 + P_2 \\
 &= -1831,348 + [730,597 \times (X+0,6)] + 14,88 + 55,785 \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 D_{D(ki)} &= -1831,348 + (730,597 \times 0,6) + 14,88 + 55,785 \\
 &= -1322,325 \text{ kg} \\
 D_D \text{ dari perhitungan SAP} &= 1323,25 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0,07 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 0,6 \text{ m} \\
 D_{D(ka)} &= -1831,348 + (730,597 \times 1,2) + 14,88 + 55,785 \\
 &= -883,967 \text{ kg} \\
 D_C \text{ dari perhitungan SAP} &= 884,9 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0,105 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Bidang N

$$\frac{a-c}{N_X}$$

$$= -(R_A \sin \alpha) + (q_{UI} \times X \times \sin \alpha)$$

$$= -(1760,557 \times \sin 27,512^\circ) +$$

$$(732,523 \times X \times \sin 27,512^\circ)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$N_{A(ka)} = -(1760,557 \times \sin 27,512^\circ) +$$

$$(732,523 \times 0 \times \sin 27,512^\circ)$$

$$= -813,262 \text{ kg}$$

$$N_A \text{ dari perhitungan SAP} = -813,52 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0,032 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$X = 4,06 \text{ m}$$

$$N_{C(ki)} = -(1760,557 \times \cos 27,512^\circ) +$$

$$(732,523 \times 4,06 \times \cos 27,512^\circ)$$

$$= 404,898 \text{ kg}$$

$$D_C \text{ dari perhitungan SAP} = 404,64 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0,064 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{125}{2 \times 9} = 6,944$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,944 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{6} = 34,667$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 34,667 < 106,35 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x$$

$$= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 351,9 \text{ cm}^3$$

$$= 879652,5 \text{ kgcm} = 8796,525 \text{ kgm}$$

Keterangan :

Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

e. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + \sqrt{15^2}} = 33,541 \text{ cm}$$

$$L_p = 138,887 \text{ cm}$$

$$L_r = 428,221 \text{ cm}$$

Keterangan :

L_p dan L_r (Tabel profil)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, sehingga perhitungan nilai $M_n = M_p$.

- Persyaratan Desain

$$M_u < \phi M_n$$

$$2115,674 \text{ kgm} < 0,9 \times 8796,525 \text{ kgm}$$

$$2115,674 \text{ kgm} < 7916,873 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{250}{6} = 41,667 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 41,667 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 25 \times 0,6 \times 1 \\ &= 22500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \emptyset \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 22500 \text{ kg} &\geq 1831,348 \text{ kg} \\ 20250 \text{ kg} &> 1831,348 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

g. Kontrol Interaksi Tekan dan Lentur

$$L = \sqrt{360^2 + \sqrt{187,5^2}} = 405,902 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,70 \text{ (sendi – jepit) (A-C) (SNI 1729–2002 pasal 7.6.4)}$$

$$\begin{aligned} f_e &= \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r \text{ min}}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,7 \times 405,902}{2,79}\right)^2} \\ &= 1903,269 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500 \text{ kg/cm}^2}{1903,269 \text{ kg/cm}^2} = 1,314$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 1,314 < 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} f_{cr} &= (0,658^{\frac{f_y}{f_e}}) \times f_y \\ &= 0,658^{1,314} \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1442,694 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 1442,694 \text{ kg/cm}^2 \times 37,66 \text{ cm}^2 = 54331,872 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,9 \times 54331,872 \text{ kg} \\ &= 48898,685 \text{ kg} = P_C \end{aligned}$$

$$\frac{Pr}{P_C} = \frac{813,262 \text{ kg}}{48898,685 \text{ kg}} = 0,017 < 0,2$$

maka digunakan rumus interaksi 1 sebagai berikut :

$$\frac{Pr}{P_C} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mr_x}{M_{cr}} + \frac{Mr_y}{M_{cy}} \right) < 1$$

$$0,017 + \frac{8}{9} \left(\frac{2115,674 \text{ kgm}}{7916,873 \text{ kgm}} + \frac{0}{0} \right) < 1$$

$$0,022 < 1 \text{ (OK)}$$

h. Kontrol Lendutan

Balok utama diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 405,902 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{405,902 \text{ cm}}{360} = 1,128 \text{ cm}$$

$$f^o = 0,022 \text{ cm (didapatkan dari hasil SAP2000)}$$

$$f^o < f_{ijin}$$

$$0,022 \text{ cm} < 405,902 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 250x125x6x9 dapat digunakan sebagai balok utama tangga.

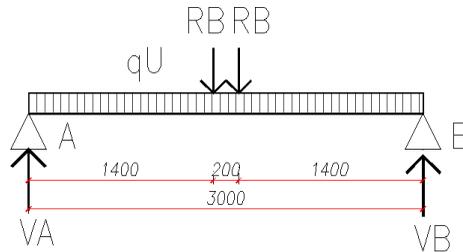
4.1.5.7 Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 5,5 x 8

W	= 32 kg/m	tw = 5,5 mm	ix = 12,4 cm
A	= 40,8 cm ²	tf = 8 mm	iy = 3,29 cm
d	= 298 mm	Ix = 6320 cm ⁴	Zx = 455 cm ³
bf	= 149 mm	r = 13 mm	h = 256 mm

A. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (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 berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 16 Pembebanan balok penumpu tangga

$R_B = 1831,348 \text{ kg}$ (dari hasil perhitungan balok utama tangga)

- Beban merata

$$\text{Berat profil} = 32 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll(10\%)} = 3,2 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 35,2 \text{ kg/m} +$$

B. Reaksi Perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$(-R_{VB} \times 3) + [R_B \times (0,2 + 1,4)] + (R_B \times 1,4) + (q_D \times 1,5 \times 3) = 0$$

$$R_{VB} = \frac{(1831,348 \times 1,6) + (1831,348 \times 1,4) + (35,2 \times 1,5 \times 3) \text{ kgm}}{3 \text{ m}}$$

$$R_{VB} = 1884,184 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(-R_{VA} \times 3) + [R_B \times (0,2 + 1,4)] + (R_B \times 1,4) + (q_D \times 1,5 \times 3) = 0$$

$$R_{VA} = \frac{(1831,348 \times 1,6) + (1831,348 \times 1,4) + (35,2 \times 1,5 \times 3) \text{ kgm}}{3 \text{ m}}$$

$$R_{VA} = 1884,184 \text{ kg}$$

$$\sum V = R_{VA} + R_{VB} - R_B - R_B - (q_D \times L)$$

$$= 1884,184 + 1884,184 - (2 \times 1831,348) - (35,2 \times 3)$$

$$= 0 \text{ (OK)}$$

$$M_{\max} = R_{VA} \times \frac{1}{2} \times 3 \text{ m} - R_B \times \frac{1}{2} \times 0,2 \text{ m} - 0,5 q_D L^2$$

$$= 2826,222 \text{ kgm} - 183,135 \text{ kgm} - 158,4 \text{ kgm}$$

$$= 2484,687 \text{ kgm}$$

$$V_u = -1884,184 \text{ kg}$$

C. Kontrol terhadap tekuk lokal

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,313$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,313 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{256}{5,5} = 46,545$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 46,545 < 106,35 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 455 \text{ cm}^3 \\ &= 1137563,8 \text{ kgcm} = 11375,638 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

D. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

$$L_b = 140 \text{ cm}$$

$$L_p = 163,777 \text{ cm}$$

$$L_r = 458,416 \text{ cm}$$

Keterangan :

L_p dan L_r (Tabel profil)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, sehingga perhitungan nilai $M_n = M_p$.

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 M_u &< \emptyset M_n \\
 2484,687 \text{ kgm} &< 0,9 \times 11375,638 \text{ kgm} \\
 2484,687 \text{ kgm} &< 10238,074 \text{ kgm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$$\emptyset = 0.9 \quad (\text{Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015})$$

E. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{298}{5,5} = 54,182 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 54,182 < 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 29,8 \times 0,55 \times 1 \\
 &= 24585 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 \emptyset \times V_n &\geq V_u \\
 0,9 \times 24585 \text{ kg} &\geq 1884,1 \text{ kg} \\
 22126,5 \text{ kg} &> 1884,1 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

F. Kontrol lendutan

Balok penumpu tangga diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300 \text{ cm}}{360} = 0,833 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left(\frac{5}{384} \times \frac{qU \times L^4}{E.I_x} \right) + \frac{(R_{VB} \times a) \times ((3 \times L^2) - (4 \times a^2))}{24 \times E \times I_x}$$

$$= \left(\frac{5 \times 0,352 \times 300^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 6320} \right) + \frac{(1884,148 \times 140) \times ((3 \times 300^2) - (4 \times 140^2))}{24 \times 2 \times 10^6 \times 6320}$$

$$f^0 = 0,17 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,17 \text{ cm} < 0,833 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

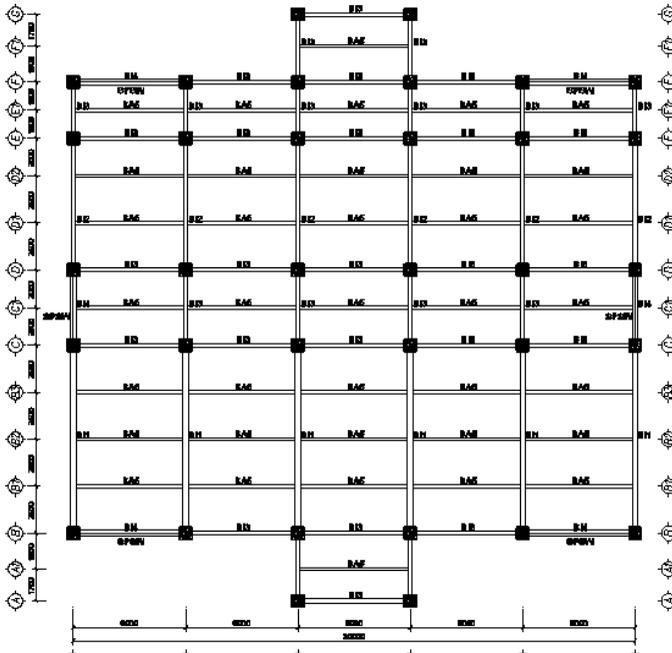
Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 300x150x5,5x8 dapat digunakan sebagai balok penumpu tangga.

4.2 Permodelan Struktur

4.2.1 Umum

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan struktur baja dengan sistem dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*). Struktur dinding geser pelat baja berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan Gedung At-Tauhid yang terdiri dari 13 lantai dengan total tinggi 48,75 meter. Denah gedung pada permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 17 Denah Gedung

Pada gambar arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Permodelan struktur Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya dilakukan menggunakan program bantu SAP2000. Program ini membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada pada SNI 1726:2012 (Gempa), SNI 1729:2015 (Baja), dan SNI 2847:2013 (Beton).

4.2.2 Pembebanan Struktur Utama

Dalam suatu perencanaan struktur gedung, perhitungan terhadap semua beban yang terjadi wajib dilakukan. Perhitungan beban harus memperhitungkan beban yang terjadi antara lain beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa. Pembebanan

struktur didasarkan pada acuan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, SNI 1727:2013, ASCE 7-2002 Tabel C3-1 dan brosur dengan penjelasan sebagai berikut:

4.2.2.1 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:

- a. Beban aspal sebesar 14 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983).
- b. Beban spesi sebesar 21 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983).
- c. Beban keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983).
- d. Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3 (PPIUG 1983).
- e. Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/m^2 (PPIUG 1983).
- f. Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja yang memiliki berat jenis 7850 kg/m^3 (PPIUG 1983).
- g. Beban *ducting* dan *plumbing* sebesar $19,53 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 7-2002 Tabel C3-1).
- h. Beban dinding partisi $73,42 \text{ kg/m}^2$ (SNI 1727:2013).
- i. Beban tangga merupakan beban terpusat pada balok penumpu tangga dan balok anak. (SNI 1727:2013).
- j. Beban lift merupakan beban merata pada balok penggantung lift, dengan perhitungan beban pada sub bab 4.1.4.1. (Brosur).
- k. Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$ (Brosur).
- l. Beban dinding bata ringan dengan tebal 12,5 cm sebesar $74,38 \text{ kg/m}^2$ (Brosur).

Rincian pembebanan untuk beban mati pada pelat adalah sebagai berikut:

- Pelat atap $q_D = 2a + g + e = 65,53 \text{ kg/m}^2$
- Pelat lantai $q_D = 2b + g + c + e = 103,53 \text{ kg/m}^2$

4.2.2.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang di pikul oleh bangunan gedung ini yaitu sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 pada tabel 4-1. Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Rincian pembebanan untuk Beban Hidup

No.	Keterangan	Berat	Satuan	Berat	Satuan
1	Lantai Atap	20	psf	97,893	kg/m ²
2	Ruang Kelas	40	psf	195.786	kg/m ²
3	Ruang Kantor	100	psf	244.732	kg/m ²
4	Lantai Koridor	50	psf	488.444	kg/m ²
5	Tangga	100	psf	488.444	kg/m ²

4.2.2.3 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan, diambil dari desain Spectra Indonesia yaitu pada website <http://puskim.pu.go.id/>. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT.

4.2.2.4 Berat Total Bangunan

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur Gedung At-Tauhid yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 85% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 untuk kombinasi 1D + 1L.

4.2.2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*). Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut :

- $1,4 D_L$
- $1,2 D_L + 1,6 L_L$
- $1,2 D_L + 1W + 1 L_L$
- $1,2 D_L + 1 E + 1 L_L$
- $0,9 D_L + 1 E$

Keterangan :

D_L : beban mati

L_L : beban hidup

W : beban angin

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

4.2.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada Gedung At-Tauhid ini ditinjau dengan menganalisa beban gempa dinamik sesuai dengan SNI 1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisa respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.2.3.1 Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah tidak terduga baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang bebas 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% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

4.2.3.2 Klasifikasi Situs Tanah

Penentuan jenis tanah untuk meninjau gempa adalah data tanah pada lapisan setebal maksimum 30 m paling atas sesuai SNI

Tabel 4. 10 Perhitungan N Rata-rata

Nomer	Kedalaman	Tebal (di)	N	Jenis	Tebal (di)	N-SPT	di/Ni
	m	m	(Ni)	Tanah	m	(Ni)	
1	0			SAND	0.5		
2	1.25	1.25	1	CLAY	8.75	3.2	2.734
3	3.25	2	3				
4	5.25	2	1				
5	7.25	2	3				
6	9.25	2	8				
7	11.25	2	20	SILT	10	23.4	0.427
8	13.25	2	27				
9	15.25	2	22				
10	17.25	2	17				
11	19.25	2	31				
12	21.25	2	24	SAND	6	28.333	0.212
13	23.25	2	35				
14	25.25	2	26				
15	27.25	2	28	SILT	6	29.0	0.207
16	29.25	2	33				
17	31.25	2	26				
Total					30.75		3.580
						N	8.588

1726:2012 pasal 5.1. Data tanah (terlampir) merupakan hasil pengujian *Soil Penetration Test (SPT)*. Penentuan jenis tanah berdasarkan perhitungan nilai N-SPT pada tabel sebagai berikut :

Dari perhitungan nilai N rata-rata pada tabel diperoleh nilai $N\text{-SPT} = 8,588 < 15$, maka sesuai klasifikasi situs pada SNI 1726:2012 Pasal 5.3 Tabel 3 kelas situs tanah termasuk dalam klasifikasi situs **SE (tanah lunak)**.

4.2.3.3 Parameter Respon Spektrum Rencana

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah *response spectrum*. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi *response spectrum* merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012.

- a. Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung
Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan fasilitas pendidikan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko IV.
- b. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa
Berdasarkan Kategori gempa yang didapat dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu $I_e = 1,5$.

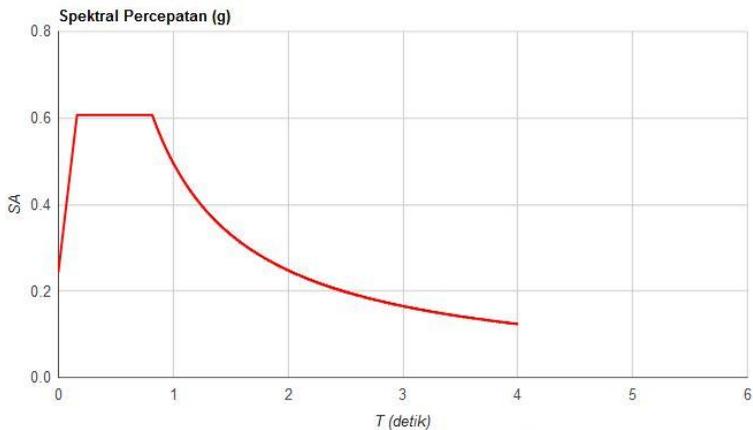
Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E).

Tabel 4. 11 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs E

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,325
S_S (g)	0,663
S_1 (g)	0,247
C_{RS}	0,991
C_{R1}	0,929
F_{PGA}	1,124

F_A	1,374
F_V	3,012
PSA (g)	0,366
S_{MS} (g)	0,911
S_{MI} (g)	0,744
S_{DS} (g)	0,607
S_{DI} (g)	0,496
T_0 (detik)	0,163
T_s (detik)	0,817

(sumber : *puskim.pu.go.id*)



Gambar 4. 18 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya
(Sumber : *puskim.pu.go.id*)

4.2.3.4 Faktor reduksi gempa (R)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel 9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk sistem rangka baja dengan dinding geser pelat baja adalah :

- Nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 6
- Nilai koefisien modifikasi respon (R) = 7,5

- Nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5

4.2.3.5 Kategori Desain Seismik

Menurut tabel 6 SNI 1726:2012, berdasarkan nilai $S_{DS} = 0,607g > 0,5g$ dengan kategori resiko IV maka ditentukan Kategori Desain Seismik (KDS) D. Begitu juga menurut tabel 7 SNI 1726:2012, berdasarkan nilai $S_{D1} = 0,496g > 0,2g$ dengan kategori resiko IV maka ditentukan Kategori Desain Seismik (KDS) D. Sehingga bangunan gedung At-Tauhid termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.

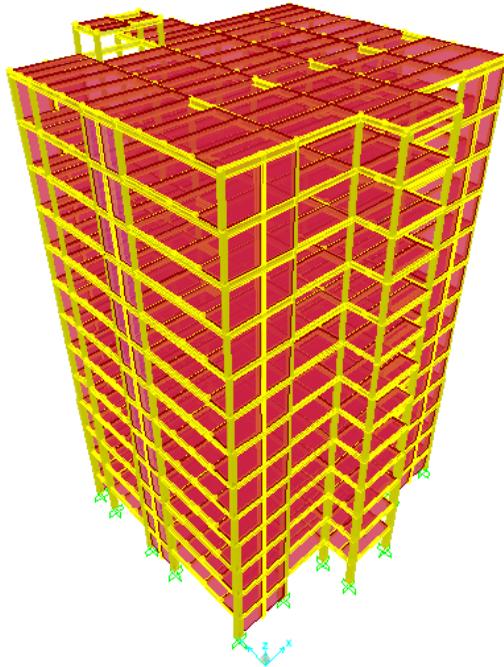
4.2.4 Permodelan Struktur Utama

4.2.4.1 Permodelan 3D pada Program SAP2000

Data gedung yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

Mutu baja	: BJ-41
fy	: 250 MPa
fu	: 410 MPa
Mutu beton	: K-300
fc'	: 25 MPa
Modulus Elastisitas Baja (Es)	: 200000 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 23500 MPa
Tinggi tiap lantai	: 3,75 m
Tebal pelat atap	: 9 cm
Tebal pelat lantai	: 9 cm
Jenis tanah	: Tanah Lunak (SE)
Faktor Keutamaan Gedung (I)	: 1,5
Koefisien modifikasi respon (R)	: 7,5

Permodelan struktur gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 19 Permodelan struktur gedung At-Tauhid

Untuk permodelan struktur dengan menggunakan program bantu SAP2000 dan pembuatan profil *hexagonal castellated beam*, kolom *rectangular concrete filled steel tube (RCFT)*, serta dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall*) akan dijelaskan secara singkat sebagai berikut :

1. Data Material

Data material pada SAP2000 meliputi data material dari elemen struktur baja dan beton yang akan di inputkan kedalam permodelan. Data yang di inputkan meliputi kuat tekan, kuat leleh, kuat tarik, dan modulus penampang dari material tersebut. Berikut adalah input data material untuk permodelan gedung At-Tauhid :

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes 'Material Name and Display Color' set to 'BETON fc' 25' and 'Material Type' set to 'Concrete'. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 2400 and 'Mass per Unit Volume' as 244.7319. The 'Isotropic Property Data' section includes 'Modulus of Elasticity, E' (2.396E+09), 'Poisson, U' (0.3), 'Coefficient of Thermal Expansion, A' (1.170E-05), and 'Shear Modulus, G' (9.217E+08). The 'Units' are set to 'Kgf, m, C'.

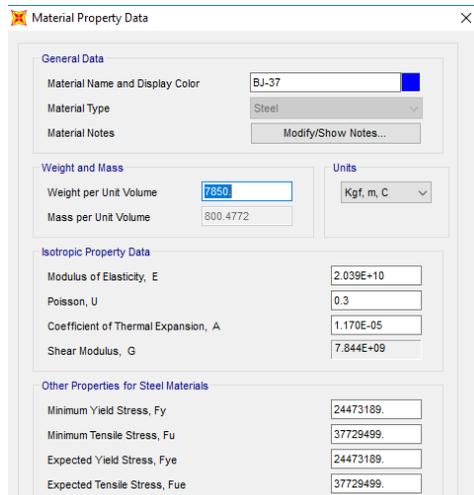
Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	BETON fc' 25'
	Material Type	Concrete
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	2400
	Mass per Unit Volume	244.7319
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2.396E+09
	Poisson, U	0.3
	Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	Shear Modulus, G	9.217E+08
Units		Kgf, m, C

Gambar 4. 20 Input Material Data (fc' 25 MPa)

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a steel material. The 'General Data' section includes 'Material Name and Display Color' set to 'BJ-41' and 'Material Type' set to 'Steel'. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 7850 and 'Mass per Unit Volume' as 800.4772. The 'Isotropic Property Data' section includes 'Modulus of Elasticity, E' (2.039E+10), 'Poisson, U' (0.3), 'Coefficient of Thermal Expansion, A' (1.170E-05), and 'Shear Modulus, G' (7.844E+09). The 'Units' are set to 'Kgf, m, C'. The 'Other Properties for Steel Materials' section includes 'Minimum Yield Stress, Fy' (25492905), 'Minimum Tensile Stress, Fu' (41808364), 'Expected Yield Stress, Fye' (25492905), and 'Expected Tensile Stress, Fue' (41808364).

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	BJ-41
	Material Type	Steel
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7850
	Mass per Unit Volume	800.4772
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2.039E+10
	Poisson, U	0.3
	Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	Shear Modulus, G	7.844E+09
Units		Kgf, m, C
Other Properties for Steel Materials	Minimum Yield Stress, Fy	25492905
	Minimum Tensile Stress, Fu	41808364
	Expected Yield Stress, Fye	25492905
	Expected Tensile Stress, Fue	41808364

Gambar 4. 21 Input Material Data (BJ-41)



Material Property Data	
General Data	
Material Name and Display Color	BJ-37
Material Type	Steel
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	7850
Mass per Unit Volume	800.4772
Units	Kgf, m, C
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2.039E+10
Poisson, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	7.844E+09
Other Properties for Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	24473189
Minimum Tensile Stress, Fu	37729499
Expected Yield Stress, Fye	24473189
Expected Tensile Stress, Fue	37729499

Gambar 4. 22 Input Material Data (BJ-37)

2. Data Elemen Struktur

Data elemen struktur adalah data-data elemen struktur yang akan digunakan pada permodelan SAP2000, seperti elemen kolom, balok, pelat dinding geser baja. Data elemen yang akan diinput berupa dimensi dan material dari elemen. Proses menginput data-data elemen struktur dapat dilihat pada gambar berikut :

a. *Hexagonal Castellated Beam* (HCB)

Untuk balok *castella*, buat profil WF asli (sebelum di buat *castella*) kemudian inersia profil dinaikkan dengan cara merubah *moment of inertia about 3 axis* pada *section modifiers* dengan perbandingan Ix *castella* dibagi Ix WF tersebut.

I/Wide Flange Section

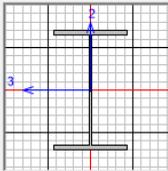
Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="0.488"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.3"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.018"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="0.011"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.3"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.018"/>

Section



Properties

Material:

Property Modifiers:

Gambar 4. 24 Input Data Section Hexagonal Castellated Beam (HCB)

Frame Property/Stiffness Modification Factors

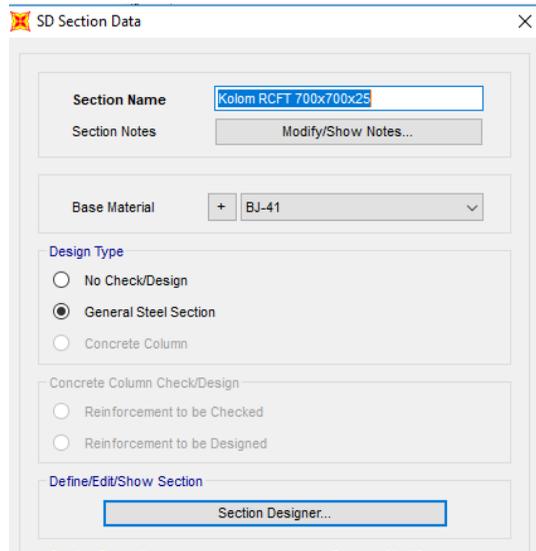
Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	<input type="text" value="1"/>
Shear Area in 2 direction	<input type="text" value="1"/>
Shear Area in 3 direction	<input type="text" value="1"/>
Torsional Constant	<input type="text" value="1"/>
Moment of Inertia about 2 axis	<input type="text" value="1"/>
Moment of Inertia about 3 axis	<input type="text" value="2.2993427"/>
Mass	<input type="text" value="1"/>
Weight	<input type="text" value="1"/>

Gambar 4. 23 Input Data Momen Inersia Hexagonal Castellated Beam (HCB)

b. Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)

Untuk kolom CFT dibuat dengan memilih *other* pada *frame section property type* kemudian pilih *section designer*. Buat profil sendiri sesuai kebutuhan dan masukkan jenis materialnya.



SD Section Data

Section Name: Kolom RCFT 700x700x25

Section Notes: Modify/Show Notes...

Base Material: + BJ-41

Design Type

No Check/Design

General Steel Section

Concrete Column

Concrete Column Check/Design

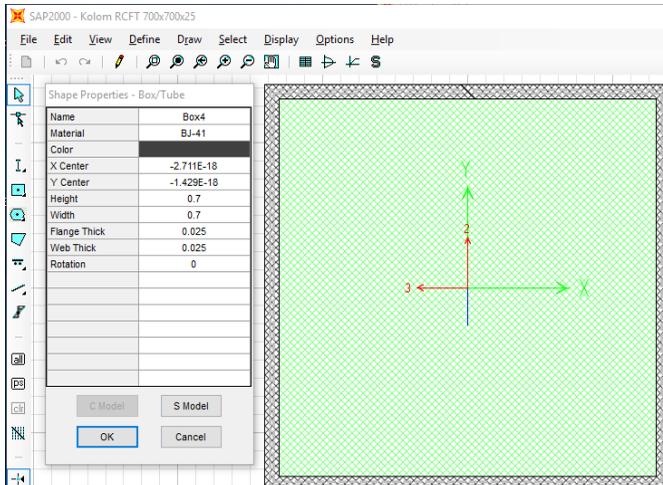
Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

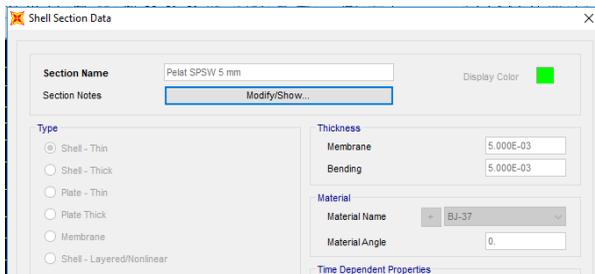
Define/Edit/Show Section

Section Designer...

Gambar 4. 25 Input Data *Section* untuk *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)*



Gambar 4. 26 Input Desain untuk *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)*



Gambar 4. 27 Input Data *Section* untuk *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

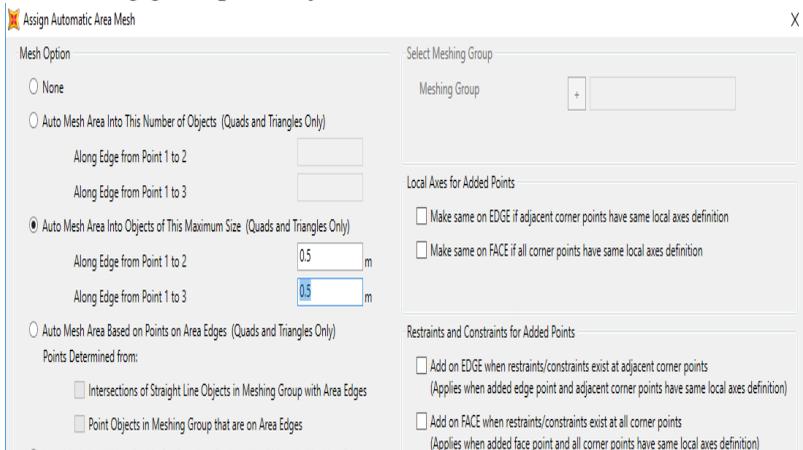
c. *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

Untuk SPSW dibuat seperti pelat pada umumnya, material yang digunakan berbeda dari material baja profil untuk rangka, yaitu menggunakan BJ-37. Pada kotak dialog *type* dipilih *Shell - Thin* karena merupakan pelat berukuran tipis.

Elemen *Shell* yang dipakai untuk permodelan dinding geser plat baja perlu dibagi ke dalam pias-pias kecil sejumlah tertentu. Untuk dinding geser pelat baja lantai 2 - 13 :

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 2-10.
- Kemudian klik *Assign > Area > Automatic Area Mesh*
- Muncul kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh*.
- Pada kotak dialog tersebut pilih *Mesh Area Into Object of This Maximum Size*. Lalu isikan :
 - *Along Edge from Point 1 to 2* = 0.5 m
 - *Along Edge from Point 1 to 3* = 0.5 m

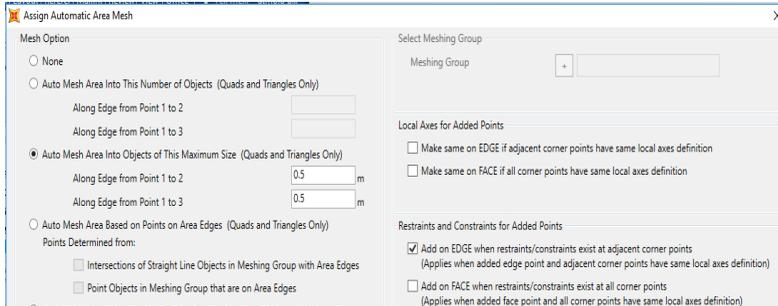
Hal ini dimaksudkan dinding geser di *Meshing* 0,5 m x 0,5 m. Untuk dinding geser pelat baja lantai 1 (dasar) :



Gambar 4. 28 Input Data *Meshing* 0,5 m x 0,5 m untuk *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 1.
- Langkah selanjutnya sama dengan langkah sebelumnya yaitu dengan membagi dinding geser menjadi pias *Meshing* 0,5 m x 0,5 m.

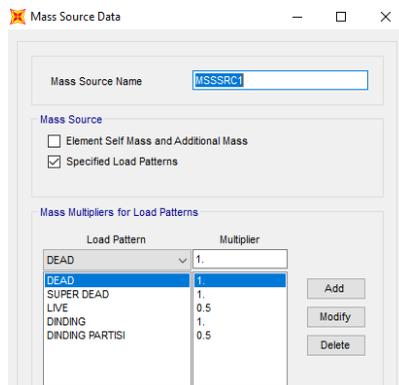
- Pada dinding geser lantai dasar diperlukan tumpuan atau jepitan pada bagian dinding gesernya, sehingga pada pembagian pias pada kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh* diaktifkan pilihan *Add on Edge when restraints/contraints exist at adjacent corner point*.



Gambar 4. 29 Input Data *Meshing* 0,5 m x 0,5 m Lantai Dasar

3. Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source) adalah massa struktur pada SAP2000 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal. Dalam peninjauan pembebanan gempa massa total struktur terdiri dari berat sendiri struktur dan beban hidup yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5



Gambar 4. 30 Input Data *Mass Source*

4.2.4.2 Input Beban Gempa Dinamis

Input beban gempa pada permodelan SAP2000 menggunakan gempa dinamis yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya. Berikut input beban gempa pada SAP2000 menggunakan respon spektrum IBC 2006 (yang perlu di inputkan adalah S_s , S_1 , dan Kelas Situs) :

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition

Function Name: Respon Spektrum
Function Damping Ratio: 0.05

Parameters

- Ss and S1 from USGS - by Lat.,Long.
- Ss and S1 from USGS - by Zip Code
- Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees): ?
Site Longitude (degrees): ?
Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.664
1 Sec Spectral Accel, S1: 0.248
Long-Period Transition Period: 4

Site Class: E
Site Coefficient, Fa: 1.372
Site Coefficient, Fv: 3.008

Calculated Values for Response Spectrum Curve
SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0.6073
SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0.4973

Define Function

Period	Acceleration
0	0.2429
0.1638	0.6073
0.8189	0.6073
1	0.4973
1.2	0.4144
1.4	0.3552
1.6	0.3108
1.8	0.2763

Function Graph

Gambar 4. 31 Input Data Response Spectrum

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Gempa X
Set Def Name
Modify/Show...

Modal Combination

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1: 1
GMC f2: 0
Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

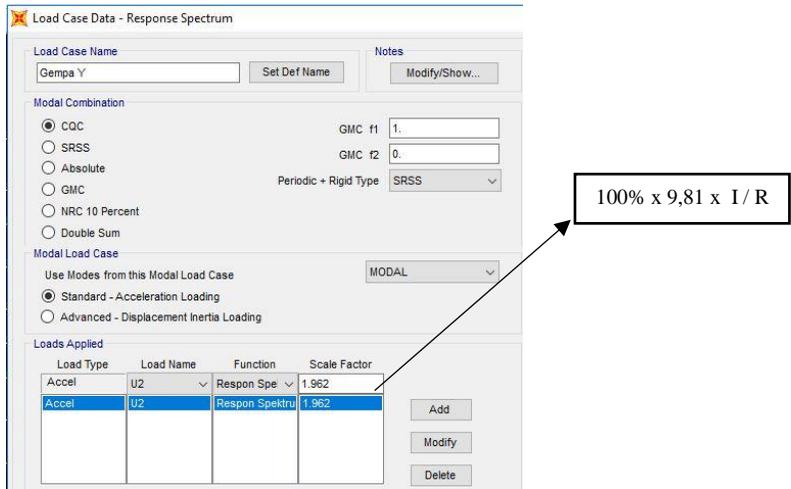
Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Respon Spe	1.962
Accel	U1	Respon Spektrum	1.962

Add
Modify
Delete

100% x 9,81 x I / R

Gambar 4. 32 Input Data Response Spectrum (Gempa X)



Gambar 4. 33 Input Data *Response Spectrum* (Gempa Y)

4.2.5 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP2000, 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 sebagai berikut :

- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Periode Getar Struktur
- Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (*base shear*)
- Kontrol Simpangan Antar Lantai (*drift*)

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

4.2.5.1 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. 12 Hasil Partisipasi Masa dari SAP2000

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.0003805	0.712
MODAL	Mode	2	0.674	0.713
MODAL	Mode	3	0.674	0.713
MODAL	Mode	4	0.678	0.713
MODAL	Mode	5	0.681	0.713
MODAL	Mode	6	0.681	0.857
MODAL	Mode	7	0.871	0.857
MODAL	Mode	8	0.871	0.905
MODAL	Mode	9	0.955	0.905
MODAL	Mode	10	0.955	0.963

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 95,5% pada modal ke 9 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,5% pada modal ke 9. 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%.

4.2.5.2 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 struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur gedung At-Tauhid memiliki tinggi 48,75 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser pelat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 48,75 \text{ m}$$

$$\text{maka : } T = 0,0488 \times 48,75^{0,75} = 0,9 \text{ s}$$

Nilai C_u didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai $S_{D1} > 0,4$,

$$\text{maka : } C_u \times T = 1,4 \times 0,9 \text{ s} = 1,26 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP2000 didapat nilai T sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Hasil *Modal Periods and Frequencies* dari SAP2000

TABLE: Modal Periods And Frequencies			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.256423
MODAL	Mode	2	1.219575
MODAL	Mode	3	0.922489
MODAL	Mode	4	0.694161
MODAL	Mode	5	0.648103
MODAL	Mode	6	0.396386
MODAL	Mode	7	0.328598
MODAL	Mode	8	0.21552
MODAL	Mode	9	0.145256
MODAL	Mode	10	0.119888

Dari tabel di atas didapat nilai $T = 1,256 \text{ s}$. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih

lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur gedung At-Tauhid memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

4.2.5.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (*Base Shear*)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7,5}{1,5}\right)} = 0,1215$$

Nilai C_s tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_{s \max} = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,496}{1,256 \times \left(\frac{7,5}{1,5}\right)} = 0,079$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,607 \times 1,5 \\ &= 0,04 < 0,1 \text{ (Tidak OK)} \end{aligned}$$

$$C_{s \min} < C_s < C_{s \max}$$

$$0,1 < 0,1215 > 0,079$$

Maka, digunakan nilai $C_s = 0,079$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Gedung At-Tauhid adalah :

Tabel 4. 14 Hasil *Base Reactions* dari SAP2000

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
Gempa X	LinRespSpec	441490.78	3923.96	605.41
Gempa Y	LinRespSpec	3897.58	438283.81	1018.8
1D + 1L	Combination	-2.538E-08	1.462E-07	8698794.47

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 8698794,47 kg. Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,079 \times 8698794,47 \text{ kg} \\
 &= 686774,01 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 441490,78 \text{ kg} &> 85\% \times 686774,01 \text{ kg} \\
 441490,78 \text{ kg} &> 583757,91 \text{ kg} \text{ (**Tidak OK**)}
 \end{aligned}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 438283,81 \text{ kg} &> 85\% \times 686774,01 \text{ kg} \\
 438283,81 \text{ kg} &> 583757,91 \text{ kg} \text{ (**Tidak OK**)}
 \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas, analisis gedung At-Tauhid masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03 1726:2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \times \frac{C_s \times W}{V}$.

- Untuk gempa arah X :

$$0,85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0,85 \times \frac{0,079 \times 8698794,47}{441490,78} = 1,322$$

- Untuk arah Y :

$$0,85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0,85 \times \frac{0,079 \times 8698794,47}{438283,81} = 1,332$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Hasil *Base Reactions* untuk Gempa X dan Y

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
Gempa X	LinRespSpec	Max	585054.04	5199.95
Gempa Y	LinRespSpec	Max	5204.72	585271.96

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$585054,04 \text{ kg} > 85\% \times 686774,01 \text{ kg}$$

$$585054,04 \text{ kg} > 583757,91 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$585271,96 \text{ kg} > 85\% \times 686774,01 \text{ kg}$$

$$585271,96 \text{ kg} > 583757,91 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Dari kontrol di atas didapatkan bahwa analisis struktur gedung At-Tauhid memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

4.2.5.4 Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem dinding geser pelat baja, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 6$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1,5$. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,01 \times h_{sx}$$

Dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Untuk tinggi tingkat 3,75 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,01 \times 3,75 \text{ m}$$

$$= 0,0375 \text{ m}$$

$$= 37,5 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi dan juga kontrol simpangan antar lantai akibat beban gempa X dan Y pada struktur yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Kontrol simpangan antar lantai akibar Gempa X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simpangan	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	δe (mm)	Cd . δe (mm)	$\Delta i - \Delta(i-1)$ (mm)	Δa (mm)	
1	0	0	0	0	0	0	OKE
2	3,75	3,75	1,549	6,196	6,196	37,5	OKE
3	7,5	3,75	4,802	19,208	13,012	37,5	OKE
4	11,25	3,75	8,766	35,065	15,856	37,5	OKE
5	15	3,75	13,143	52,572	17,507	37,5	OKE
6	18,75	3,75	18,008	72,030	19,458	37,5	OKE
7	22,5	3,75	23,2	92,799	20,769	37,5	OKE
8	26,25	3,75	28,558	114,232	21,433	37,5	OKE
9	30	3,75	34,099	136,395	22,162	37,5	OKE
10	33,75	3,75	39,632	158,526	22,132	37,5	OKE
11	37,5	3,75	45,099	180,396	21,870	37,5	OKE
12	41,25	3,75	50,421	201,685	21,289	37,5	OKE
13	45	3,75	55,521	222,084	20,399	37,5	OKE
Atap	48,75	3,75	60,102	240,406	18,322	37,5	OKE

Tabel 4. 17 Kontrol simpangan antar lantai akibar Gempa Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simpangan	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	δe (mm)	Cd . δe (mm)	$\Delta i - \Delta(i-1)$ (mm)	Δa (mm)	
1	0	0	0	0	0	0	OKE
2	3,75	3,75	2,042	8,17	8,17	37,5	OKE
3	7,5	3,75	6,220	24,879	16,709	37,5	OKE
4	11,25	3,75	11,147	44,588	19,708	37,5	OKE
5	15	3,75	16,321	65,283	20,696	37,5	OKE
6	18,75	3,75	22,031	88,122	22,839	37,5	OKE
7	22,5	3,75	27,675	110,701	22,579	37,5	OKE
8	26,25	3,75	33,089	132,355	21,653	37,5	OKE
9	30	3,75	38,620	154,481	22,126	37,5	OKE
10	33,75	3,75	43,716	174,863	20,382	37,5	OKE
11	37,5	3,75	48,344	193,377	18,514	37,5	OKE

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simpangan	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	δe (mm)	$Cd \cdot \delta e$ (mm)	$\Delta i - \Delta(i-1)$ (mm)	Δa (mm)	
12	41,25	3,75	52,436	209,746	16,369	37,5	OKE
13	45	3,75	55,916	223,664	13,918	37,5	OKE
Atap	48,75	3,75	58,549	234,196	10,532	37,5	OKE

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Gedung At-Tauhid memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.2.5.5 Kontrol Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, sistem rangka pemikul momen khusus harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser pelat baja.

Tabel 4. 18 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	kg	%	Kg	%
Dinding geser (SPSW)	411526,04	69,589	302176,43	51,422
SRPM	591368,2	30,411	587638,14	48,578
Total	1002894,24	100	889815,57	100

Dari hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1.

4.3 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu SAP2000, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan yang berlaku.

4.3.1 Balok Induk

4.3.1.1 Perencanaan Balok Induk HCB Bentang 10 m

a. Perencanaan Profil

Balok induk direncanakan menggunakan profil asal WF 500x300x11x18 yang kemudian dirubah menjadi profil *hexagonal castellated beam* (HCB) 732x300x11x18, dengan data-data sebagai berikut:

- Data profil asal WF 500x300x11x18

d	= 488 mm	ix	= 20,8 cm
bf	= 300 mm	iy	= 7,04 cm
tf	= 18 mm	Zx	= 3100 cm ³
tw	= 11 mm	Zy	= 823,7 cm ³
A	= 163,5 cm ²	w	= 128 kg/m
Ix	= 71000 cm ⁴	r	= 26 mm
Iy	= 8110 cm ⁴	h	= 400 mm

- Data profil HCB 732x300x11x18

dc	= 732 mm	b	= 140,873 mm
ds	= 488 mm	2a	= 122,647 mm
dt	= 122 mm	p	= 527,04 mm
db	= 122 mm	2b+2a	= 404,393 mm
h	= 644 mm	∅	= 60°

$$\begin{aligned}
 h &= D_c - (2x(tf+r)) \\
 &= 732 \text{ mm} - (2x(18 \text{ mm} + 26 \text{ mm})) \\
 &= 644 \text{ mm} \\
 dt = db &= (D_c - D_s) / 2 \\
 &= (732 \text{ mm} - 488 \text{ mm}) / 2 \\
 &= 122 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Rumus geometri HCB "Design of castellated beams", P.R. Knowless

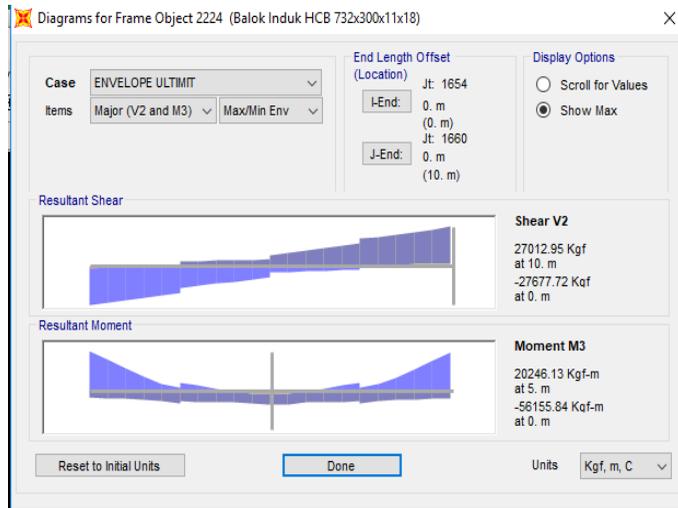
b. Output SAP2000

Gaya dalam balok dari output SAP2000 pada frame 2224

$M_u = 56155,84 \text{ kgm}$ (Envelope)

$V_u = 26971,91 \text{ kg}$ (Envelope)

$f^p = 0,566 \text{ cm}$ (1,2D+1,6L)





Gambar 4. 35 Gaya dalam balok frame 2224

Syarat lubang d_s (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 ds &\leq 0,7 dg \\
 488 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 600 \text{ mm} \\
 488 \text{ mm} &\leq 512,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat dt_o dan db_o (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 dt_o \text{ dan } db_o &\leq 0,15 dg \\
 (122 \text{ mm} - 18 \text{ mm}) &\leq 0,15 \times 732 \text{ mm} \\
 104 \text{ mm} &\leq 109,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan nilai I_x dan Z_x

I_x dan Z_x castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left(\frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 732^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{300 - 11}{2} \right) \cdot (732 - 2 \times 18)^3 \right) \\
 &= 1685798208 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(\frac{1}{4} \cdot b_f \cdot d_g^2 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot 300 \cdot 732^2 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{300 - 11}{2} \right) \cdot (732 \times 36)^2 \right) \\
 &= 5187744 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

I_x dan Z_x castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} \cdot t_w \cdot d_s^3 \right) \\
 &= 1685798208 \text{ mm}^4 - \left(\frac{1}{12} \cdot 11 \text{ mm} \cdot (488 \text{ mm})^3 \right) \\
 &= 1579268458,667 \text{ mm}^4 \\
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} \cdot t_w \cdot d_s^2 \right)
 \end{aligned}$$

$$Z_x = 5187744 \text{ mm}^3 - [1/4 \cdot 11 \cdot (488)^2]$$

$$Z_x = 4532848 \text{ mm}^3$$

I_x castellated beam rata-rata :

$$I_{x \text{ rata-rata}} = \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2}$$

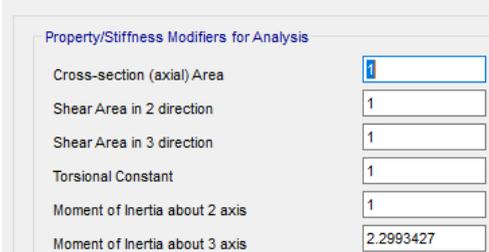
$$= \frac{1685798208 \text{ mm}^4 + 1579268458,667 \text{ mm}^4}{2}$$

$$= 1632533333,333 \text{ mm}^4 = 163253,333 \text{ cm}^4$$

I_x profil WF 500x300x11x18 :

$$I_x = 71000 \text{ cm}^4$$

 Frame Property/Stiffness Modification Factors



Gambar 4. 36 Input *Frame Property* WF 500x300x11x18

Rasio I_x input SAP2000 :

$$= I_x \text{ rata-rata} : I_x \text{ profil } 500 \times 300 \times 11 \times 18$$

$$= 163253,333 \text{ cm}^4 : 71000 \text{ cm}^4$$

$$= 2,2993427$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{163253,333 \text{ cm}^4}{163,5 \text{ cm}^2}} = 31,599 \text{ cm}$$

d. Kontrol Penampang

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{644}{11} = 58,545$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1365}{\sqrt{fy}} = \frac{1365}{\sqrt{250}} = 86,33$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,333$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

e. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

Penampang Kompak :

$$M_p = Z_x \cdot fy$$

$$M_p = 4532,848 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 11332120 \text{ kgcm} = 113321,2 \text{ kgm}$$

f. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 250 cm (Jarak antar balok anak)

$$L_p = 1,76 \times iy \times \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$L_p = 1,76 \times 7,041 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ = 350,49 \text{ cm}$$

Kondisi balok plastis termasuk dalam bentang pendek

$$L_b < L_p.$$

Pada saat profil berlubang :

$$\Delta A_s = D_s \times tw$$

$$= 488 \text{ mm} \times 11 \text{ mm}$$

$$= 5368 \text{ mm}^2 = 53,68 \text{ cm}^2$$

$$M_n = M_p - [fy \times \Delta A_s \times \left(\frac{D_s}{4}\right)]$$

$$= 129693,6 - \left(2500 \times 53,68 \times \frac{48,8}{4}\right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 11332120 \text{ kgcm} \\
 \emptyset Mn &= 0,9 \times 11332120 \text{ kgcm} \\
 &= 10198908 \text{ kgcm} \\
 &= 101989,08 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

g. Kontrol Kapasitas Momen

$$\begin{aligned}
 \emptyset Mn &\geq Mu \\
 101989,08 \text{ kgm} &> 56155,84 \text{ kgm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

h. Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 4.8 hal 3320

$$\begin{aligned}
 \frac{dg-2tf}{tw} &\leq \frac{1365}{\sqrt{fy}} \\
 \frac{732-2 \times 18}{11} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\
 63,273 &\leq 86,33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{dg-2tf}{tw} &\leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \\
 \frac{732-2 \times 18}{11} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 63,273 &\leq 69,57
 \end{aligned}$$

Karena $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$ dan $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$ maka pelat

badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\begin{aligned}
 a_0 &= 2a + 2b \\
 &= (2 \times 61,32 \text{ mm}) + (2 \times 140,873 \text{ mm}) \\
 &= 404,393 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{a_0}{D_s} \leq 3$$

$$\frac{404,393}{488} \leq 3$$

$$0,829 < 3 \text{ (OK)}$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.1 \times 73.2}{\sqrt{3}} = 116220,609 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{u + \sqrt{3}} \times V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan}$$

$$u = \frac{a_0}{d_t} = \frac{404.393}{122} = 3,315$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.1 \times 2 \times 12.2}{\sqrt{3}} = 38740,203 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{3.315 + \sqrt{3}} \times 38740,203 = 18802,934 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 18802,934 \text{ kg} = 37605,867 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$37605,867 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 116220,609 \text{ kg}$$

$$37605,867 \text{ kg} \leq 77480,406 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$27677,72 \text{ kg} \leq 0,9 \times 37605,867 \text{ kg}$$

$$27677,72 \text{ kg} \leq 33845,28 \text{ (OK)}$$

- i. Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{D_s} \right) + \left(\frac{6D_s}{d_g} \right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{404.393}{488} \right) + \left(\frac{6 \times 488}{732} \right) \leq 5,6$$

$$4,829 < 5,6 \text{ (OK)}$$

- j. Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1$$

$$\left(\frac{56155,84}{87253,92}\right)^3 + \left(\frac{27677,72}{33845,28}\right)^3 \leq 1$$

$$0,813 < 1 \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak antar lubang (Syarat ASCE 4.10 hal 3320)

$$p \geq D_s$$

$$527,04 \text{ mm} \geq 488 \text{ mm (OK)}$$

$$527,04 \text{ mm} \geq (2b + 2a) \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$527,04 \text{ mm} \geq 404,393 \times \frac{\left(\frac{27677,72}{0,9 \times 116220,609}\right)}{1 - \frac{27677,72}{0,9 \times 116220,609}}$$

$$527,04 \text{ mm} > 145,509 \text{ mm (OK)}$$

k. Kontrol Lendutan

$$f^o = 0,566 \text{ cm} < f \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,778 \text{ cm (OK)}$$

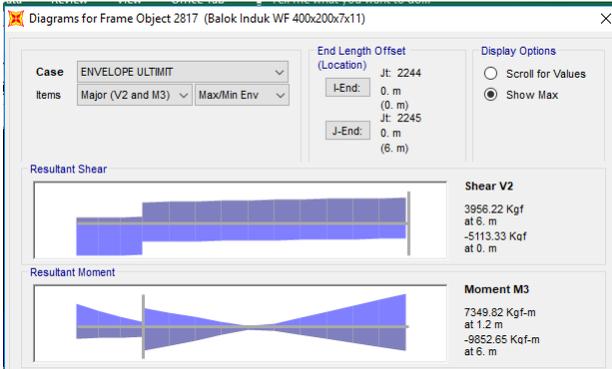
Sehingga, balok dengan profil *Hexagonal Castellated 732* x 300 x 11 x 18 dapat digunakan sebagai balok induk dengan bentang 10 m.

4.3.1.2 Perencanaan Balok Induk Bentang 6 m

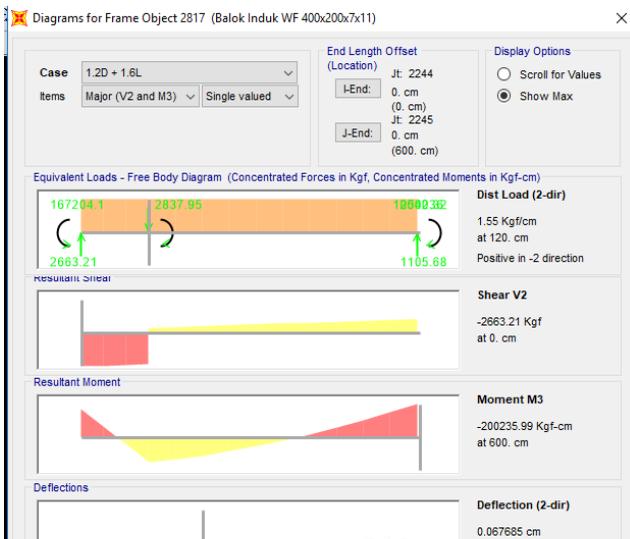
Balok Induk direncanakan dengan menggunakan profil WF 400x200x11x17, dengan data perencanaan sebagai berikut :

d =	396	mm	ix =	16,7	cm
bf =	199	mm	iy =	4,48	cm
tf =	11	mm	Zx =	1088	cm
tw =	7	mm	Zy =	222	cm
A =	72,2	cm ²	Sx =	1010	cm
w =	89,7	kg/m	Sy =	145	cm
Ix =	20000	mm	r =	16	cm
Iy =	1450	mm	h =	342	cm

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Balok Induk adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 37 Hasil Output Momen dan Geser Maksimum pada SAP 2000



Gambar 4. 38 Hasil Output lendutan maksimum pada SAP 2000v14

- Mu = 9852,65 kgm
- Vu = 5113,33 kg
- f = 0,068 cm

Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 2817.

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{7} = 48,857$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{199}{22} = 9,046$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$48,857 < 106,35 \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$9,046 < 10,75 \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

- *Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1088 \times 2500 \\ &= 2716670 \text{ kg.cm} = 27188,7 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 9852,7 &< 0,9 \times 27188,7 \\ 9852,7 &< 24469,83 \text{ kgm} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

Jarak Penahan Lateral (L_b) = 40 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,48 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 223,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 223,02 \quad \longrightarrow \quad \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1088 \times 2500 \\ &= 2718870 \text{ kgcm} = 27188,7 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Mu} & < & \phi \text{ Mn} \\
 9852,7 & < & 0,9 \times 27188,7 \\
 9852,7 & < & 24469,83 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots \text{OK}
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

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

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{tw} < 260$, dengan perhitungan sebagai

berikut :

$$\begin{array}{rcl}
 \frac{h}{tw} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\
 \frac{342}{7} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\
 48,857 & \leq & 69,57 \quad ; C_v = 1,0
 \end{array}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 27,7 \times 1,0 = 41580 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_n \\
 5113,3 \text{ (kg)} & < & 0.9 \times 41580 \\
 5113,3 \text{ (kg)} & < & 37422 \text{ kg (OK)}
 \end{array}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah

$\frac{L}{360}$, berikut perhitungannya :

$$- f = 0,068 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,67 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$f < f_{\text{maks}}$$

$$0,068 < 1,67$$

$$0,068 < 1,67 \text{ cm (OK)}$$

Sehingga Profil WF 400 x 200 x 11 x 17, dapat digunakan sebagai balok Induk arah melintang.

4.3.1.3 Rekap Perhitungan Balok Induk

Tabel 4. 19 Rekap Perhitungan Balok Induk (1)

Profil Balok	Bentang	Gaya Dalam	
		Mu	Vu
	m	Kg.m	Kg
HCB 759x210x11x19	7	45120,89	25594,6
WF 400x200x11x17	4	12958,26	12697,49
WF 400x200x11x17	3,6	11908,92	10754,46
WF 400x200x11x17	3	13536,36	12040,64

Tabel 4. 20 Rekap Perhitungan Balok Induk (2)

Profil Balok	Kontrol Penampang							Kategori Penampang
	Sayap		Badan		Kategori	Tekuk Lateral (cm)		
	λ	λ_p	λ	λ_p	$\lambda \leq \lambda_p$	Lb	Lp	
HCB 759x210x11x19	5,53	10,748	61,91	86,330	kompak	250	235,47	Bentang Menengah
WF 400x200x11x17	9,05	10,748	48,86	106,35	kompak	40	223,02	Bentang Pendek

Tabel 4. 21 Rekap Perhitungan Balok Induk (3)

Profil Balok	Mu	ϕM_n	$\phi M_n > Mu$
	(kgm)	(kgm)	
HCB 759x210x11x19	45120,89	82756,434	OK
WF 400x200x11x17	12958,26	24469,83	OK
WF 400x200x11x17	11908,92	24469,83	OK
WF 400x200x11x17	13536,36	24469,83	OK

Tabel 4. 22 Rekap Perhitungan Balok Induk (4)

Profil Balok	$\frac{d_g - 2t_f}{t_w}$	$\frac{1100}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{1365}{\sqrt{F_y}}$	Kontrol	a _o /d _s	Syarat	Kontrol
HCB 759x210x11x19	65,55	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
WF 400x200x11x17	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4. 23 Rekap Perhitungan Balok Induk (5)

Profil Balok	V_p	V_{pt}	V_{nt}	V_n	Kontrol	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	$V_{nt} \leq V_{pt}$	$V_n \leq 2/3V_p$
HCB 759x210x11x19	120507,44	40169,15	19496,48	38992,97	OK	OK
WF 400x200x11x17	-	-	-	-	-	-

Tabel 4. 24 Rekap Perhitungan Balok Induk (6)

Profil Balok	V_u	$\emptyset V_n$	$\emptyset V_n > V_u$
	(kg)	(kg)	
HCB 759x210x11x19	25594,6	35093,672	OK
WF 400x200x11x17	12697,49	37422	OK
WF 400x200x11x17	10754,46	37422	OK
WF 400x200x11x17	12040,64	37422	OK

Tabel 4. 25 Rekap Perhitungan Balok Induk (7)

Profil Balok	$d_s < 0,7d_b$	Kontrol	$d_t > 0,15d_b$	Kontrol	P_o	Kontrol
	Pasal 4.5		Pasal 4.6		$(a_o/d_s)/(6.d_s/d_b)$	
HCB 759x210x11x19	531	OK	113,85	OK	4,829	OK
WF 400x200x11x17	-	-	-	-	-	-

Tabel 4. 26 Rekap Perhitungan Balok Induk (8)

Profil Balok	Mu	$\emptyset Mn$	Vu	$\emptyset Vn$	Persamaan Interaksi	Kontrol
	(kgm)	(kgm)	(kg)	(kg)		< 1
HCB 759x210x11x19	45120,89	66914,207	25594,6	35093,67	0,695	OK
WF 400x200x11x17	12958,26	24469,83	12697,49	37422	0,415	OK
WF 400x200x11x17	11908,92	24469,83	10754,46	37422	0,366	OK
WF 400x200x11x17	13536,36	24469,83	12040,64	37422	0,413	OK

Tabel 4. 27 Rekap Perhitungan Balok Induk (9)

Profil Balok	s	Kontrol		
	(mm)	$s \geq ds$	$s \geq \frac{(ao.Vu/\emptyset Vp)}{(1-Vu/\emptyset Vp)}$	
HCB 759x210x11x19	546,5	OK	129,517	OK
WF 400x200x11x17	-	-	-	-

Tabel 4. 28 Rekap Perhitungan Balok Induk (10)

Profil Balok	f_x	f_{ijin}		Kontrol
	(cm)	syarat	(cm)	
HCB 759x210x11x19	0,212	360	2,083	OK
WF 400x200x11x17	0,13	360	1,111	OK
WF 400x200x11x17	0,05	360	1	OK

Profil Balok	f_x	f_{ijin}		Kontrol
	(cm)	syarat	(cm)	
WF 400x200x11x17	0,011	360	0,083	OK

4.3.2 Kolom CFT

Pada perencanaan struktur kolom gedung At-Tauhid dibedakan menjadi 3 grup kolom. Perbedaan ini berdasarkan dimensi kolomnya. Berikut ketiga grup kolom :

1. Lantai 1 – Lantai 4 : HSS 700 x 700 x 25 x 25
2. Lantai 5 – Lantai 7 : HSS 500 x 500 x 25 x 25
3. Lantai 8 – Lantai 13 : HSS 400 x 400 x 25 x 25

4.3.2.1 Perencanaan Kolom Tipe 1

A. Perencanaan Profil

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1 – lantai 4. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 700 x 700 x 25 x 25 dan panjang kolom 325 cm pada lantai 1. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

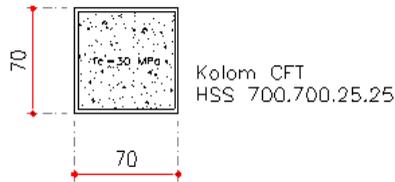
$$\begin{array}{llll}
 d = 700 & \text{mm} & i_x = 27.2 & \text{cm} \\
 bf = 700 & \text{mm} & i_y = 27.2 & \text{cm} \\
 tf = 25 & \text{mm} & Z_x = 13650 & \text{cm} \\
 tw = 25 & \text{mm} & Z_y = 13650 & \text{cm} \\
 A = 646 & \text{cm}^2 & I_x = 477900 & \text{cm} \\
 r = 75 & \text{kg/m} & I_y = 477900 & \text{cm}
 \end{array}$$

Data Material :

$$\begin{array}{llll}
 - & f_y = 250 & \text{MPa} & = 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 - & f_u = 410 & \text{MPa} & = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 - & f_c = 25 & \text{MPa} & = 250 \text{ kg/cm}^2
 \end{array}$$

Modulus Elastisitas :

$$\begin{array}{ll}
 - & \text{Beton (Ec)} = 23500 \text{ MPa} \\
 - & \text{Baja (Es)} = 200000 \text{ MPa}
 \end{array}$$

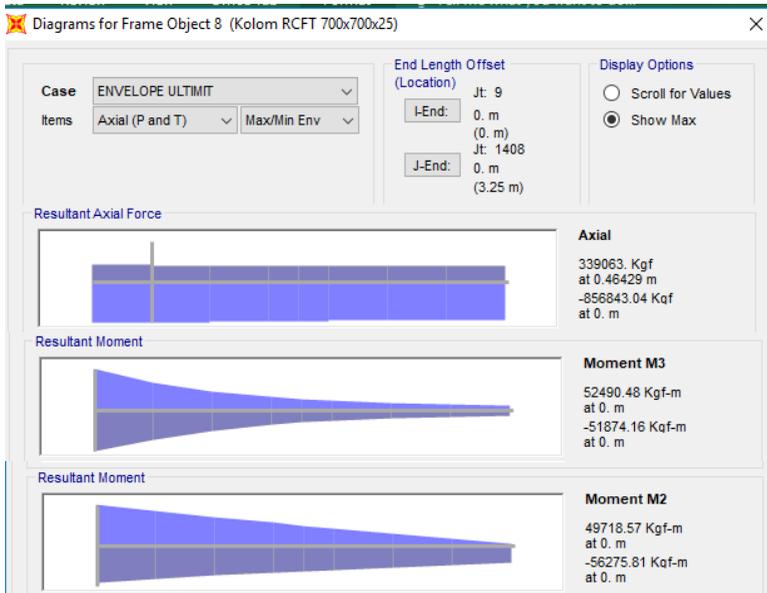


Gambar 4. 39 Penampang Kolom CFT HSS 700x700x25x25

B. Output SAP2000

Dari Analisa permodelan dengan SAP2000, didapatkan gaya dalam yang bekerja pada kolom frame 8 dengan tinggi 3,25 m adalah sebagai berikut :

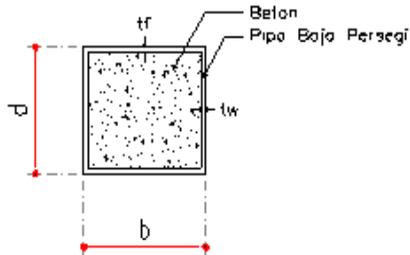
$$\begin{aligned}
 P_u &= 856843,04 \text{ kg (ENVELOPE)} \\
 M_{ux} &= 52490,48 \text{ kgm (ENVELOPE)} \\
 M_{uy} &= 56275,81 \text{ kgm (ENVELOPE)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 40 Gaya Axial frame 8

C. Kontrol Penampang Kolom Komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja



Gambar 4. 41 Kontrol Luas Penampang Profil

$$A_s = 646 \text{ cm}^2 \text{ (dari brosur)}$$

$$\begin{aligned} A_c &= (b \times d) - A_s \\ &= (70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}) - 646 \text{ cm}^2 \\ &= 4254 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 1\%$$

$$\frac{646 \text{ cm}^2}{646 \text{ cm}^2 + 4254 \text{ cm}^2} \geq 1\%$$

$$13,184 \% > 1\% \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Luas Penampang

**Pasal I2a SNI 1729:2015*

Kontrol Tebal Minimum Profil

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \leq 25 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 200000}} \leq 25 \text{ mm}$$

$$14,287 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Tebal Minimum

**Pasal 12.3.1 ayat 5 SNI 1729:2002*

Kontrol Penampang Komposit

Struktur Komposit Menahan Aksial Tekan

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda$$

$$63,92 > 28 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

Struktur Komposit Menahan Lentur

Badan Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda$$

$$63,92 > 28 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Sayap Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda$$

$$63,92 > 28 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Keterangan :

- *Kontrol Penampang* *Tabel 11.1a dan 1b SNI 1729:2015

D. Kuat Tekan Struktur Komposit

Karena penampang komposit, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_p \\ &= f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \\ &= 2500 \times 646 + 0,85 \times 250 \times (4254 + 0) \\ &= 2518975 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

- $C_2 = 0,85$ *Bab 12 Pasal 2b ayat (c) untuk penampang kompak

E. Momen Nominal Kolom Komposit

Pada Bab 13 Pasal 4b Persamaan I3-3a SNI 1727:2015 menyebutkan bahwa momen nominal (M_n) sama dengan momen plastis dari penampang (M_p) jika penampang kompak. Momen Plastis (M_p) dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang kolom komposit.

Berdasarkan Jurnal dari Chinese Taiwan Society for Earthquake Engineering, tentang Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan oleh Shosuke Morino dan Keigo Tsuda. Menyimpulkan untuk menghitung momen nominal dari kolom CFT diperhitungan sebagai berikut :

- Panjang Kolom

$$\begin{aligned} L &\leq 12 D \\ 3,25 &\leq 12 \times 0,7 \\ 3,25 &\leq 8,4 \text{ meter} \quad \text{Pers. (41) dan (42) pada jurnal} \end{aligned}$$

- Kuat Tekan Komposit

Karena panjang kolom kurang dari $12 \times D$ maka digunakan Persamaan (41) dan (42) pada jurnal dengan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan 41

$$N \leq cN \longrightarrow N = cN$$

$$M \leq sM + cM$$

Persamaan 42

$$N \geq cN \longrightarrow N \leq sN + cN$$

$$M = sM$$

Cek Persyaratan :

$$N \leq cNc$$

$$856843,04 \text{ kg} \leq C_2 \times f_c' \times \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$856843,04 \text{ kg} \leq 0,85 \times 250 \times (4254 + 0)$$

$$856843,04 \text{ kg} \leq 903975 \text{ kg} \longrightarrow \text{pakai pers. 41}$$

Keterangan :

$$cN = \text{Kuat tekan nominal beton}$$

$$sN = \text{Kuat tarik nominal baja}$$

$$cM = \text{Momen Nominal Beton}$$

$$sM = \text{Momen Nominal Baja}$$

- Momen Nominal Penampang (M_n)

Dari perhitungan sebelumnya digunakan momen nominal pada persamaan 41, maka perhitungan momen nominalnya adalah sebagai berikut :

$$M \leq sM + cM$$

Elemen Baja (sM)

$$sM = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 13650 \times 2500$$

$$= 34125000 \text{ kgcm} = 341250 \text{ kgm}$$

Elemen Beton (cM)

$$X_n = 323 \text{ mm} \quad cD = 646 \text{ mm}$$

$$X_{nl} = \frac{X_n}{cD} = \frac{323}{646} = 0,5 < 1 \longrightarrow \text{pakai pers. 44}$$

$$cfc = \frac{fc'}{cV} = \frac{250}{3} = 83,333 \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan :

$$cV = \text{safety factor untuk beton}$$

$$X_n = \text{garis netral}$$

$$cD = \text{lebar beton}$$

$$cfc = \text{tegangan beton}$$

Persamaan 44 :

$$cM = \frac{X_n (3-2X_n)}{12} \times cD^3 \times cfc$$

$$= \frac{0,5 \times (3-(2 \times 0,5))}{12} \times 64,6^3 \times 83,333$$

$$= 1872125,944 \text{ kgcm} = 18721,259 \text{ kgm}$$

Maka perhitungan momen nominal (M_n) keseluruhannya adalah sebagai berikut :

$$M_n = sM + cM$$

$$= 341250 \text{ kgm} + 18721,259 \text{ kgm}$$

$$= 359971,259 \text{ kgm}$$

Cek Persyaratan :

$$Mu < \emptyset M_n$$

$$56275,8 \text{ kgm} < 0,9 \times 359971,259 \text{ kgm}$$

$$56275,8 \text{ kgm} < 323974,13 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral (L_b) berdasarkan panjang kolom dikurangi dengan tinggi dimensi balok (d) yaitu 73,2 cm, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 325 \text{ cm} - 73,2 \text{ cm}$$

$$= 251,8 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 27,2 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 1354,02 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p$$

$$251,8 < 1354,2 \longrightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan Momen Nominalnya (M_n) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= {}_sM + {}_cM \\ &= 341250 \text{ kgm} + 18721,259 \text{ kgm} \\ &= 359971,259 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$M_u < \phi M_n$$

$$56275,8 \text{ kgm} < 0,9 \times 359971,259 \text{ kgm}$$

$$56275,8 \text{ kgm} < 323974,13 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Bentang Pendek (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

F. Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek $P-\Delta$ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut:

$$M_r = \beta_1 M_{nt} + \beta_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + \beta_2 P_{lt}$$

dengan,

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

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

1. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

M_1	= 461 kgm	P_1	= 1226903,5 kg
M_2	= 1235,06 kgm	L	= 251,8 cm
M_{nt}	= 2382,45 kgm	P_{nt}	= 370060,41 kg
M_{lt}	= 52490,48 kgm	P_{lt}	= 856843,04 kg
P_{Story}	= 856843,04 kg	Δ_h	= 1,716 mm
H	= 40459,84 kg		

Perhitungan Komponen B₁

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 251,8)^2} = 148783688,1 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{461}{1235,06} \right) = 0,451$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$= \frac{0,451}{1 - (1 \times \frac{1226903,5}{148783688,1})} \geq 1$$

$$= 0,454 < 1$$

Sehingga, digunakan β_1 adalah 1

Perhitungan Komponen B₂

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{4143886,38}{856843,04} \right)$$

$$= 0,275$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 0,275 \times \frac{40459,84 \times 2518}{1,716} = 16300825 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\beta_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - (1 \times \frac{856843,04}{16300825})} \geq 1 \\ &= 1,055 \geq 1\end{aligned}$$

Sehingga, digunakan β_2 adalah 1,055

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mux} &= \beta_1 \times M_{\text{nt}} + \beta_2 \times M_{\text{lt}} \\ &= 1 \times 2382,45 \text{ kgm} + 1,055 \times 52490,48 \text{ kgm} \\ &= 57785,139 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 57785,139 kgm

2. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

M_1	= 5605,27 kgm	P_1	= 1226903,5 kg
M_2	= 18057,32 kgm	L	= 251,8 cm
M_{nt}	= 18057,32 kgm	P_{nt}	= 370060,41 kg
M_{lt}	= 56275,81 kgm	P_{lt}	= 856843,04 kg
P_{Story}	= 856843,04 kg	Δ_h	= 2,025 mm
H	= 19769,6 kg		

Perhitungan Komponen B₁

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 251,8)^2} = 148783688,1 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{5605,27}{18057,32} \right) = 0,476$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1 \\ &= \frac{0,476}{1 - (1 \times \frac{1226903,5}{148783688,1})} \geq 1\end{aligned}$$

$$= 0,48 < 1$$

Sehingga, digunakan β_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B₂

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{3053299,3}{856843} \right) \\ = 0,47$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 0,47 \times \frac{19769,6 \times 2518}{2,025} = 11442868,05 \text{ kg}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1 \\ = \frac{1}{1 - (1 \times \frac{856843,04}{11442868,05})} \geq 1 \\ = 1,081 > 1$$

Sehingga, digunakan β_2 adalah 1,081

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\text{Muy} = \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\ = 1 \times 18057,32 \text{ kgm} + 1,081 \times 56275,81 \text{ kgm} \\ = 78888,148 \text{ kgm}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 78888,148 kgm.

3. *Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)*

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$P_{nt} = 370060,41 \text{ kg} \quad B_2 = 1,081 \\ P_{lt} = 856843,04 \text{ kg} \\ P_r = P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ = 370060,41 \text{ kg} + 1,081 \times 856843,04 \text{ kg} \\ = 1296257,149 \text{ kg}$$

G. Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$M_{ux} = 57785,139 \text{ kgm}$$

$$P_n = 2518975 \text{ kg}$$

$$M_{uy} = 78888,148 \text{ kgm}$$

$$M_n = 359971,26 \text{ kgm}$$

$$P_r = 1296257,149 \text{ kg}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\emptyset P_n = 0,9 \times 2518975 = 2267077,5 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} = \frac{1296257,149}{2267077,5} = 0,572 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan interaksi 1 dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\emptyset M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$0,572 + \frac{8}{9} \left(\frac{57785,139}{0,9 \times 359971,26} + \frac{78888,148}{0,9 \times 359971,26} \right) \leq 1$$

$$0,947 < 1 \text{ (OK)}$$

Sehingga kolom CFT dengan dimensi profil HSS 700x700x25 dapat digunakan.

Tabel 4. 30 Rekap Perhitungan Kolom CFT (1)

Keterangan	Luas min baja			t minimum		
	$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 4\%$			$t_{min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$		
	Persentase	Syarat		t min	t profil	syarat
Tipe 1	13.184 %	Oke		14.289	25	Oke
Tipe 2	17.840 %	Oke		10.206	25	Oke
Tipe 3	21.625 %	Oke		8.165	25	Oke

Tabel 4. 29 Rekap Perhitungan Kolom CFT (2)

Keterangan	Kontrol Penampang							
	Aksial				Lentur			
	λ	λ_p	λ_r	Keterangan	λ	λ_p	λ_r	Keterangan
Tipe 1	28	63.922	84.853	Kompak	28	63.922	84.853	Kompak
Tipe 2	20			Kompak	20			Kompak
Tipe 3	16			Kompak	16			Kompak

Tabel 4. 31 Rekap Perhitungan Kolom CFT (3)

Tipe	N	cNc	Digunakan	sM	cM
	kg	kg		kgm	kgm
Tipe 01	856843	903975	Pers 41	341250	18721.3
Tipe 02	356772.7	1551475	Pers 41	161000	6160.87
Tipe 03	227586.1	1131475	Pers 41	95750	2876.51

Tabel 4. 32 Rekap Perhitungan Kolom CFT (4)

Tipe	ϕM_n	Mu	Keterangan
	kgm	kgm	
Tipe 01	323974.1	56275.8	Memenuhi
Tipe 02	150444.8	28417.2	Memenuhi
Tipe 03	88763.86	23128	Memenuhi

Tabel 4. 33 Rekap Perhitungan Kolom CFT (5)

Tipe Kolom	Lb	Lp	Bentang	Mn = Mp
Tipe 01	251.8	1354.02	Bentang Pendek	359971
Tipe 02	299.1	945.826	Bentang Pendek	167161
Tipe 03	299.1	741.727	Bentang Pendek	98626.5

Tabel 4. 34 Rekap Perhitungan Kolom CFT (6)

Tipe	ϕM_n	Mu	Keterangan
	kgm	kgm	
Tipe 01	323974.13	56275.8	Memenuhi
Tipe 02	150444.78	28417.2	Memenuhi
Tipe 03	88763.86	23128	Memenuhi

Tabel 4. 37 Rekap Perhitungan Kolom CFT (7)

Tipe	Cm	Pe1	B1		RM	Pe stry	B2		Mrux Kgm
			hit	pkai			hit	pkai	
Tipe 01	0.4507	148783688	0.45	1.00	0.28	16300825	1.06	1.06	57785
Tipe 02	0.4654	35502011.4	0.47	1.00	0.35	9066.879	-0.1	1.00	6612.5
Tipe 03	0.3059	16879452.3	0.31	1.00	0.42	17728.118	-0.1	1.00	5369.18

Tabel 4. 36 Rekap Perhitungan Kolom CFT (8)

Tipe	Cm	Pe1	B1		RM	Pe stry	B2		Mruy Kgm
			hit	pkai			hit	pkai	
Tipe 01	0.476	148783688	0.48	1.00	0.47	11442868	1.08	1.08	78888.1
Tipe 02	0.289	35502011.4	0.29	1.00	0.12	223527.6	-3	1	35802.0
Tipe 03	0.252	16879452.3	0.26	1.00	0.40	718924	1.46	1.46	40492.5

Tabel 4. 35 Rekap Perhitungan Kolom CFT (9)

Tipe Kolom	Pnt	Plt	B2	Pr	Pn
	Kg	Kg		Kg	Kg
Tipe 01	370060.41	856843	1.08	1296257.1	2518975
Tipe 02	356772.71	286781	1.00	643553.8	1551475
Tipe 03	227586.1	189169.59	1.46	504378.48	1131475

Tabel 4. 38 Rekap Perhitungan Kolom CFT (10)

Tipe Kolom	Pu/ØPn	Interaksi		Kontrol
		$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right)$	$\frac{Pu}{2. \phi Pn} + \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right)$	< 1
Tipe 01	0.572	0.947	Tidak Berlaku	Memenuhi
Tipe 02	0.461	0.711	Tidak Berlaku	Memenuhi
Tipe 03	0.495	0.955	Tidak Berlaku	Memenuhi

4.3.3 Perencanaan *Steel Plate Shear Wall*

Dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) di desain menggunakan peraturan *AISC Design Guide 20: Steel Plate Shear Walls*. Tebal rencana pelat SPSW 5 mm. Desain rencana untuk *HBE* dan *VBE* adalah sebagai berikut :

HBE = WF 600x300x12x20

VBE = HSS 700x700x25

Mutu pelat = BJ-37

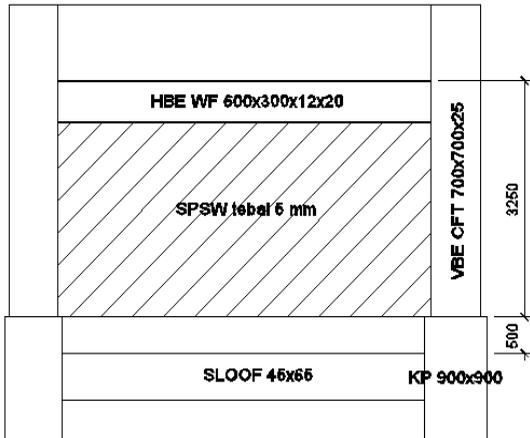
$f_{y_{\text{pelat}}}$ = 240 Mpa

$f_{u_{\text{pelat}}}$ = 370 Mpa

Mutu profil = BJ-41

$f_{y_{\text{profil}}}$ = 250 Mpa

$f_{u_{\text{profil}}}$ = 410 Mpa



Gambar 4. 42 Desain *Steel Plate Shear Wall*

4.3.3.1 Desain Dinding Geser Pelat Baja

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser pelat baja dan pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Dari hasil analisis SAP2000 didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu $V_u = 94471,45 \text{ kg}$

Bahan :

$$\text{BJ 37 : } f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensi :

$$L = 3 \text{ m}$$

$$h = 3,75 \text{ m}$$

1. Tebal Dinding Geser (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 3-20)

Untuk perencanaan awal, diasumsikan sudut geser SPSW = 30° .

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

$$94471,45 \text{ kg} = 0,9 \times 0,42 \times 2400 \times t_w \times 300 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0,401 \text{ cm digunakan } t_w = 0,5 \text{ cm}$$

2. Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 2-1)

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

$$= \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,5 \text{ cm} \times 300 \text{ cm}}{2 \times 646 \text{ cm}^2}}{1 + 0,5 \text{ cm} \times 375 \text{ cm} \left(\frac{1}{192,5 \text{ cm}^2} + \frac{(375 \text{ cm})^3}{360 \times 477900 \text{ cm}^4 \times 300 \text{ cm}} \right)}}$$

$$\alpha = 40,274^\circ \text{ memenuhi syarat } 30^\circ < \alpha < 55^\circ \text{ (OK)}$$

3. Kekuatan geser aktual SPSW

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

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times 2400 \times 0,5 \times 300 \times \sin(2 \times 40,274^\circ)$$

$$\emptyset V_n = 134232,68 \text{ kg} > 94471,45 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

4.3.3.2 Kontrol Desain Balok (HBE)

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF 600 × 300 × 12 × 20.

$$\begin{array}{lll}
 W & = 151 \text{ kg/m} & r & = 28 \text{ mm} & h_w & = 492 \text{ mm} \\
 A & = 192,5 \text{ cm}^2 & Z_x & = 4309 \text{ cm}^3 & b_f & = 300 \text{ mm} \\
 t_w & = 12 \text{ mm} & i_y & = 6,85 \text{ cm} & & \\
 t_f & = 20 \text{ mm} & I_x & = 118000 \text{ cm}^4 & & \\
 d & = 588 \text{ mm} & I_y & = 9020 \text{ cm}^4 & &
 \end{array}$$

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

1. Momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

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

Menentukan nilai q_u

$$q_u = R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1,5 \times 2500 \times (0,5 \times \cos^2 40,274^\circ - 0,5 \times \cos^2 40,274^\circ)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$L_h = L - 2 \left[\frac{1}{2} (d_c + d_b) \right]$$

$$L_h = 300 \text{ cm} - 2 \left[\frac{1}{2} (70 \text{ cm} + 58,8 \text{ cm}) \right]$$

$$L_h = 171,2 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{0 \times (171,2 \text{ cm})^2}{8} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi yang didapatkan dari output SAP2000.

$$M_u = M_u + \{P_u \times [(L/3) - (d_c/2) - (d_b/2)]\}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0 + \{3641,37 \text{ kg} \times [(3,75/3) - (0,7/2) - (0,588/2)]\} \\
 &= 2206,67 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

2. Gaya aksial pada balok (*HBE*)

$$\begin{aligned}
 P_{HBE} &= P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\
 P_{HBE(VBE)} &= \sum \frac{1}{2} R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times h \\
 P_{HBE(VBE)} &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times [(\sin^2(40,274^\circ) \times 0,5 \\
 &\text{ cm} \times 58,8 \text{ cm}) + [(\sin^2(40,274^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times 58,8 \text{ cm})] \\
 P_{HBE(VBE)} &= 247758,339 \text{ kg} \\
 P_{HBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y \times f_y \times [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] \times L_{cf} \\
 P_{HBE(web)} &= \frac{1}{2} 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times [0] \times (300 \text{ cm} - 70 \text{ cm}) \\
 P_{HBE(web)} &= 0 \\
 \text{Nilai } [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] &= 0 \text{ karena dimensi } SPSW \\
 &\text{ lantai 1 dan lantai di atasnya sama.}
 \end{aligned}$$

Nilai P_{HBE} pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah :

$$\begin{aligned}
 P_{HBE} &= P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\
 P_{HBE} &= 247758,339 \text{ kg} \pm \frac{1}{2} \times 0 \\
 P_{HBE} &= 247758,339 \text{ kg (tekan)}
 \end{aligned}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$\beta_1 = 1 \text{ (hasil perhitungan)}$$

Karena nilai $\beta_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\
 &= 1 \times 2206,67 \text{ kgm} \\
 &= 2206,67 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

Gaya geser dihitung dengan sebagai berikut:

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

Momen lentur balok, M_{pr} , dihitung dengan berdasarkan V_u balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsikan 2/3 dari modulus penampang plastik balok.

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 \times R_y \times f_y \times Z_{RBS} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (2/3 \times 4309 \text{ cm}^3) \\ &= 11849750 \text{ kgcm} \\ &= 118497,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 192,5 \text{ cm}^2 \\ &= 481250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{P_y} &= \frac{247758,339 \text{ kg}}{481250 \text{ kg}} \\ &= 0,515 > 0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^* &= \frac{9}{8} (M_{pr}) \left[1 - \frac{P_u}{P_y} \right] \\ &= \frac{9}{8} (118497,5 \text{ kgm}) [1 - 0,515] \\ &= 64678,858 \text{ kgm} \end{aligned}$$

V_{ug} yang merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output SAP 2000. $P_u = 3641,37 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{2 \times 64678,858 \text{ kgm}}{3 \text{ m}} + 3641,37 \text{ kg} \\ &= 46760,609 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
 - Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
 - Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300 \text{ mm}}{2 \times 20 \text{ mm}} = 7,5$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 8,485$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,5 < 8,485 \rightarrow$ penampang kompak
Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 41$$

$$\begin{aligned} C_v &= P_u / P_y / 0,9 \\ &= 0,515 / 0,9 \\ &= 0,572 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \times (2,33 - C_v) \\ &= 1,12 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \times (2,33 - 0,572) \\ &= 55,69 \end{aligned}$$

$\lambda \leq \lambda_p$
 $41 < 55,69 \rightarrow$ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 4309 \text{ cm}^3 \\ &= 10772500 \text{ kgcm} \\ &= 107725 \text{ kgm} \end{aligned}$$
- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 107725 \text{ kgm} \\ &= 96952,5 \text{ kgm} > 2206,67 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$
- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 300 \text{ cm}$$

$$L_p = 340,995 \text{ cm (dari tabel profil)}$$

$$L_b > L_p = 300 \text{ cm} < 340,995 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena penampang bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 4309 \text{ cm}^3$$

$$= 10772500 \text{ kgcm}$$

$$= 107725 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 107725 \text{ kgm}$$

$$= 96952,5 \text{ kgm} > 2206,67 \text{ kgm (OK)}$$

5. Kontrol Penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{492 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 41 ;$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 63,357$$

$$\text{karena } \frac{h}{tw} < 1,1 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}}$$

maka $\phi_v = 1$, sehingga :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times \phi_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (58,8 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm}) \times 1$$

$$= 105840 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 105840 \text{ kg}$$

$$= 95256 \text{ kg} > 46760,609 \text{ kg (OK)}$$

6. Kekuatan tekan balok (HBE)

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$K_c = 1$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000}{\left(\frac{1 \times 300}{6,85}\right)^2} = 10291,256$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{10291,256} = 0,243$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 0,243 < 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan:

$$\begin{aligned} f_{cr} &= f_y (0,658)^{\frac{f_y}{f_e}} = 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (0,658)^{0,243} \\ &= 2258,305 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 2258,305 \text{ kg/cm}^2 \times 192,5 \text{ cm}^2 \\ &= 434723,709 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 434723,709 \text{ kg} \\ &= 391251,338 \text{ kg} > 247758,339 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

7. Interaksi aksial dan lentur balok (*HBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{247758,339 \text{ kg}}{391251,338 \text{ kg}} = 0,633 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{\phi M_c} = \frac{2206,67 \text{ kgm}}{96952,5 \text{ kgm}} = 0,023$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,653 < 1 \text{ (OK)}$$

8. Kontrol momen inersia balok (*HBE*) terhadap spsw

$$\begin{aligned} I_{HBE} &\geq 0,00307 \frac{t_w \times L^4}{h} \\ &= 0,00307 \frac{0,5 \times (300 \text{ cm})^4}{375 \text{ cm}} \\ I_{HBE} &= 118000 \text{ cm}^4 > 33156 \text{ cm}^4 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

9. Kontrol ketebalan pelat badan balok (*HBE*)

$$\begin{aligned}
 t_{wHBE} &\geq \frac{t_w \times R_y \times f_y}{f_{yHBE}} \\
 1,2 &\geq \frac{0,5 \times 1,5 \times 2400}{2500} \\
 &> 0,72 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$t_w = 1,2 \text{ cm} > 0,72 \text{ cm (OK)}$$

Balok 600×300×12×20 aman digunakan untuk balok (*HBE*) komponen *SPSW*.

4.3.3.3 Kontrol Desain Kolom (VBE)

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 700 × 700 × 25 × 25 dengan mutu inti beton $f_c = 25$ MPa dan tinggi kolom 375 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 700 mm	I_x	= 477900 cm ⁴
b _f	= 700 mm	I_y	= 477900 cm ⁴
t _w	= 25 mm	i_x	= 31.66 cm
t _r	= 25 mm	i_y	= 27.2 cm
A	= 646 cm ²	Z_x	= 13650 cm ³
h	= 650 mm	f_y	= 250 Mpa

1. Gaya aksial pada kolom (VBE)

$$P_u = 370964,48 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$E_m = [\frac{1}{2} R_y \times f_y \times \sin(\alpha) \times t_w \times h] + V_u$$

$$E_m = [\frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin(40,274^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times 375 \text{ cm}] + (46760,609 \text{ kg})$$

$$E_m = 501293,286 \text{ kg}$$

$$P_{u \text{ total}} = P_u + E_m$$

$$= 370964,48 \text{ kg} + 501293,286 \text{ kg}$$

$$= 872257,766 \text{ kg}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$\beta_1 = 1,008 \text{ (hasil perhitungan)}$$

Karena nilai $B_1 = 1,008$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

2. Momen pada kolom (VBE) akibat $SPSW$

Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser ($SPSW$) pada sambungan.

$$\begin{aligned} M_{VBE(web)} &= R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times \left(\frac{hc^2}{12}\right) \\ &= 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin^2(40,274^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times \left(\frac{(375 \text{ cm})^2}{12}\right) \\ &= 9182220,232 \text{ kgcm} \\ &= 91822,202 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Momen lentur pada kondisi kolom (VBE) mengalami tekan.

$$\begin{aligned} M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\ M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\ &= \frac{11849750}{1,1 \times 1,5} + [46760,609 \times \left(\frac{58,8}{2} + \frac{70}{2}\right)] \\ &= 10193049,858 \text{ kgcm} \\ &= 101930,499 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 646 \text{ cm}^2 \\ &= 1615000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\ &= 0,5 \times 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{0}{1615000} = 0 < 0,2$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^* &= (M_{pr}) \left[1 - \frac{P_u}{P_y}\right] \\ &= (11849750 \text{ kgcm}) \times [1 - 0] \\ &= 118497,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pb} &= \frac{M \cdot pr}{1.1 R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{11849750}{1,1 \times 1,5} + [46760,609 \times \left(\frac{58,8}{2} + \frac{70}{2}\right)] \\
 &= 10193049,858 \text{ kgcm} \\
 &= 101930,499 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 &= 0,5 \times (101930,499 + 101930,499) \\
 &= 101930,499 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 91822,202 \text{ kgm} + 101930,499 \text{ kgm} \\
 &= 193752,701 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $B_1 = 1,011$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\
 &= 1,008 \times 193752,701 \text{ kgm} \\
 &= 195398,351 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser pada kolom (VBE) akibat $SPSW$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times h \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times [\sin^2(40,274^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times 375 \text{ cm}] \\
 &= 146915,524 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \frac{M_{pc}}{h_c} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{101930,499 + 195398,351}{3,75} \right) \times 100 \\
 &= 39643,847 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$V_u = V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(web)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 39643,847 \text{ kg} + 146915,524 \text{ kg} \\
 &= 186559,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (*VBE*)

Pada struktur dinding geser (*SPSW*) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan $f_c = 25 \text{ MPa}$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 25} = 14$$

$$\lambda_p = 2,3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,3 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 65,054$$

$$\lambda < \lambda_p = 14 < 65,054 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_p \text{ (pada perhitungan kolom CFT sebelumnya)} \\
 &= 2518975 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{650 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 26$$

$$1,1 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{tw} < 1,1 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1$; sehingga

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (70 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}) \times 1 \\
 &= 262500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 262500 \text{ kg} = 236250 \text{ kg}$$

$$236250 \text{ kg} > 186559,37 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

5. Interaksi aksial dan lentur kolom (VBE)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{872257,766 \times 1,008}{0,9 \times 2518975} = 0,388 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{195398,351 \times 100}{0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 13650 \text{ cm}^3} = 0,642$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,954 < 1,0 \text{ (OK)}$$

Tabel 4. 39 Rekap Perhitungan HBE dan VBE (1)

Nama	Bentang	Gaya Dalam		
		Mr	Vu	Pu
	m	kgm	kg	kg
HBE 600x300x12x20	4	66243,069	68684,379	24211,513
VBE 700x700x25x25	3,75	207517,928	186477,51	867954,96

Tabel 4. 40 Rekap Perhitungan HBE dan VBE (2)

Nama	Kapasitas Penampang		
	ØMn	ØVn	ØPn
	Kgm	kg	kg
HBE 600x300x12x20	96952,5	95256	413987,98
VBE 700x700x25x25	307125	236250	2267077,5

Tabel 4. 41 Rekap Perhitungan HBE dan VBE (3)

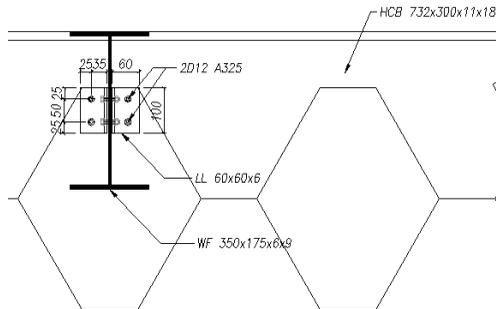
Nama	Pr/ØPn	$\left(\frac{Pr}{ØPn} \right) + \frac{8}{9} \left(\frac{Mr}{ØMn} \right)$	Kontrol
		kgm	< 1
HBE 600x300x12x20	0,585	0,598	OK
VBE 700x700x25x25	0,386	0,987	OK

4.4 Perencanaan Sambungan

4.4.1 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Sambungan antara balok induk dengan balok anak direncanakan menggunakan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, karena balok anak yang merupakan struktur sekunder diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana (sendi).

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 8977,04 kg, dengan dimensi balok anak WF 350x175x6x9 dan balok induk HCB 732x300x11x18. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6.



Gambar 4. 43 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

- a. Sambungan siku dengan balok anak:

$$\text{Øbaut} = \text{M12} \quad (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0,5)$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \text{ØVn} &= \text{Ø} \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 \text{ cm}^2 \\ &= 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \text{ØRn} &= \text{Ø} \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

$$n = Vu : \phi R_n = 8977,04 \text{ kg} : 5313,6 \text{ kg} \\ = 1,7 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut M12

- b. Sambungan siku dengan balok induk:

$$\phi \text{baut} = \text{M12} (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} (f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut:

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ = 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 \text{ cm}^2 \\ = 6997,898 \text{ kg} \text{ (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ = 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1,1 \times 4100 \\ = 9741,6 \text{ kg}$$

$$n = Vu : \phi V_n = 8977,04 \text{ kg} : 6997,898 \text{ kg} \\ = 1,3 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut M12

- c. Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak ke tepi} = 1,5 d_b \text{ s.d. } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ = 18 \text{ mm s.d. } 124 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 d_b \text{ s.d. } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ = 36 \text{ mm s.d. } 90 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

- d. Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

$$\text{BJ41} (f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2)$$

Kontrol Runtuh Tarik

$$\phi \text{ lubang} = 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\ = 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}$$

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (15 - 2 \times 1,4) \times 0,6 = 7,32 \text{ cm}^2$$

$$A_e = A_{nv} \times U \quad (U = 0,75) \text{ LRFD}$$

$$= 7,32 \text{ cm}^2 \times 0,75$$

$$= 5,49 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\phi T_n = \phi 0,6 f_u A_e > V_u$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 5,49 \text{ cm}^2 > V_u$$

$$= 10129,05 \text{ kg} > 8977,04 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol Leleh Tarik

$$A_g = t_p \times L_{nv}$$

$$= 0,6 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$$

$$= 9 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\phi T_n = \phi f_y A_g > V_u$$

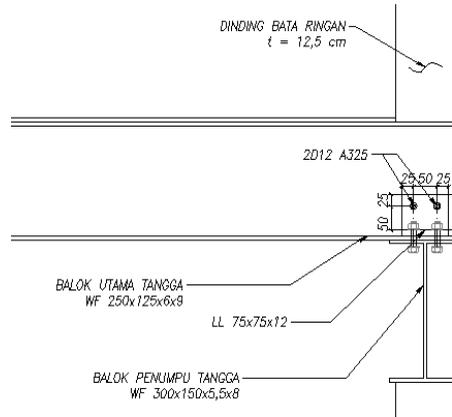
$$= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 9 \text{ cm}^2 > V_u$$

$$= 20250 \text{ kg} > 8977,04 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil jumlah sambungan serta jarak sambungan yang didapatkan untuk sambungan balok anak dengan balok induk sama.

4.4.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar 1831,348 kg, dengan dimensi balok utama tangga yaitu WF 250 x 125 x 6 x 9 dan balok penumpu tangga WF 300 x 150 x 5,5 x 8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 75 x 75 x 12.



Gambar 4. 44 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

- a. Sambungan Pada Sayap Balok Utam Tangga:

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm} \quad (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0,5)$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \text{ØVn} &= \text{Ø} \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \text{ cm}^2 \\ &= 3498,95 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned} \text{ØRn} &= \text{Ø} \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7970,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= V_u : \text{ØVn} = 1831,348 \text{ kg} : 3498,95 \text{ kg} \\ &= 0,5 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 12 mm

- b. Sambungan Pada Balok Penumpu Tangga:

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm} \quad (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0,5)$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \text{ cm}^2 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 8 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= V_u / \phi V_n = 1831,35 \text{ kg} / 3498,95 \text{ kg} \\ &= 0,5 \approx 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12

c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 d_b \text{ s.d. } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s.d. } 280 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d. } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s.d. } 180 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 75 x 75 x 12

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Kontrol Runtuh Tarik

$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (10 - 2 \times 1,4) \times 1,2 = 8,64 \text{ cm}^2$$

$$A_e = A_{nv} \times U \quad (U = 0,75) \text{ LRFD}$$

$$= 8,64 \text{ cm}^2 \times 0,75$$

$$= 6,48 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\phi T_n = \phi 0,6 f_u A_e > V_u$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 6,48 \text{ cm}^2 > V_u$$

$$= 11955,6 \text{ kg} > 1831,35 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Leleh Tarik

$$\begin{aligned} A_g &= t_p \times L_{nv} \\ &= 1,2 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

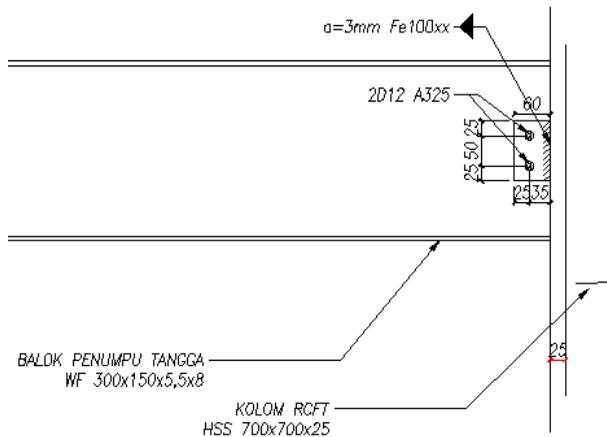
Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi f_y A_g > V_u \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 12 \text{ cm}^2 > V_u \\ &= 27000 \text{ kg} > 1831,35 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

4.4.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar 2114,26 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 300x150x5,5x8 dan dimensi kolom yaitu HSS 700x700x25. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil pelat 6 mm.



Gambar 4. 45 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- a. Kontrol pelat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t && (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &= \frac{4100}{2500} \times 2.5 \\
 &= 4,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai $t_p = 0,6 \text{ cm}$

- b. Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = \text{M12} \quad (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0,5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\
 &= 3498,95 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\
 &= 4870,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= V_u : \text{ØVn} = 2114,26 \text{ kg} : 3498,95 \text{ kg} \\
 &= 0,6 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12

- c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 d_b \text{ s.d. } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm} \text{ s.d. } 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d. } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 36 \text{ mm s.d. } 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

d. Sambungan kolom dengan pelat sambung

Direncanakan menggunakan las F_{e100xx} :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5,5 mm

Digunakan ketebalan las $w = 3$ mm

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 0,3) \times 10 \\ &= 2,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0,75 \times 4218 \text{ kg/cm}^2 \times 2,12 \text{ cm}^2 \\ &= 6709,78 \text{ kg} > 2114,3 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol kekuatan pelat penyambung

Dipakai pelat penyambung 6 mm

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Kontrol Runtuh Tarik

$$\begin{aligned} \text{\textcircled{O}} \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_{siku} = (10 - 2 \times 1,4) \times 0,6 = 4,32 \text{ cm}^2 \\ A_e &= A_{nv} \times U \quad (U = 0,75) \\ &= 4,32 \text{ cm}^2 \times 0,75 \\ &= 3,24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \text{\textcircled{O}} T_n &= \text{\textcircled{O}} 0,6 f_u A_e > V_u \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 3,24 \text{ cm}^2 > V_u \\ &= 5977,8 \text{ kg} > 2114,26 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol Leleh Tarik

$$\begin{aligned} A_g &= t_p \times L_{nv} \\ &= 0,6 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

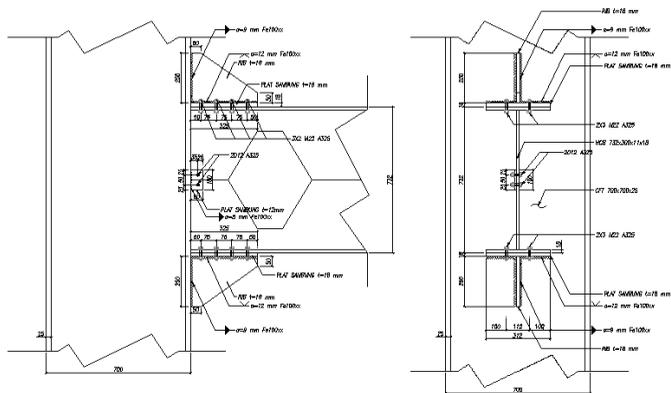
Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi f_y A_g > V_u \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2 > V_u \\ &= 13500 \text{ kg} > 2114,26 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

4.4.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan menghubungkan balok induk dengan kolom komposit CFT dengan mutu inti beton = 25 MPa. Sambungan direncanakan menjadi 2 jenis sambungan yaitu :

- Sambungan Pen Tipe Geser
- Sambungan Rigid dengan las dan baut



Gambar 4. 46 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom dapat direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Sambungan Pen Tipe Geser

Sambungan Pen Tipe Geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok sendiri dan beban pekerja (PL=100 kg) saat proses pengelasan, berikut perhitungannya :

Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)
 - $f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$
 - $\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm}$
 - $Ab = 1,131 \text{ cm}^2$
 - $r_1 = 0,5 \text{ *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$
 - $m = 2 \text{ *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$
 - Sambungan Las
 - $a = 5 \text{ mm}$
 - $lw = 100 \text{ mm}$
- Keterangan :*
a (ketebalan kaki las sudut)
- Pelat Sambung
 - $tp = 12 \text{ mm}$
 - $P_{\text{pelat}} = 10 \text{ cm}$

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$V_D = \frac{w \text{ balok} \times L}{2}$$

$$= \frac{128 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 10 \text{ m}}{2}$$

$$= 640 \text{ kg}$$

$$V_L = \frac{100 \text{ kg}}{2}$$

$$= 50 \text{ kg}$$

$$V_u = 1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2 \times 640 \text{ kg} + 1,6 \times 50 \text{ kg}$$

$$= 848 \text{ kg}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan balok induk dengan pelat sambung

Kuat geser baut

$$\varnothing V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times Ab$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131$$

$$= 6997,9 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 10627,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Sambungan

$$\begin{aligned}n &= Vu : \phi Vn = 848 / 6997,9 \\ &= 0,12 \approx 2, \text{ dipasang 2 buah}\end{aligned}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3 \times 12 & \leq & 50 & \leq & 15 \times 12 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 36 & \leq & 50 & \leq & 180 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{array}{rcll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 4 \text{ tp} + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5 \times 12 & \leq & 25 & \leq & 4 \times 12 + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 18 & \leq & 25 & \leq & 148 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

- Sambungan kolom dengan pelat sambung

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_w &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 0,5) \times 10 \\ &= 3,54 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi Rn &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 3,54 \\ &= 11182,97 \text{ kg}\end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} Vu & < & \phi Rn \\ 848 \text{ kg} & < & 11182,97 \text{ kg (OK)} \end{array}$$

- Kontrol pelat sambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 10 \times 1,2 = 12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 12 \\ &= 27000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 848 \text{ kg} &< 27000 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\ &= (10 - 2 \times 1,2) \times 1,2 \\ &= 9,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= A_{nv} \times U \quad (U = 0,75) \text{ (LRFD)} \\ &= 9,12 \times 0,75 \\ &= 6,84 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 6,84 \\ &= 12619,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 848 \text{ kg} &< 12619,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

b. Sambungan Rigid dengan Las dan Baut

Sambungan rigid dipasang sebagai penumpu beban bangunan, dengan sambungan las dan baut sebagai penumpunya. Perhitungannya direncanakan sebagai berikut :

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\text{Mu} = 56155,8 \text{ kgm} \quad \text{Vu} = 27677,7 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sendi plastis, berdasarkan pasal 15.7.2.3 SNI 03-1729:2002 kuat geser perlu terfaktor (V_u) harus ditentukan berdasarkan kuat geser akibat beban kombinasi ditambah dengan gaya geser yang dihasilkan dari momen lentur sebesar 1,1 R_y f_y Z_x dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mu}' &= 1,1 R_y f_y Z_x \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 3100 \\ &= 12786823,5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vu}' &= \text{Mu}'/L \\ &= 12786823,5 \text{ kgcm} / 1000 \text{ cm} \\ &= 12786,824 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vu total} &= \text{Vu} + \text{Vu}' \\ &= 40464,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Data Perencanaan :**- Sambungan Baut (A325)**

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 22 \text{ mm} = 2,2 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,801 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad \text{*Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 2 \quad \text{*Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Sambungan Las

$$a = 9 \text{ mm}$$

$$l_w = 250 \text{ mm}$$

Keterangan :

$$a \quad (\text{ketebalan kaki las sudut})$$

- Pelat Pengaku

$$t_p = 18 \text{ mm} \quad P_{\text{pelat}} = 250 \text{ mm}$$

Perhitungan Sambungan :**- Perhitungan Pelat Pengaku**

Dimensi pelat pengaku direncanakan dengan ketentuan berdasarkan Pasal 8.11.3 SNI 03-1727-2002. Pelat direncanakan dengan dimensi seperti berikut:

$$\begin{aligned} bs &= 250 \text{ mm} && \text{*lebar pengaku} \\ ts &= 18 \text{ mm} && \text{*tebal pengaku} \end{aligned}$$

Persyaratan 1

$$\begin{aligned} ts &\geq 0,5 \text{ tf} \\ ts &\geq 0,5 \times 18 \\ 18 &> 9 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Persyaratan 2

$$\begin{aligned} \frac{bs}{ts} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{250}{18} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 13,9 &< 15,8 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

- Perhitungan Sambungan Baut Untuk Momen

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 3,801 \\ &= 23520,71 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,8 \times 4100 \\ &= 29224,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$- \quad V_u = \frac{M_u}{d} = \frac{56155,84 \text{ kgm}}{0,732 \text{ m}} = 76715,6 \text{ kg}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{76715,6}{23520,71} = 3,262 \text{ dipasang 6 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{lclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3 \times 22 & \leq & 75 & \leq & 15 \times 18 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 66 & \leq & 75 & \leq & 270 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{array}{lclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5 \times 22 & \leq & 50 & \leq & 15 \times 18 + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 33 & \leq & 50 & \leq & 370 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

- Perhitungan Sambungan Baut Untuk Geser

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,801 \\ &= 11759,344 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 19483,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$- \quad V_u = \frac{M_u}{d} = \frac{56155,84 \text{ kgm}}{0,732 \text{ m}} = 76715,6 \text{ kg}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{76715,6}{11759,344} = 6,523 \text{ dipasang } 7 \text{ buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{lclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3 \times 22 & \leq & 75 & \leq & 15 \times 18 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 66 & \leq & 75 & \leq & 270 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{array}{lclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5 \times 22 & \leq & 50 & \leq & 15 \times 18 + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 33 & \leq & 50 & \leq & 370 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

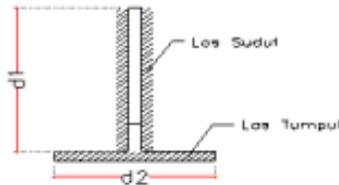
- Perhitungan Sambungan Las

Karena pada sambungan terdapat momen, las pada sayap balok induk bagian atas dan pelat pengaku di rencanakan menerima geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 4 \times d_1 + 2 \times d_2 \\ &= 4 \times 25 + 2 \times 30 \\ &= 160 \text{ cm} \end{aligned}$$



Las Sudut

$$\begin{aligned} t_e &= 2 \times 0,707 \times a \\ &= 2 \times 0,707 \times 1 = 1,41 \text{ cm} \\ R_n &= F_{nw} \times t_e \\ &= 4218 \times 1,41 = 5964,3 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Las Tumpul

$$\begin{aligned} t_e &= 1,8 \text{ cm} \\ R_n &= F_{nw} \times t_e \\ &= 4218 \times 1,8 = 7592,4 \text{ kg/cm} \\ R_{n \text{ total}} &= 5964,3 + 7592,4 \\ &= 13556,7 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Geser Sentris pada sambungan las

$$f_v = \frac{V_u}{I_w}$$

$$= \frac{40464,544}{160}$$

$$= 252,9 \text{ kg/cm}$$

Geser Lentur pada sambungan las

$$f_h = \frac{Mu}{S}$$

$$f_h = \frac{5615584}{716,67}$$

$$= 7835,7 \text{ kg/cm}$$

dimana :

$$S_1' = \frac{(d_1)^2}{6} = \frac{(25)^2}{6} = 104,17 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 4 \times 104,17 = 416,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = \frac{(d_2)^2}{6} = \frac{(30)^2}{6} = 150 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 150 = 300 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{total}} = S_1 + S_2$$

$$= 416,7 + 300 = 716,7 \text{ cm}^2$$

Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$= \sqrt{(7835,7)^2 + (252,9)^2}$$

$$= 7839,78 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

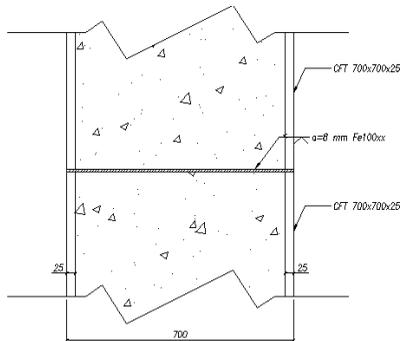
$$f_{\text{total}} < \phi R_n$$

$$7839,78 \text{ kg/cm} < 0,75 \times 13556,7 \text{ kg/cm}$$

$$7839,78 \text{ kg/cm} < 10167,525 \text{ kg/cm (OK)}$$

4.4.5 Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 2 dan 3. Sambungan direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



Gambar 4. 47 Sambungan Kolom dengan Kolom

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 48513,1 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 19461,43 \text{ kg}$$

$$P_u = 740115,21 \text{ kg}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{48513,1 \text{ kgm}}{0,7 \text{ m}} \pm 740115,21 \text{ kg} \\ &= 809419,667 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom

Direnkanakan ekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tebal las (te)} = 0,8 \text{ cm}$$

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A_w &= t_e \times l_{we} \\
 &= 0,9 \times 280 \\
 &= 252 \text{ cm}^2 \\
 \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\
 &= 0,8 \times 5000 \times 252 \\
 &= 1260000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

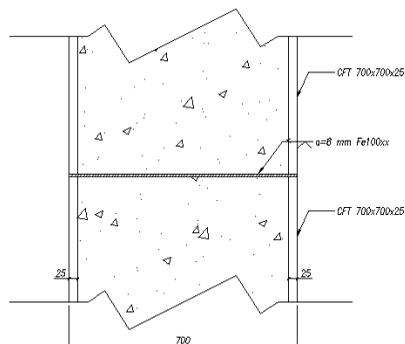
$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{19461,43 \text{ kg}}{0,6 \times 1260000 \text{ kg}}\right)^2 + \left(\frac{809419,667 \text{ kg}}{1260000 \text{ kg}}\right)^2 \leq 1$$

$$0,797 < 1 \text{ (OK)}$$

4.4.6 Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 2 dan 3 serta dipilih kolom yang terletak pada posisi dinding geser (*SPSW*). Sambungan direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



Gambar 4. 48 Sambungan Kolom dengan Kolom

$$\begin{aligned}
 f_u &= 410 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa} \\
 f_{u100XX} &= 7033 \text{ Kg/cm}^2 \\
 f_{c'} &= 25 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h_c + \sum \left[\frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right]$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= 303359,4 \text{ kg} \\
 E_m &= [\sum \frac{1}{2} R_y \times f_y \times \sin(2\alpha) \times t_w \times h] + V_u \\
 E_m &= [1/2 \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin(2 \times 40,274^\circ) \times 0,5 \\
 &\quad \text{cm} \times 375 \text{ cm}] + (46760,609 \text{ kg}) \\
 E_m &= 740340,513 \text{ kg} \\
 P_{u \text{ total}} &= P_u + E_m \\
 &= 303359,4 \text{ kg} + 740340,513 \text{ kg} \\
 &= 1043699,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen pada sambungan

$$M_u = M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)}$$

$$M_{VBE(web)} = R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times \left(\frac{h_c^2}{12}\right)$$

$$= 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin^2(40,274^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times \left(\frac{(375 \text{ cm})^2}{12}\right)$$

$$= 918220,232 \text{ kgcm}$$

$$= 91822,202 \text{ kgm}$$

$$M_{VBE(HBE)} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$

$$= 0,5 \times (101930,499 + 101930,499)$$

$$= 101930,499 \text{ kgm}$$

$$M_u = M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)}$$

$$= 91822,202 \text{ kgm} + 101930,499 \text{ kgm}$$

$$= 193752,701 \text{ kgm}$$

- Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \frac{M_{pc}}{hc} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{101930,499 + 193752,701}{3,75} \right) \times 100 \\
 &= 39424,427 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Sambungan las pada kolom

Kolom HSS 700 x 700 x 25 x 25.

Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$\begin{aligned}
 T_U &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\
 &= \frac{193752,701}{700} \pm 1043699,92 \\
 &= 1320489,5 \text{ kg (tekan) (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 5000 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 5000 \times (1,4 \times 280) \\
 &= 1411200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 &\leq 1 \\
 \left(\frac{186339,95}{0,6 \times 1411200} \right)^2 + \left(\frac{1320489,5}{1411200} \right)^2 &\leq 1 \\
 0,924 &< 1 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4.4.7 Sambungan Kolom dengan Kolom Beda Dimensi

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sebagai penyambung antar kolomnya. Kolom yang ditinjau adalah kolom lantai 4 dan 5.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai dengan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 28417,22 \text{ kgm}$$

$$V_u = 14405,45 \text{ kg}$$

$$P_u = 356772,71 \text{ kg}$$

Gaya Tarik (T_u) :

$$T_U = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_U = \frac{28417,22 \text{ kgm}}{0,5 \text{ m}} \pm 356772,71 \text{ kg}$$

$$= 413607,15 \text{ kg}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

Tegangan Putus Las $F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Tebal las (t_e) = 0,6 cm

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 50 \text{ cm} \times 4 = 200 \text{ cm}$$

$$A_w = t_e \times l_w$$

$$= 0,6 \times 200$$

$$= 120 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\
 &= 0,8 \times 5000 \times 120 \\
 &= 432000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 &\leq 1 \\
 \left(\frac{14405,45 \text{ kg}}{0,6 \times 432000 \text{ kg}}\right)^2 + \left(\frac{413607,15 \text{ kg}}{432000 \text{ kg}}\right)^2 &\leq 1 \\
 0,92 &< 1 \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned}
 f_{p\max} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\
 &= 0,65 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \\
 &= 13,81 \text{ MPa} = 138,125 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi kolom CFT*
Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{B \times N} = 356772,71 / (70 \times 70) \\
 &= 72,81 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$\begin{aligned}
 f_p &\leq f_{p\max} \\
 72,81 &\leq 138,125 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 72,81 \times 12,5^2 \\ &= 5688,34 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai l diambil terbesar dari m , n , dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = 11,25 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d bf} = 12,5 \text{ cm}$$

Keterangan :

- λ = diambil konservatif adalah 1

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_p > \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}}$$

$$t_p > 3,2 \text{ cm}$$

sehingga tepal pelat landas (t_p) direncanakan sebesar 40 mm atau 4 cm

Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

$$P_{pelat} = 100 \text{ cm}$$

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 15$$

$$15 \text{ mm} > 12,5 \text{ mm (OK)}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$6,67 \text{ mm} < 15,8 \text{ mm (OK)}$$

- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$l_w = 100 \text{ mm}$$

Keterangan :

a : (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,5) \times 10 \\ &= 7,07 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 7,07 \\ &= 22365,95 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

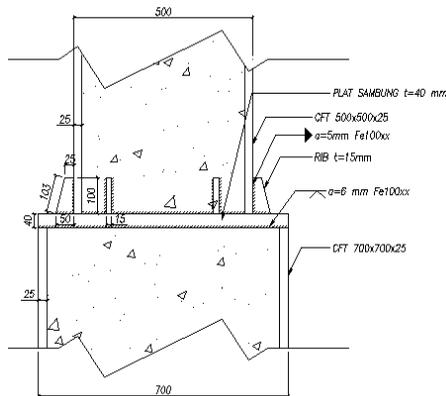
$$V_u < \phi R_n$$

$$14405,5 \text{ kg} < 22365,95 \text{ kg (OK)}$$

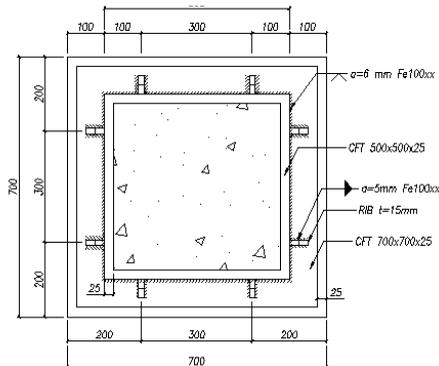
4.4.8 Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal untuk kemudia beban disalurkan melalui pedestal menuju ke pondasi.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal pada kolom lantai dasar, dengan perencanaan sebagai berikut :



Gambar 4. 49 Sambungan Kolom dengan Base Plate (Tampak Samping)



Gambar 4. 50 Sambungan Kolom dengan Base Plate (Tampak Atas)

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 56275,81 \text{ kgm}$$

$$V_u = 40459,84 \text{ kg}$$

$$P_u = 856842,04 \text{ kg}$$

Gaya Tarik (T_u) :

$$T_U = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_U = \frac{56275,81 \text{ kgm}}{0,7 \text{ m}} \pm 856842,04 \text{ kg}$$

$$= 937236,054 \text{ kg}$$

Perhitungan Sambungan :- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tebal las (te)} = 1 \text{ cm}$$

$$l_w = d_c \times 4 \\ = 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \text{ cm}$$

$$A_w = te \times l_{we} \\ = 1 \times 280 \\ = 280 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,8 \times F_u \times A_w \\ = 0,8 \times 5000 \times 280 \\ = 1120000 \text{ kg}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 \leq 1 \\ \left(\frac{40459,84 \text{ kg}}{0,6 \times 1120000 \text{ kg}}\right)^2 + \left(\frac{937236,054 \text{ kg}}{1120000 \text{ kg}}\right)^2 \leq 1 \\ 0,7 < 1 \text{ (OK)}$$

Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned} f_{p_{\max}} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \\ &= 13,81 \text{ Mpa} = 138,125 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi pedestal*

Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom pedestal dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_p &= \frac{P_u}{B \times N} = 856842,04 / (90 \times 90) \\ &= 105,78 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$\begin{aligned} f_p &\leq f_{p_{\max}} \\ 105,78 &\leq 138,125 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 105,78 \times 17,5^2 \\ &= 16198,02 \text{ kgcm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai l diambil terbesar dari m , n , dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = \frac{90 - 0,8 \cdot 70}{2} = 17 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d bf} = \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{70 \times 70} = 17,5 \text{ cm}$$

Keterangan :

- λ = diambil konservatif adalah 1

Dikarenakan baseplate juga menerima momen maka di asumsikan terdapat efek eksentrisitas (e) terhadap gaya tekan (Pu) terhadap baseplate dengan perhitungan sebagai berikut :

$$q_{\max} = f_{p\max} \times B$$

$$= 138,125 \times 90 = 12431,25 \text{ kg/cm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{56275,81 \text{ kgm}}{856842,04 \text{ kg}} = 6,568 \text{ cm}$$

$$e_{\text{kritis}} = \left(\frac{N}{2} \right) - \left(\frac{P_u}{2 \times q_{\max}} \right)$$

$$= \left(\frac{90}{2} \right) - \left(\frac{856842,04}{2 \times 12431,25} \right)$$

$$= 10,537 \text{ cm}$$

Persyaratan :

$$e \leq e_{\text{kritis}}$$

$$6,568 \text{ cm} < 10,537 \text{ cm} \text{ (Tidak Perlu Angkur)}$$

Karena $e < e_{\text{kritis}}$ maka termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate.

Namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

- Tebal Pelat Landas

Ketebalan Pelat Landas (Base Plate) direncanakan dengan perhitungan dan kontrol terhadap sisi desak yang terjadi dengan ketentuan sebagai berikut :

$$Y = \frac{Pu}{q_{\max}} = 856842,04 / 12431,25$$

$$= 68,926 \text{ cm}$$

a. Tebal Pelat Landas Minimum (tp_{\min})

Tebal pelat landas minimum ditentukan berdasarkan kondisi batas leleh pelat landas dengan ketentuan sebagai berikut :

$$tp \geq \sqrt{\frac{4 M_{pl}}{\phi f_y}}$$

$$\geq \sqrt{\frac{4 \times 16198,02}{0,9 \times 2500}}$$

$$tp \geq 5,4 \text{ cm}$$

b. Tebal Pelat akibat kontrol desak momen

Tebal pelat landas akibat momen yang terjadi akibat tegangan reaksi beton pada kantilever (m) ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

karena $Y \geq m$, maka perhitungan ketebalannya adalah :

$$tp \geq 1,5 \text{ m} \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$tp \geq 1,5 \times 11,75 \times \sqrt{\frac{105,783}{2500}}$$

$$tp \geq 3,6 \text{ cm}$$

Sehingga tebal pelat landas (tp) yang memenuhi direncanakan sebesar 60 mm atau 6 cm

Perhitungan Pelat Pengaku :

• Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$tp = 15 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 200 \text{ cm}$$

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 25$$

$$15 \geq 12,5 \text{ mm}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$13,3 \leq 15,8 \text{ mm}$$

• Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 8 \text{ mm}$$

$$l_w = 200 \text{ mm}$$

Keterangan :

a (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,8) \times 20 \\ &= 22,62 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 22,62 \\ &= 71571,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi R_n$$

$$40459,8 \text{ kg} < 71571,02 \text{ kg (OK)}$$

Perhitungan Baut Angkur :**- Data Perencanaan :**

$$\begin{aligned}
 f_u^b &= 825 \text{ MPa} \\
 &= 8250 \text{ kg/cm}^2 \\
 \varnothing \text{ baut} &= 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm} \\
 A_b &= 3,142 \text{ cm}^2 \\
 r_1 &= 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\
 m &= 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Sambungan Baut**- Kuat geser baut**

$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\
 &= 9719,3 \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 6 \times 4100 \\
 &= 88560 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = 40459,84 / 9719,3 = 4,2 \text{ dipasang 8 buah}$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

- Jarak Pemasangan Angkur**Jarak Antar Angkur (S)**

$$\begin{aligned}
 3 \text{ db} &\leq S \leq 15 \text{ tp} \\
 3 \times 20 &\leq 400 \leq 15 \times 60 \\
 60 &\leq 400 \leq 900
 \end{aligned}$$

Jarak Angkur ke Tepi (S₁)

$$\begin{aligned}
 1,5 \text{ db} &\leq S_1 \leq 15 \\
 1,5 \times 20 &\leq 50 \leq 15 \times 60 \\
 30 &\leq 50 \leq 340
 \end{aligned}$$

4.4.9 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

Sambungan pada dinding geser direncanakan menggunakan las F_{e100XX} . 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_{e100XX}

$$\begin{aligned} W_{(HBE)} &= \frac{R_y \cdot f_y \cdot \cos(\alpha) \cdot t_w \cdot \sqrt{2}}{\phi \cdot 0,6 \cdot F_{exx} [1 + 0,5 \cos^{1,5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1,5 \times 2400 \times \cos 40,274^0}{\phi \cdot 0,6 \cdot 7030 [1 + 0,5 \cos^{1,5}(40,274^0)]} \\ &= 0,48 \text{ cm} = 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

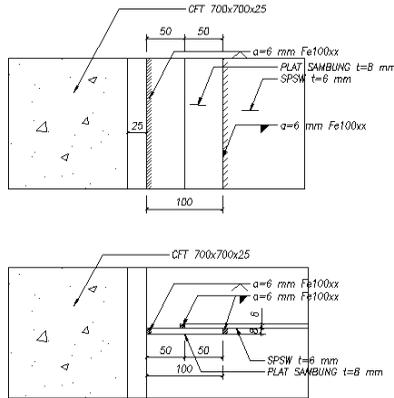
Ketebalan las minimum $t = 5 \text{ mm}$ adalah 3 mm . Digunakan las dengan tebal $w = 5 \text{ mm}$.

Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)

Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

$$\begin{aligned} W_{(VBE)} &= \frac{R_y \cdot f_y \cdot \sin(\alpha) \cdot t_w \cdot \sqrt{2}}{\phi \cdot 0,6 \cdot F_{exx} [1 + 0,5 \sin^{1,5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1,5 \times 2400 \times \sin 40,274^0}{\phi \cdot 0,6 \cdot 7030 [1 + 0,5 \sin^{1,5}(40,274^0)]} \\ &= 0,43 \text{ cm} = 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

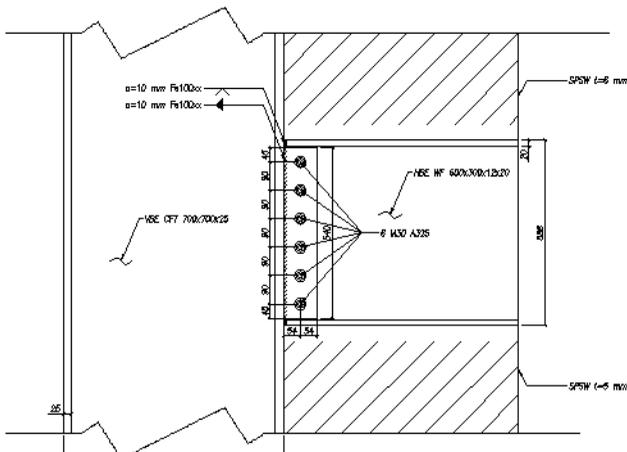
Ketebalan las minimum $t = 5$ mm adalah 3 mm. Digunakan las dengan tebal $w = 5$ mm.



Gambar 4. 51 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

4.4.10 Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil WF 600 × 300 × 12 × 20 dengan kolom (*VBE*) komposit CFT dengan profil



Gambar 4. 52 Sambungan HBE dengan VBE pada SPSW

HSS $700 \times 700 \times 25 \times 25$ dengan mutu inti beton = 25 MPa pada dinding geser (*SPSW*).

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Gaya geser dari perhitungan sebelumnya

$$V_u = 46760,61 \text{ kg}$$

a. Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 247758,339 \text{ kg}$$

$$N_{\text{coll}} = 94471,45 \text{ kg}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_U &= P_{\text{HBE(VBE)}} + N_{\text{coll}} \\ &= 247758,339 \text{ kg} + 94471,45 \text{ kg} \\ &= 342229,789 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_U &= N_{\text{coll}} - P_{\text{HBE(VBE)}} \\ &= 94471,45 \text{ kg} - 247758,339 \text{ kg} \\ &= -153286,889 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih yang menentukan.

b. Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41-A490

f_{ub} = 10350 kg/cm²

Diameter baut = M36 → $A = 10,18 \text{ cm}^2$

Ketebalan plat sambung = 30 mm

Panjang plat sambung = 540 mm

Jumlah baut = 5 buah

Jarak baut ke tepi = 54 mm

Jarak antar baut = 108 mm

Lebar pelat sambung = 108 mm

Kontrol panjang tekuk

$$\begin{aligned} \text{Øy } V_n &= 1 \times 0,6 \times f_y \times t \times L \\ &= 1,00 \times (0,6) \times 2500 \times 3 \times 54 \\ &= 243000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Øc } N_n &= 0,9 \times f_y \times t \times L \\ &= 0,90 \times 2500 \times 3 \times 54 \end{aligned}$$

$$= 364500 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{Vu}{\emptyset_y Vn}\right)^2 + \left(\frac{Nu}{\emptyset_c Nn}\right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{46760,61}{243000}\right)^2 + \left(\frac{342229,789}{364500}\right)^2 < 1$$

$$0,919 < 1 \text{ (OK)}$$

c. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} \text{Anv} &= A_g - n(\text{db} + 2 \text{ mm}) \\ &= (3 \times 54) - (5 \times (3,6 + 0,2) \times 3) \\ &= 105 \text{ cm}^2 \\ \emptyset_y Vn &= 0,75 (0,6) \text{ fu Anv} \\ &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 105 \\ &= 193725 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{Vu}{\emptyset_y Vn}\right)^2 + \left(\frac{Nu}{\emptyset_c Nn}\right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{46760,61}{193725}\right)^2 + \left(\frac{342229,789}{364500}\right)^2 < 1$$

$$0,94 < 1 \text{ (OK)}$$

d. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \sqrt{Vu^2 + Nu^2} &= \sqrt{46760,61^2 + 342229,789^2} \\ &= 345409,587 \text{ kg} \\ \emptyset Rn &= \emptyset n \text{ fu}^b \text{ Ab} \\ &= 0,75 \times 5 \times 10350 \times 10,18 \\ &= 395063,13 \text{ kg} > 345409,587 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$\begin{aligned} 1,2 \text{ lc} &= 1,2 \times [L - (\text{d+lubang})/2] \\ &= 1,2 \times [5,4 - (3,6+0,2)/2] \\ &= 4,2 \text{ cm} \\ 2,4 \text{ db} &= 2,4 \times 3,6 \text{ cm} \\ &= 8,64 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing 1,2 L_c \times t \times f_u \\ &= 0,75 \times 4,2 \times 3 \times 4100 \\ &= 38745 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$\begin{aligned}1,2 l_c &= 1,2 \times [L - (d + \text{lubang})/2] \\ &= 1,2 \times [(10,8 - (3,6 + 0,2))/2] \\ &= 107 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2,4 d_b &= 2,4 \times 3,6 \text{ cm} \\ &= 86,4 \text{ mm} < 107 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu pelat :

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing 2,4 d_b t f_u \\ &= 0,75 \times 8,64 \times 3 \times 4100 \\ &= 79704 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk kelompok baut vertikal,

$$\begin{aligned}\varnothing R_{nv} &= (\varnothing R_n \text{ horisontal}) + (5 \times \varnothing R_n \text{ vertikal}) \\ &= 38745 \text{ kg} + (5 \times 79704 \text{ kg}) \\ &= 437265 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal, semua baut $2,4 d_b > 1,2 l_c$

$$\begin{aligned}1,2 l_c &= 1,2 \times (s - (d_b + \text{lubang})/2) \\ &= 1,2 \times (5,4 - (3,6 + 0,2)/2) \\ &= 4,2 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2,4 d_b &= 2,4 \times 3,6 \text{ cm} \\ &= 8,64 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing R_{nh} &= 5 \times 79704 \text{ kg} \\ &= 398520 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\varnothing R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\varnothing R_{nh}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{46760,61}{437265}\right)^2 + \left(\frac{342229,789}{398520}\right)^2 \leq 1$$

$$0,75 < 1 \text{ (OK)}$$

f. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $w = 10 \text{ mm}$ dan mutu las

F_{e100XX}

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0,707 \times 1) \times 54 \\
 &= 76,4 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \Theta^0) \\
 &= 0,6 \times 7030 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 90^0) \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_{nv} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 76,4 \\
 &= 241552,206 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 F_{exx} (1 + 0,5 \cos^{1,5} \Theta^0) \\
 &= 0,6 \times 7030 \times (1 + 0,5 \cos^{1,5} 90^0) \\
 &= 6327 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_{nh} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\
 &= 0,75 \times 6327 \times 76,4 \\
 &= 362328,309 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{Vu}{\emptyset R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{Nu}{\emptyset R_{nh}} \right)^2 &\leq 1 \\
 \left(\frac{46760,61}{241552,206} \right)^2 + \left(\frac{342229,789}{362328,309} \right)^2 &\leq 1 \\
 0,93 &< 1 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

g. Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 1,1 R_y Z_b \left(f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g} \right) \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 4309 \times \left(2500 - \frac{247758,339}{192,5} \right) \\
 &= 8623847,72 \text{ kgcm} \\
 &= 86238,477 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{Mu \times d_{\max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{86238,477 \times 0,588}{\sum (0,588)^2}
 \end{aligned}$$

$$= 146664,077 \text{ kg}$$

h. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX} .

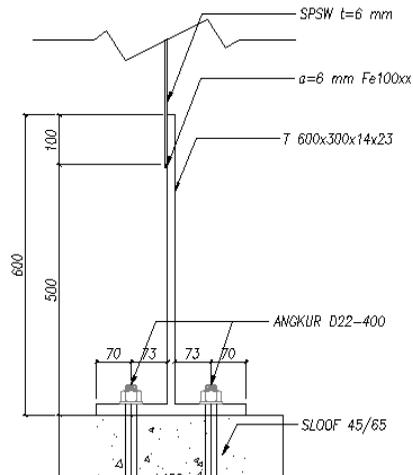
$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times 2) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 2) \times 30 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ &= 42,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times (100 \times 70,3) \times 42,42 \\ &= 201293,505 \text{ kg} > 146664,077 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

4.4.11 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) dengan Sloof

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan dinding geser lantai dasar dengan balok. Profil WF 600 × 300 × 14 × 26 dipotong sayap bagian atasnya, profil berhubungan langsung dengan sloof memanjang dengan penambahan angkur dan *grouting* agar tidak terjadi rembesan air



Gambar 4. 53 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) dengan Sloof

yang menyebabkan korosi. Digunakan angkur dengan diameter $d = 2,2$ cm dan jarak $s = 50$ cm

Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w \times s \\ &= \frac{1}{2} \times 240 \times \sin(2 \times 40,274^\circ) \times 5 \times 600 \\ &= 35137,492 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w \times s \\ &= 240 \times \cos^2(40,274^\circ) \times 5 \times 600 \\ &= 41911,701 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur $d = 22$ mm dengan $f_u = 8250$ kg/cm²

$\phi R_n = 0,75 \times f_{ub} (0,5 A_b)$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 8250 \times (0,5 \times (0,25 \times \pi \times 2,2^2)) \\ &= 11760,356 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{2 T_u + C_v V_u}{n} = \frac{2 \times 41911,701 + 1,25 \times 35137,492}{12}$$

$$= 10645,439 \text{ kg} < 11760,356 \text{ kg (memenuhi)}$$

Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam pondasi diperhitungkan sebagai berikut:

$$L \geq \left(\frac{2V_u + (4V_u^2 + 6df'c(Mu + V_u x (5cm)))^{1/2}}{df'c} \right)$$

$$L \geq \left(\frac{2 \times 35137,492 + (4 \times (35137,492)^2 + 6 \times 60 \times 350 (0 + 35137,492 \times (5)))^{1/2}}{60 \times 350} \right)$$

$L \geq 11,182$ cm, diambil $L = 30$ cm

4.5 Perencanaan Struktur Pondasi

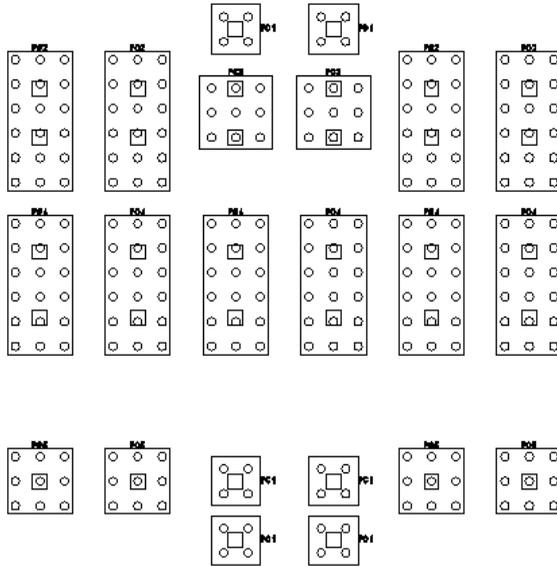
4.5.1 Umum

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah. Pondasi dalam dan pondasi dangkal merupakan dua macam jenis pondasi yang umum ditemukan dalam suatu konstruksi bangunan.

4.5.2 Data Perencanaan Pondasi

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 : 500 mm
- Tebal tiang : 90 mm
- Klasifikasi : A1
- Berat : 290 kg/m
- Kedalaman rencana : 28 m
- P ijin bahan : 185 ton
- f_c' : 35 MPa
- f_u : 400 Mpa



Gambar 4. 54 Denah Rencana Pondasi

4.5.3 Pengolahan Data Tanah

4.5.3.1 Analisa Data Tanah

Data tanah (terlampir) telah diolah sebagai berikut :

Tabel 4. 42 Data tanah

d (m)	N	d (m)	N	d (m)	N	d (m)	N
0	0	11,5	20	23	35	34	28,67
0,5	0,5	12	22,33	23,5	35	34,5	28,33
1	1	12,5	24,67	24	32	35	28
1,5	1	13	27	24,5	29	35,5	28
2	1,67	13,5	27	25	26	36	29,67
2,5	2,33	14	25,33	25,5	26	36,5	31,33
3	3	14,5	23,67	26	26,67	37	33
3,5	3	15	22	26,5	27,33	37,5	33
4	2,33	15,5	22	27	28	38	38,67
4,5	1,67	16	20,33	27,5	28	38,5	44,33
5	1	16,5	18,67	28	29,67	39	50
5,5	1	17	17	28,5	31,33	39,5	50

6	1,67	17,5	17	29	33	40	47,33
6,5	2,33	18	21,67	29,5	33	41,5	44,67
7	3	18,5	26,33	30	30,67	42	42
7,5	3	19	31	30,5	28,33	42,5	42
8	4,67	19,5	31	31	26	43	44,67
8,5	6,33	20	28,67	31,5	26	43,5	47,33
9	8	20,5	26,33	32	27	44	50
9,5	8	21	24	32,5	28	44,5	50
10	12	21,5	24	33	29	45	50
10,5	16	22	27,67	33,5	29	45,5	50
11	20	22,5	31,33				

4.5.3.2 Analisa Karakteristik Data Tanah

Langkah selanjutnya dalam perencanaan pondasi adalah dengan melakukan analisis karakteristik tanah pada lokasi eksisting berdasarkan data tanah yang dimiliki (Terlampir), sehingga dapat ditentukan tindakan selanjutnya berdasarkan karakteristik tanah yang ada.

Berdasarkan data tanah yang ada (terlampir) dan yang kemudian diolah seperti pada tabel 4.17 dapat diketahui bahwa

Tabel 4. 43 SPT dan korelasinya (J. E. Bowles, 1984)

<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>					
N (blows)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (KN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>					
N (blows)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (KN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q _u (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

$$\text{dengan Dr (relative density)} = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$$

e = angka pori (void ratio)

tidak adanya nilai γ sat. Nilai γ sat kemudian didapatkan dengan bantuan korelasi tabel J.E.Bowles sebagai berikut :

Nilai γ sat kemudian dihitung berdasarkan jenis tanah dan nilai N-SPT.

Tabel 4. 44 Perhitungan nilai γ

d (m)	Jenis Tanah	N	γ (t/m ³)	d (m)	Jenis Tanah	N	γ (t/m ³)
0	P	0	1.2	15	L	22	1.867
0,5	P	0,5	1.2	15.5	L	22	1.867
1	P	1	1.2	16	P	20.333	1.793
1,5	P	1	1.2	16.5	P	18.667	1.719
2	L	1,67	1.622	17	L	17	1.526
2,5	L	2,33	1.711	17.5	L	17	1.526
3	L	3	1.8	18	L	21.667	1.852
3,5	L	3	1.8	18.5	L	26.333	2.115
4	L	2,33	1.711	19	L	31	2.322
4,5	L	1,67	1.622	19.5	P	31	2.322
5	L	1	1.2	20	P	28.667	2.219
5,5	L	1	1.2	20.5	P	26.333	1.723
6	L	1,67	1.622	21	P	24	1.674
6,5	L	2,33	1.711	21.5	P	24	1.674
7	L	3	1.8	22	P	27.667	1.751
7,5	L	3	1.8	22.5	P	31.333	1.607
8	L	4,67	1.667	23	P	35	1.684
8,5	L	6,33	1.733	23.5	P	35	1.684
9	L	8	1.625	24	L	32	1.621
9,5	L	8	1.625	24.5	L	29	1.779
10	P	12	1.421	25	L	26	2.1
10,5	P	16	1.505	25.5	L	26	2.1
11	P	20	1.589	26	P	26.667	2.130
11,5	P	20	1.589	26.5	P	27.333	2.159
12	P	22,33	1.639	27	L	28	1.758
12,5	P	24,67	1.688	27.5	L	28	1.758
13	P	27	1.737	28	L	29.667	2.263
13,5	P	27	1.737	28.5	L	31.333	2.337
14	P	25,33	1.702	29	L	33	2.411
14,5	P	23,67	1.667	29.5	L	33	2.411

Tabel 4. 45 Perhitungan nilai γ

d (m)	Jenis Tanah	N	γ (t/m ³)
30	L	30.667	2.307
30.5	L	28.333	2.204
31	L	26	2.1
31.5	L	26	2.1
32	L	27	2.144
32.5	L	28	2.189
33	L	29	2.233
33.5	L	29	2.233
34	L	28.667	2.219
34.5	L	28.333	2.204
35	L	28	2.189
35.5	L	28	2.189
36	L	29.667	2.263
36.5	L	31.333	2.337
37	L	33	2.411
37.5	L	33	2.411
38	P	38.667	1.761
38.5	P	44.333	1.881
39	P	50	2
39.5	P	50	2
40	P	47.333	1.944
40.5	P	44.667	1.888
41	P	42	1.832
41.5	P	42	1.832
42	P	44.667	1.888
42.5	P	47.333	1.944
43	P	50	2
43.5	P	50	2
44	P	50	2
44.5	P	50	2
45	P	50	2
45.5	P	50	2

Contoh perhitungan γ_{sat} pada kedalaman 17 m :

Jenis tanah : P (*Cohesionless Soil*)

N-spt : 3

Nilai γ_{sat} pada kedalaman 17 dicari menggunakan rumus interpolasi :

$$1,4 + \frac{(17-11)}{(30-11)} - (1,8 - 1,4) = 1,526 \text{ t/m}^3$$

4.5.3.3 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dihitung berdasarkan data Nspt tanah yang diolah sebelumnya. Hasil perhitungan berupa tabel, terlampir.

Berikut ini contoh perhitungan :

Kedalaman 7 m

$$N_{\text{spt}} = 3 \text{ ton/m}^2$$

Jenis tanah = lempung

N1 = 3 ton/m² (jenis tanah lempung dan Nspt < 15)
(Terzaghi & Peck, 1960 & Bazaraa 1967)

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,8 \text{ t/m}^3 \text{ (hasil perhitungan sub bab 4.5.2)}$$

$$\gamma' = 1,8 \text{ t/m}^3 - 1 \text{ t/m}^3 = 0,8 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} p_o &= p_o \text{ sebelumnya (} p_o \text{ kedalaman 6,5 m)} + \gamma' \times 0,5 \text{ m} \\ &= 3,3 \text{ t/m}^2 + (0,8 \text{ t/m}^3 \times 0,5 \text{ m}) \\ &= 3,7 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$N_2 = p_o < 7,5 \text{ t/m}^2, \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{4 N_1}{1 + 0,4 p_o} \\ &= \frac{4 \times 3}{1 + (3,7 \times 0,4)} \\ &= 4,84 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$2N_1 = 6 \text{ ton/m}^2$$

N pakai = N2 < 2N1, maka

$$\begin{aligned} &= N_2 \\ &= 4,84 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$N \text{ rata-rata} = 5,1 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q \text{ ujung} &= 40 \times N \text{ rata-rata} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 40 \times 5,1 \text{ ton/m}^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\ &= 40,07 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{si} &= \text{tanah lempung, } N \text{ pakai : } 2 \\
 &= 4,84 \text{ ton/m}^2 : 2 \\
 &= 2,42 \text{ ton/m}^2 \\
 R_{si} &= f_{si} \times \pi \times d \times \text{kedalaman} \\
 &= 2,42 \text{ ton/m}^2 \times \pi \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 1,9 \text{ ton} \\
 \sum R_{si} &= R_{si} + R_{si} \text{ kedalaman } 6,5 \\
 &= 1,9 \text{ ton} + 16,11 \text{ ton} \\
 &= 18,01 \text{ ton} \\
 Q_{ult} &= Q_{ujung} + \sum R_{si} \\
 &= 40,07 \text{ ton} + 18,01 \text{ ton} \\
 &= 58,07 \text{ ton} \\
 Q_{ijin} &= Q_{ult} : 3 \\
 &= 58,07 \text{ ton} : 3 \\
 &= 19,36 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan terlampir didapatkan nilai P ijin dari tanah adalah pada kedalaman 28 m sebesar 120,033 ton. P ijin tanah < P ijin bahan (brosur) sehingga digunakan nilai P ijin tanah = 120,033 ton untuk nilai dari P ijin.

4.5.4 Perhitungan Pile Cap Tipe I

4.5.4.1 Perencanaan Dimensi Pile Cap

Pada perencanaan dimensi pile cap ini berdasarkan konfigurasi tiang pancang yaitu jarak antar tiang pancang (S) dan jarak tiang ke tepi pile cap (S'). Menurut "Desain Pondasi Tahan Gempa (Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti)" menyebutkan bahwa :

Jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D - 3 D$$

$$S \geq 3 \times 50 \text{ cm}$$

$$S \geq 150 \text{ cm}$$

Maka, dipakai $S = 150 \text{ cm}$

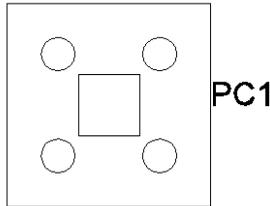
- Jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S \geq 1 - 1,5 D$$

$$S \geq 1,5 \times 50 \text{ cm}$$

$$S \geq 75 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 75 \text{ cm}$



Gambar 4. 55 Rencana Pondasi Tipe I

Direncanakan konfigurasi tiang pancang sebagai berikut:

$$\text{Jumlah baris (n)} = 2$$

$$\text{Jumlah kolom (m)} = 2$$

Sehingga dimensi pile cap adalah :

$$b = (2 \times 75 \text{ cm}) + (1 \times 150 \text{ cm}) = 300 \text{ cm}$$

$$h = (2 \times 75 \text{ cm}) + (1 \times 150 \text{ cm}) = 300 \text{ cm}$$

$$t = 100 \text{ cm (direncanakan)}$$

Berdasarkan Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran dari kolom ke dalam pile cap yang dibutuhkan (ℓ_{dc}) adalah :

$$\text{Direncanakan } d_b = 29 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$dsusut = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \ell_{dc} &= \left(\frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times d_b = \left(\frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{35}} \right) \times 29 \\ &= 470,582 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell_{dc} &= (0,043 \times f_y) \times d_b = (0,043 \times 400) \times 29 \\ &= 498,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai $\ell_{dc} = 800 \text{ mm}$

Panjang ℓ_{dc} harus lebih kecil dari tebal pile cap supaya tulangan dari kolom pedestal dapat masuk ke dalam pile cap.

Kontrol :

$$\begin{aligned} \ell_{dc} &\leq t \text{ pile cap} - \text{cover} - db - dsut \\ 800 \text{ mm} &\leq 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 29 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\ 800 \text{ mm} &< 874 \text{ mm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4.5.4.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari hasil analisis struktur SAP2000 Joint 52 didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 4. 46 Reaksi Kolom

No.	Kombinasi	Gaya Dalam				
		P (ton)	V _x (ton)	V _y (ton)	M _x (tonm)	M _y (tonm)
1.	1D + 1L	316,778	-0,044	5,792	0,044	-0,099
2.	1D+0,7Ex+0,75L	294,603	6,978	8,634	0,331	31,422
3.	1D+0,7Ey+0,75L	295,453	2,397	15,325	0,214	10,44

Kombinasi 1

$$P = 316,778 \text{ ton}$$

$$M_x = 0,044 \text{ tonm}$$

$$M_y = -0,099 \text{ tonm}$$

$$V_x = -0,044 \text{ ton}$$

$$V_y = 5,792 \text{ ton}$$

$$\sum M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 0,044 \text{ tonm} + 5,792 \text{ ton} \times 1 \text{ m}$$

$$= 5,836 \text{ tonm}$$

$$\sum M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$= -0,099 \text{ tonm} + -0,044 \text{ ton} \times 1 \text{ m}$$

$$= -0,143 \text{ tonm}$$

Kombinasi 2

$$P = 295,45 \text{ ton}$$

$$M_x = 15,54 \text{ tonm}$$

$$M_y = 12,84 \text{ tonm}$$

$$V_x = 6,978 \text{ ton}$$

$$V_y = 8,634 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 15,54 \text{ tonm} + 8,634 \text{ ton} \times 1 \text{ m} \\ &= 8,965 \text{ tonm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 12,84 \text{ tonm} + 6,978 \text{ ton} \times 1 \text{ m} \\ &= 38,401 \text{ tonm} \end{aligned}$$

Kombinasi 3

$$P = 295,453 \text{ ton}$$

$$M_x = 0,214 \text{ tonm}$$

$$M_y = 10,44 \text{ tonm}$$

$$V_x = 2,397 \text{ ton}$$

$$V_y = 15,325 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 0,214 \text{ tonm} + 15,325 \text{ ton} \times 1 \text{ m} \\ &= 15,539 \text{ tonm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 10,44 \text{ tonm} + 2,397 \text{ ton} \times 1 \text{ m} \\ &= 12,836 \text{ tonm} \end{aligned}$$

4.5.4.3 Perencanaan Kebutuhan Tiang Pancang

Perhitungan kebutuhan tiang pancang didapatkan dari gaya aksial terbesar yang telah didapatkan dari hasil analisis struktur SAP2000 ditambahkan dengan berat sendiri poer dan berat tiang.

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri poer} &= p \times l \times t \times \text{BJ beton} \\ &= 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \\ &= 21,6 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= P \text{ dari SAP2000} + W \text{ poer} \\
 &= 316,778 \text{ ton} + 21,6 \text{ ton} \\
 &= 338,378 \text{ ton} \\
 \text{Berat tiang} &= w \times L \times n \\
 &= 0,29 \text{ ton/m} \times 28 \text{ m} \times 4 \\
 &= 32,48 \text{ ton} \\
 \text{Sehingga, } P \text{ total} &= 338,378 \text{ ton} + 32,48 \text{ ton} \\
 &= 370,858 \text{ ton} \\
 n' &= 370,858 \text{ ton} / 120,033 \text{ ton} \\
 &= 3,09 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

4.5.4.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi Tiang

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$

dimana,

m = banyaknya tiang dalam kolom

n = banyaknya tiang dalam baris

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar sumbu as tiang pancang

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \eta &= 1 - \arctan \frac{0,5 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} \left[\frac{((2-1) \times 2) + ((2-1) \times 2)}{90 \times 2 \times 2} \right] \\
 &= 0,791
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin kelompok}} &= \eta \times P_{\text{ijin}} \\
 &= 0,791 \times 120,033 \text{ ton} \\
 &= 94,934 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

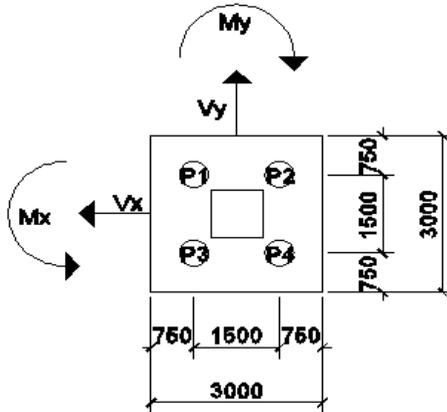
4.5.4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Gaya yang dipikul masing –masing tiang pancang dari hasil analisis SAP2000 adalah:

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot x_{\max}}{\sum x^2}$$

Dimana, X_{\max} dan Y_{\max} adalah jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang kelompok.

Kombinasi 1 (1D + 1L)



Gambar 4. 56 Reaksi Gaya Pilecap Akibat Beban Kombinasi 1

Tabel 4. 47 Rekapitulasi jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang

No	x	x ²	y	y ²
1	0.75	0.563	0.75	0.563
2	-0.75	0.563	0.75	0.563
3	0.75	0.563	-0.75	0.563
4	-0.75	0.563	-0.75	0.563
	$\sum x^2 =$	2.25	$\sum y^2 =$	2.25

$$P1 = \frac{316,78}{4} + \frac{5,84 \times 0,75}{2,25} + \frac{-0,14 \times 0,75}{2,25}$$

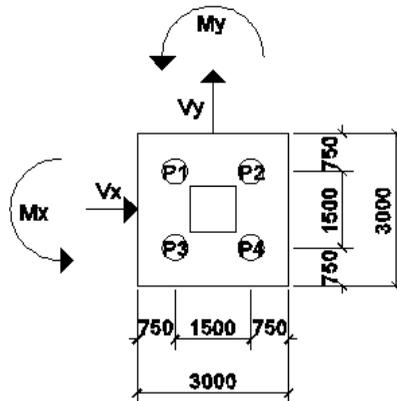
$$P1 = 81,09 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 81,19 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 77,2 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 77,3 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

Kombinasi 2 (1D + 0,7Ex + 0,75L)



Gambar 4. 57 Reaksi Gaya Pilecap Akibat Beban Kombinasi 2

Tabel 4. 48 Rekapitulasi jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang

No	x	x ²	y	y ²
1	-0.75	0.56	0.75	0.56
2	0.75	0.56	0.75	0.56
3	-0.75	0.56	-0.75	0.56
4	0.75	0.56	-0.75	0.56
	$\Sigma x^2 =$	2.25	$\Sigma y^2 =$	2.25

$$P1 = \frac{294,6}{4} + \frac{8,97 \times 0,75}{2,25} + \frac{38,4 \times -0,75}{2,25}$$

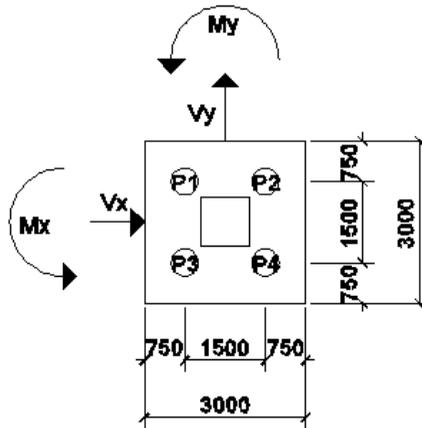
$$P1 = 63,84 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 89,44 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 57,86 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 83,46 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

Kombinasi 3 (1D + 0,7Ey + 0,75L)



Gambar 4. 58 Reaksi Gaya Pilecap Akibat Beban Kombinasi 3

Tabel 4. 49 Rekapitulasi jarak as tiang pancang ke titik pusat tiang pancang

No	x	x ²	y	y ²
1	-0.75	0.56	0.75	0.56
2	0.75	0.56	0.75	0.56
3	-0.75	0.56	-0.75	0.56
4	0.75	0.56	-0.75	0.56
	$\Sigma x^2 =$	2.25	$\Sigma y^2 =$	2.25

$$P1 = \frac{295,45}{4} + \frac{15,54 \times 0,75}{2,25} + \frac{12,84 \times -0,75}{2,25}$$

$$P1 = 74,76 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P2 = 83,32 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P3 = 64,41 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

$$P4 = 72,96 \text{ ton} < P_{\text{ijin kelompok}} = 94,934 \text{ ton (OK)}$$

4.5.4.6 Cek Geser 1 Arah Akibat Kolom

Beban gaya geser (V_u)

Dipakai tulangan D29 untuk penulangan lentur, maka

$$d = h - t - D_{\text{poer}}$$

$$= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 29 \text{ mm}$$

$$= 896 \text{ mm}$$

$$P_u = 425,294 \text{ ton (Kolom Pedestal } 1,2D+1L+1E_x+0,3E_y)$$

$$L' = b_{\text{poer}} - (0,5 \times b_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d$$

$$= 3000 - (0,5 \times 3000) - (0,5 \times 900) - 896$$

$$= 154 \text{ mm}$$

$$Q_u = P_u / (p \times l)$$

$$= 425,294 \text{ ton} / (3 \text{ m} \times 3 \text{ m})$$

$$= 47,25 \text{ ton/m}^2$$

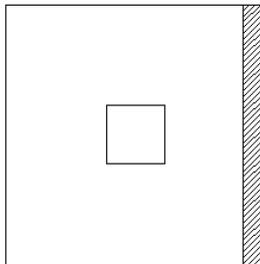
$$= 0,473 \text{ N/mm}^2$$

Maka, beban geser yang terjadi

$$V_u = Q_u \times b_w \times L'$$

$$= 0,473 \text{ N/mm}^2 \times 3000 \text{ mm} \times 154 \text{ mm}$$

$$= 218317,59 \text{ N}$$



Gambar 4. 59 Bidang kritis geser satu arah

Gaya geser yang dipikul beton (V_c)

Berdasarkan Pasal 11.2.1.1 SNI 2847 – 2013, gaya geser yang mampu dipikul oleh beton (V_c) adalah

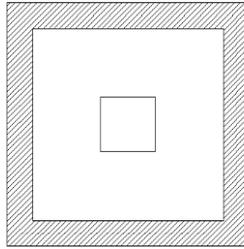
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= 0,75 \times 0,17 \times \sqrt{35} \times 3000 \text{ mm} \times 896 \text{ mm} \\
 &= 2027558,86 \text{ N} > 218317,59 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

4.5.4.7 Cek Geser 2 Arah Akibat Kolom

Beban gaya geser (V_u)

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - [(b_{\text{kolom}} + d) \times (h_{\text{kolom}} + d)] \\
 &= (3000 \times 3000) - [(900 + 896) \times (900 + 896)] \\
 &= 5774384 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \times A_t \\
 &= 0,473 \text{ N/mm}^2 \times 5774384 \text{ mm}^2 \\
 &= 2728678,74 \text{ N}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 60 Bidang kritis geser dua arah akibat kolom

Gaya geser yang dipikul beton (V_c)

Berdasarkan Pasal 11.12.2.1 SNI 2847 – 2013, untuk perencanaan pelat atau fondasi telapat aksi dua arah, untuk beton non prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut :

$$1. \quad \phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

dimana:

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom} \\
 &= 900 / 900 = 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\
 &= 2 \times (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4 \times d \\
 &= 2 \times (900 \text{ mm} + 900 \text{ mm}) + 4 \times 921 \text{ mm} \\
 &= 7284 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

maka,

$$\begin{aligned}\emptyset V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 7284 \times 896 \times 0,75 \\ &= 14768739 \text{ N} > V_u = 2728678,74 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

$$2. \emptyset V_c = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot x \cdot d}{b_o}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

dimana,

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

maka,

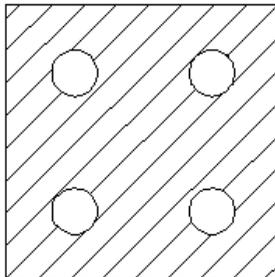
$$\begin{aligned}\emptyset V_c &= 0,083 \times \left(2 + \frac{20 \times 896}{7284}\right) \times \\ &1 \times \sqrt{35} \times 7284 \times 896 \times 0,75 \\ &= 14293649 \text{ N} > V_u = 2728678,74 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

$$3. \phi V_c = 0,75 \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{35} \times 7284 \times 896$$

$$\phi V_c = 9556243 \text{ N} > V_u = 2728678,74 \text{ N (OK)}$$

4.5.4.8 Cek Geser 2 Arah Akibat Tiang Pancang



Gambar 4. 61 Bidang kritis geser dua arah akibat tiang pancang

Beban gaya geser (V_u)

$$P_u = 425,294 \text{ ton} (1,2D+1L+1E_y+0,3E_x)$$

$$Q_u = \frac{P_u}{p \times l}$$

$$= \frac{425,294 \text{ ton}}{3 \text{ m} \times 3 \text{ m}}$$

$$= 47,25 \text{ ton/m}^2 = 0,473 \text{ N/mm}^2$$

$$A_t = (A_{\text{poer}}) - (A_{\text{pondasi}})$$

$$= (3000 \times 3000) - (4 \times 0,25 \times \pi \times (500)^2)$$

$$= 8214601,84 \text{ mm}^2$$

$$V_u = Q_u \times A_t$$

$$= 0,473 \text{ N/mm}^2 \times 8214601,84 \text{ mm}^2$$

$$= 3881800,97 \text{ N}$$

Gaya geser yang dipikul beton (V_c)

Berdasarkan Pasal 11.12.2.1 SNI 2847 – 2013, untuk perencanaan pelat atau fondasi telapat aksi dua arah, untuk beton non prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut:

$$1. \quad \emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

dimana:

$$\beta = \text{rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom}$$

$$= 900 / 900 = 1$$

$$b_o = \text{keliling dari penampang kritis}$$

$$= \pi \times (D + d)$$

$$= \pi \times (500 \text{ mm} + 896 \text{ mm})$$

$$= 4385,663 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

maka,

$$\emptyset V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 4385,663 \times 896 \times 0,75$$

$$= 8892191 \text{ N} > V_u = 3881800,97 \text{ N (OK)}$$

$$2. \quad \emptyset V_c = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

dimana,

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

maka,

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,083 \times \left(2 + \frac{20 \times 921}{4464,203} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 4385,663 \times 896 \times 0,75 \\ &= 11743303 \text{ N} > V_u = 3881800,97 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

$$3. \phi V_c = 0,75 \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{35} \times 4385,663 \times 896$$

$$\phi V_c = 5753770 \text{ N} > V_u = 3881800,97 \text{ N (OK)}$$

4.5.4.9 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur poer, diasumsikan sebagai balok kantilever yang diberi jepit pada ujung kolom. Beban yang terjadi berupa berat sendiri dan tiang pancang.

Data –data perencanaan:

$$b \text{ poer} = 3000 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 3000 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

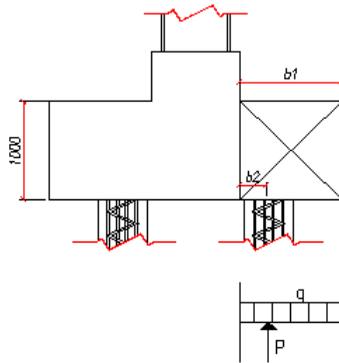
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 29 \text{ mm}$$

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 75 - 29/2 = 910,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 75 - 29 - 29/2 = 881,5 \text{ mm}$$

A. Penulangan poer arah X



Gambar 4. 62 Reaksi Perletakan pada Poer arah X

Diketahui :

$$\begin{aligned} b1 &= \text{jarak ujung poer ke tepi kolom} \\ &= 3000 - (0,5 \times 3000) - (0,5 \times 900) \\ &= 1050 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b2 &= \text{jarak as tiang pancang ke tepi kolom} \\ &= 675 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ &= b \times BJ \text{ beton} \times t \\ &= 3 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 7200 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= P_u \text{ maks 1 tiang pancang} \\ &= 89439,443 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, momen yang terjadi di poer

$$\begin{aligned} M_u &= -M_{qu} + M_{Pu} \\ &= -(0,5 \times 7200 \text{ kg/m} \times 1,05 \text{ m} \times 1,05 \text{ m}) + (89439,443 \text{ kg} \times 0,675 \text{ m} \times 2) \\ &= 116774,249 \text{ kgm} \\ &= 1167742485 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{1167742485}{0,8} \\ &= 1459678106,25 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{1459678106,25}{3000 \times (910,5)^2} \\ &= 0,587 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 35} \\ &= 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,587}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0015$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{MIN}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

Karena nilai $\rho > \rho_{\text{MIN}}$, maka dipakai $\rho = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 3000 \text{ mm} \times 910,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 9560,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D – 29 dengan jarak 200 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi D^2 b / s \\ &= \frac{1}{4} \pi (29)^2 3000 / 200 \\ &= 9907,798 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} > \text{As perlu}$$

$$9907,798 \text{ mm}^2 > 9560,25 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan susut

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 3000 \text{ mm} \times 910,5 \text{ mm} \\ &= 4916,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D-22 dengan jarak 200 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi D^2 b / s \\ &= \frac{1}{4} \pi (22)^2 3000 / 200 \\ &= 5701,991 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &> \text{As perlu} \\ 5701,991 \text{ mm}^2 &> 4916,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Syarat spasi tulangan (s max)

$$\frac{d}{4} = \frac{910,5 \text{ mm}}{4} = 227,6 \text{ mm (menentukan)}$$

$$8D \text{ tulangan lentur} = 8 \times 29 \text{ mm} = 232 \text{ mm}$$

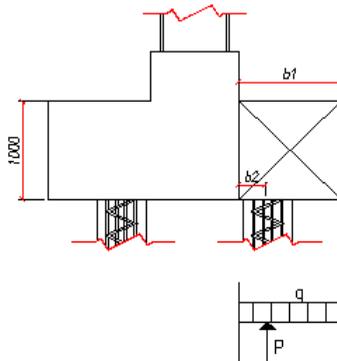
$$24D \text{ tulangan susut} = 24 \times 22 \text{ mm} = 528 \text{ mm}$$

300 mm

Kontrol spasi tulangan

$$\begin{aligned} S \text{ pakai} &< S \text{ max} \\ 200 \text{ mm} &< 232 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

B. Penulangan poer arah Y



Gambar 4. 63 Reaksi Perletakan pada Poer arah Y

Diketahui :

$$\begin{aligned} b1 &= \text{jarak ujung poer ke tepi kolom} \\ &= 3000 - (0,5 \times 3000) - (0,5 \times 900) \\ &= 1050 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b2 &= \text{jarak as tiang pancang ke tepi kolom} \\ &= 675 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ &= 3 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 7200 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= P_u \text{ maks 1 tiang pancang} \\ &= 89439,443 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, momen yang terjadi di poer

$$\begin{aligned} M_u &= -M_{qu} + MP_u \\ &= -(0,5 \times 7200 \text{ kg/m} \times 1,05 \text{ m} \times 1,05 \text{ m}) + (89439,443 \\ &\quad \text{kg} \times 0,675 \text{ m} \times 2) \\ &= 116774,249 \text{ kgm} \\ &= 1459678106,25 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{1167742485}{0,8} \\ &= 1459678106,25 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{1459678106,25}{3000 \times (906,5)^2} \\ &= 0,626 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 35} \\ &= 13,445 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{13,445} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,626}{400}}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= 0,0016 \\ \rho_{\text{MIN}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\text{MIN}}$, maka dipakai $\rho_{\text{MIN}} = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 3000 \text{ mm} \times 881,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 9255,75 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D – 29 dengan jarak 200 mm

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi D^2 b / s \\ &= \frac{1}{4} \pi (29)^2 3000 / 200 \\ &= 9907,798 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &> \text{As perlu} \\ 9907,798 \text{ mm}^2 &> 9255,75 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Tulangan susut

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 3000 \text{ mm} \times 881,5 \text{ mm} \\ &= 4760,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D-22 dengan jarak 200 mm

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi D^2 b / s \\ &= \frac{1}{4} \pi (22)^2 3000 / 200 \\ &= 5701,991 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &> \text{As perlu} \\ 5701,991 \text{ mm}^2 &> 4760,1 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Syarat spasi tulangan (s max)

$$\frac{d}{4} = \frac{881,5 \text{ mm}}{4} = 220,4 \text{ mm (menentukan)}$$

$$8D \text{ tulangan lentur} = 8 \times 29 \text{ mm} = 232 \text{ mm}$$

$$24D \text{ tulangan susut} = 24 \times 22 \text{ mm} = 528 \text{ mm}$$

300 mm

Kontrol spasi tulangan

S pakai < S max

200 mm < 220,4 mm (**OK**)

4.5.4.10 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$A_1 = \text{Luas kolom} = 900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm} = 810000 \text{ mm}^2$

$A_2 = \text{Luas poer} = 3000 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm} = 9000000 \text{ mm}^2$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N_1

$P_u = 425,294 \text{ ton} = 4252,94 \text{ kN}$

$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 = 0,65 \times 0,85 \times 35 \times 810000 \text{ mm}^2$

$N_1 = 15663375 \text{ N} = 15663,375 \text{ kN} > 4252,94 \text{ kN}$ (**OK**)

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N_2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{9000000}{810000}} = 3,33$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2.

Maka:

$N_2 = 2 \times N_1 = 2 \times 15663,375 \text{ kN}$

$N_2 = 31326,75 \text{ kN} > 4252,94 \text{ kN}$ (**OK**)

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$A_s \text{ perlu} = 0,005 \times 900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm} = 4050 \text{ mm}^2$

Maka dipakai 8D-29, dengan $A_s = 5284,16 \text{ mm}^2 > 4050 \text{ mm}^2$ (**OK**)

Tabel 4. 50 Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap

Pile Cap	Dimensi Pile Cap			Pu total	P ijin tanah	n
	p	l	t			
	m	m	m	ton	ton	jumlah
PC 2	8,5	4	1	817,216	120,033	18
PC 3	4,5	4,5	1	522,478	120,033	9
PC 4	4	8,5	1	1153,88	120,033	18
PC 5	4	4	1,2	651,501	120,033	9

Tabel 4. 51 Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap (2)

Pile Cap	Daya Dukung Tiang Kelompok			P tiang kelompok	P ijin tiang kelompok	Kontrol
	Pu max	Mux max	Muy max			
	ton	m	M	ton	ton	ton
PC 2	817,22	377,39	138,93	63,33	83,043	OK
PC 3	552,48	208,32	76,32	84,973	86,936	OK
PC 4	1153,88	168,98	22,9	70,61	83,043	OK
PC 5	651,5	17,77	111,43	85,94	86,936	OK

Tabel 4. 52 Rekapitulasi Perhitungan Pile Cap (3)

Pile Cap	Tulangan		Tulangan Susut	
	Arah X	Arah X	Arah Y	Arah Y
PC 2	D29-150	D29-150	-	-
PC 3	D29-200	D29-200	-	-
PC 4	D29-200	D29-200	-	-
PC 5	D29-150	D29-150	D22-150	D22-150

4.5.5 Perencanaan Kolom Pedestal

Direncanakan kolom pedestal dengan dimensi 900x900. Output gaya dalam kolom pedestal yang didapat pada SAP2000 digunakan sebagai input data beban pada perhitungan kolom pedestal menggunakan program PCAcot.

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 8572,14 \text{ kN}$$

$$V_u = 667,098 \text{ kN}$$

$$M_u = 930,761 \text{ kNm}$$

- Data perencanaan kolom :

$$b = 900 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$A_g = 810000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

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

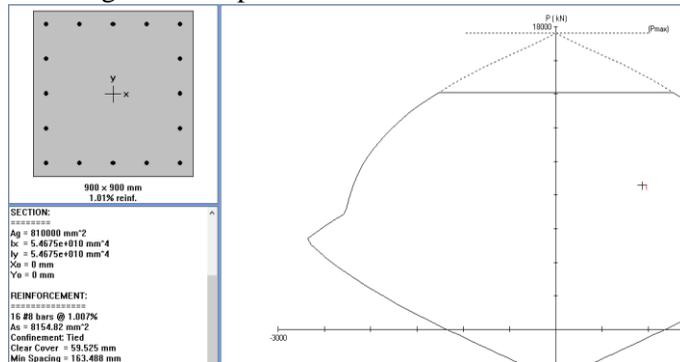
Selimut beton = 50 mm

Tulangan sengkang = $\varnothing 12$ mm

Tulangan utama = D25 mm

$$\text{Tinggi efektif} = 900 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 825,5 \text{ mm}$$

- Penulangan Lentur pada Kolom



Gambar 4. 64 Hasil Output PCACOL

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,01 \%$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0,0101 \times 900 \times 825,5 \\ &= 7503,795 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 16 D25, $A_s = 7857,143 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi. A_s pakai = $7857,143 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu (OK)

- Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 667098 \text{ N}$$

Kekuatan geser :

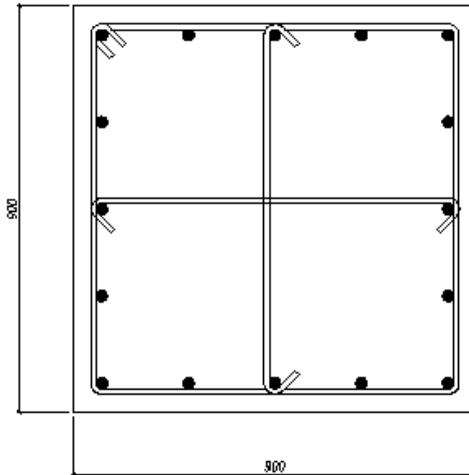
$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,167 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0,167 \left(1 + \frac{8572140 \text{ N}}{14 \times 810000} \right) 1\sqrt{35} \times 900 \times 825,5 \\
 &= 1286315 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c$$

$$= 0,75 \times 1286315 \text{ N}$$

$$= 964736 \text{ N} > V_u = 667098 \text{ N}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 12 - 200$, sengkang tiga kaki.



Gambar 4. 65 Penulangan Kolom Pedestal

4.5.6 Perencanaan Sloof

Sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pilecap. Hal itu diperlukan jika terjadi penurunan, maka seluruh struktur bangunan dapat bergerak ke bawah bersama. Sloof direncanakan mampu memikul berat sendiri, dan dinding yang ada di atasnya. Berikut adalah perencanaan sloof.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.12.3.2, balok sloof yang didesain sebagai pengikat horisontal antara pilecap harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar dari jarak antar kolom yang disambung, dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450.

$$\frac{l}{20} = \frac{10000}{20} = 500 \text{ mm} > 450 \text{ mm, sehingga direncanakan } b = 450 \text{ mm.}$$

Dimensi sloof : $b = 450 \text{ mm}$

$h = 650 \text{ mm}$

$A_g = 292500 \text{ mm}^2$

Mutu bahan: $f'_c = 35 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

Selimut beton = 50 mm

Tul. sengkang = $\varnothing 12$

Tul. utama = D22

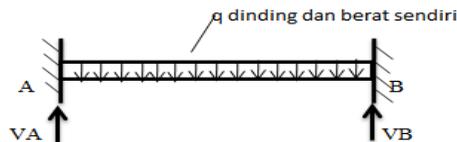
Tinggi efektif (d) = $650 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \times 22)$
 $= 577 \text{ mm}$

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :

Beban dinding $1,2 \times 74,38 \times 3,75 = 334,71 \text{ kg/m}$

Berat sloof $1,2 \times 0,45 \times 0,65 \times 2400 = \underline{842,4 \text{ kg/m}}$

$$Q_u = 1177,11 \text{ kg/m}$$



Gambar 4. 66 Mekanika Teknik Sloof

Panjang sloof = 10 m

$$M_u = 1/12 \times q_u \times L^2$$

$$= 1/12 \times 1177,11 \times 10^2$$

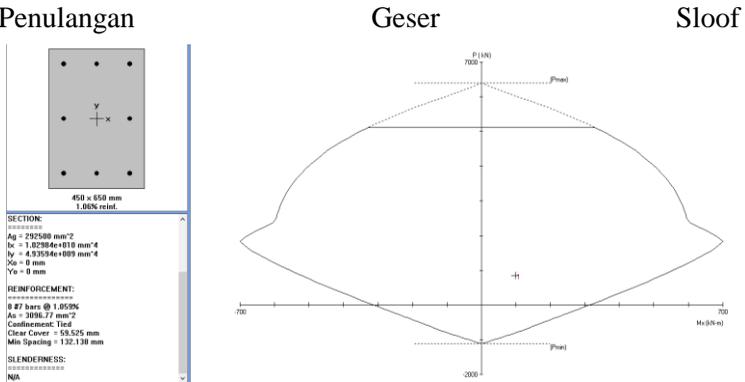
$$\begin{aligned}
 &= 9809,25 \text{ kgm} = 98,093 \text{ kNm} \\
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1177,11 \times 10 \\
 &= 5885,55 \text{ kg} = 58855,5 \text{ N} \\
 P_u \text{ pedestal} &= 8572,14 \text{ kN} \\
 P_u \text{ sloof} &= 8572,14 \text{ kN} \times 10\% \\
 &= 857,214 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,06 \%$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,0106 \times 450 \times 577 \\
 &= 2749,694 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 8D22, $A_s = 3042,286 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

- Penulangan



Gambar 4. 67 Hasil Output PCACOL

$$V_u = 58855,5 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton : 11.4.6.1

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{857214}{14 \times 292500} \right) 1 \sqrt{35} \times 450 \times 577 \\
 &= 309611,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 V_c \\
 &= 0,75 \times 309611,2 \text{ N} \\
 &= 232208,4 > V_u = 58855,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

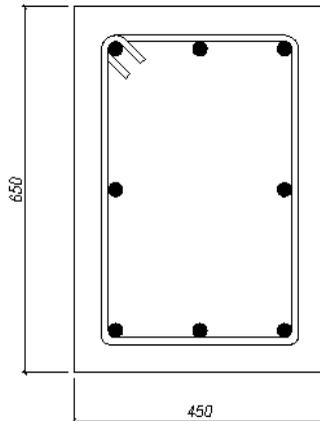
Sehingga tidak perlu tulangan geser.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.12.3, jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

$$\frac{d}{2} = \frac{577}{2} = 288,5 \text{ mm}$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan geser praktis $\text{Ø}12 - 300$, sengkang dua kaki.



Gambar 4. 68 Penulangan Sloof

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pelat lantai atap menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dan pelat beton setebal 90 mm serta dipasang tulangan wiremesh M6-150
- b. Pelat lantai kelas, kantor dan koridor menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dan pelat beton setebal 90 mm serta dipasang tulangan wiremesh M8-150
- c. Balok anak atap menggunakan profil WF 300x150x5,5x8
- d. Balok anak kelas dan toilet menggunakan profil WF 300x150x6,5x9
- e. Balok anak koridor dan kantor menggunakan profil WF 350x175x6x9
- f. Balok penggantung lift menggunakan profil WF 300x200x8x12 dan balok penumpu lift menggunakan profil WF 350x250x8x12
- g. Tebal pelat anak tangga sebesar 5 mm dan pengaku pelat anak tangga menggunakan profil siku 50x50x6
- h. Tebal pelat bordes sebesar 8 mm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 100x50x5x7
- i. Balok utama tangga menggunakan profil WF 250x125x6x9 dan Balok penumpu tangga menggunakan WF 300x150x5,5x8
- j. Balok induk menggunakan profil HC 732x300x11x18 dengan bentang 10 m
- k. Balok induk menggunakan profil HC 759x210x11x19 dengan bentang 7 m
- l. Balok induk menggunakan profil WF 400x200x11x17 dengan bentang maksimum 6 m

- m. Kolom lantai 1-4 menggunakan profil HSS 700x700x25, kolom lantai 5-7 menggunakan profil HSS 500x500x25, dan kolom lantai 8-13 menggunakan profil HSS 400x400x25
- n. Pondasi menggunakan tiang pancang diameter 50 cm dengan kedalaman 28 m.
- o. Dimensi poer terdapat 5 tipe :
 - 1. PC1 dengan dimensi 300 cm x 300 cm
 - 2. PC2 dengan dimensi 400 cm x 850 cm
 - 3. PC3 dengan dimensi 450 cm x 450 cm
 - 4. PC4 dengan dimensi 400 cm x 850 cm
 - 5. PC5 dengan dimensi 400 cm x 400 cm
- p. Dimensi kolom pedestal 900 mm x 900 mm
- q. Dimensi sloof 400 mm x 600 mm dan 450 mm x 650 mm

5.2 Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari mengenai perencanaan struktur *Castellated Beam* dan *Rectangular Concrete Steel Tube* lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, estetika dan efisiensi. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

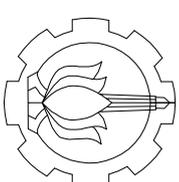
- Amayreh, L dan M. P. Saka. 2005. “**Failure Load Prediction Of Castellated Beams Using Artificial Neural Networks**”. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)* Vol 6.35-54. Bahrain : Department of Civil Engineering University of Bahrain.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Grunbauer, Johan. 2001. *Castellated Beams*.
<<http://www.grunbauer.nl/eng/inhoud.htm>>
- Knowles, P. R. 1991. *Castellated Beams*. Proc Instn Civil Engineers. Part I : 521-536
- Megharief, J. D. 1997. *Behavior of Composite Castellated Beams*. Montreal, Canada: Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, Mc Gill University.
- Sabelli, R. dan Bruneau, M. 2006. *Steel Plate Shear Walls*. American Institute of Steel Construction. Inc.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.

Sosrodarsono, Ir.Suyono, dan Nakazawa, Kazuto. (1983).
Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan Kedua.
Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

T. Patrick Bradley, 2007, "***Stability of Castellated Beams During Erection***" by Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

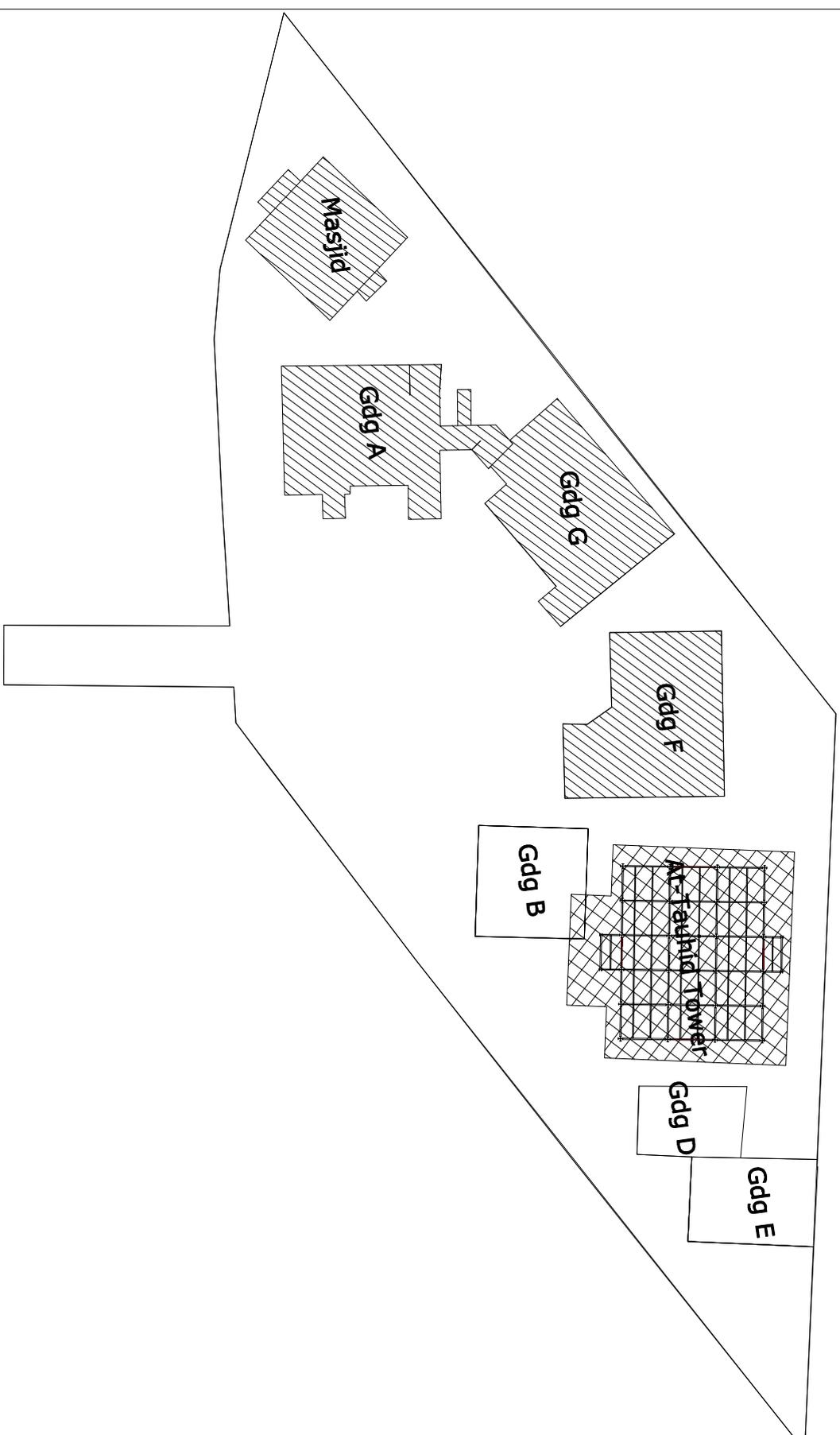
NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

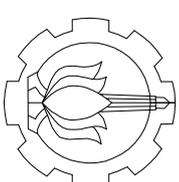
LAYOUT 1:10000

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ARS	1	10



01 LAYOUT
SKALA

1 : 10000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATT-TAUID MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tti Atmojio Pamungkas
 0311164500047

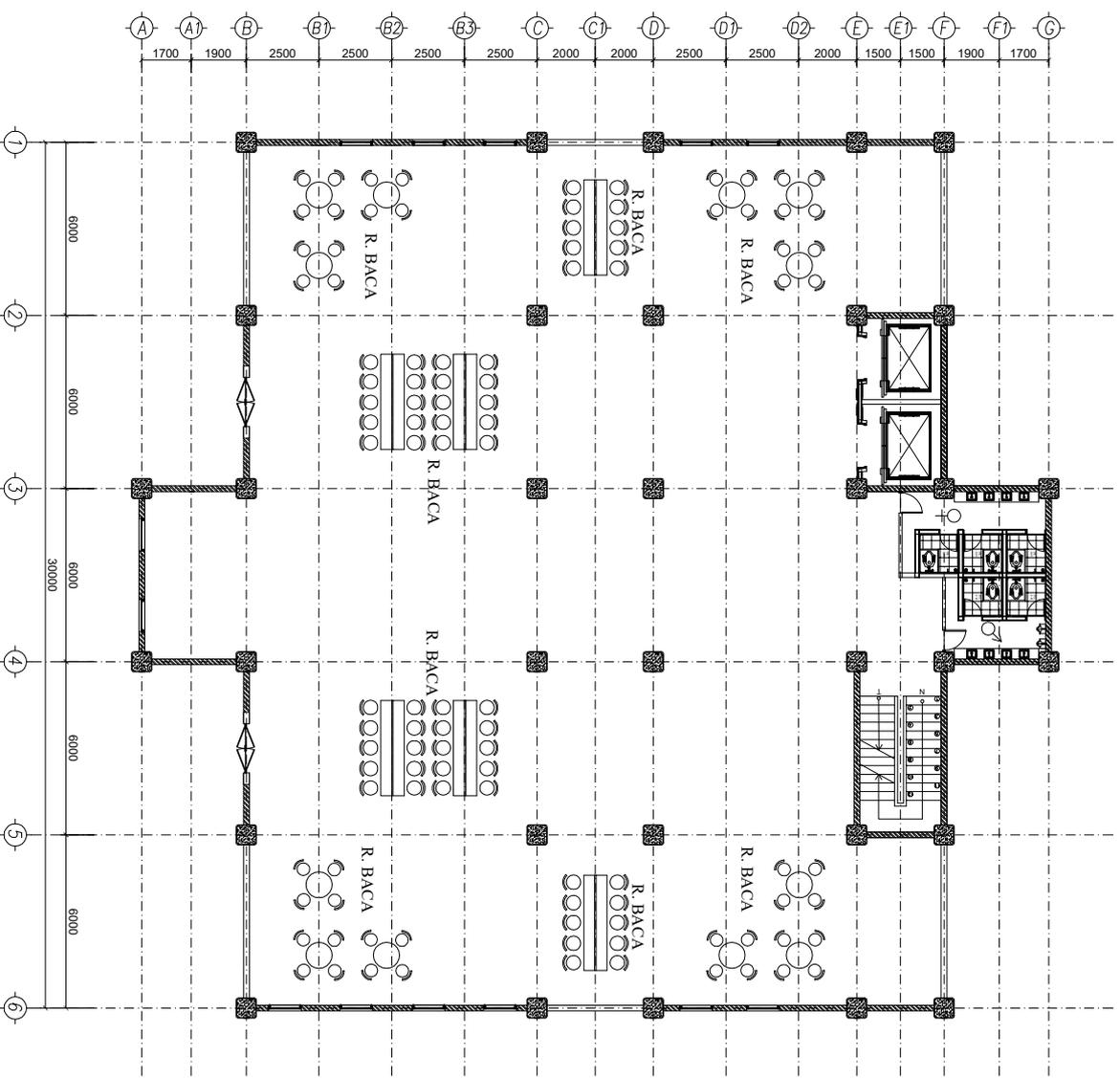
NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 1
 PERPUSTAKAAN

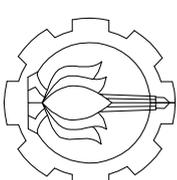
1:250

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

ARS 2 10



01 DENAH LANTAI 1 PERPUSTAKAAN
 SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

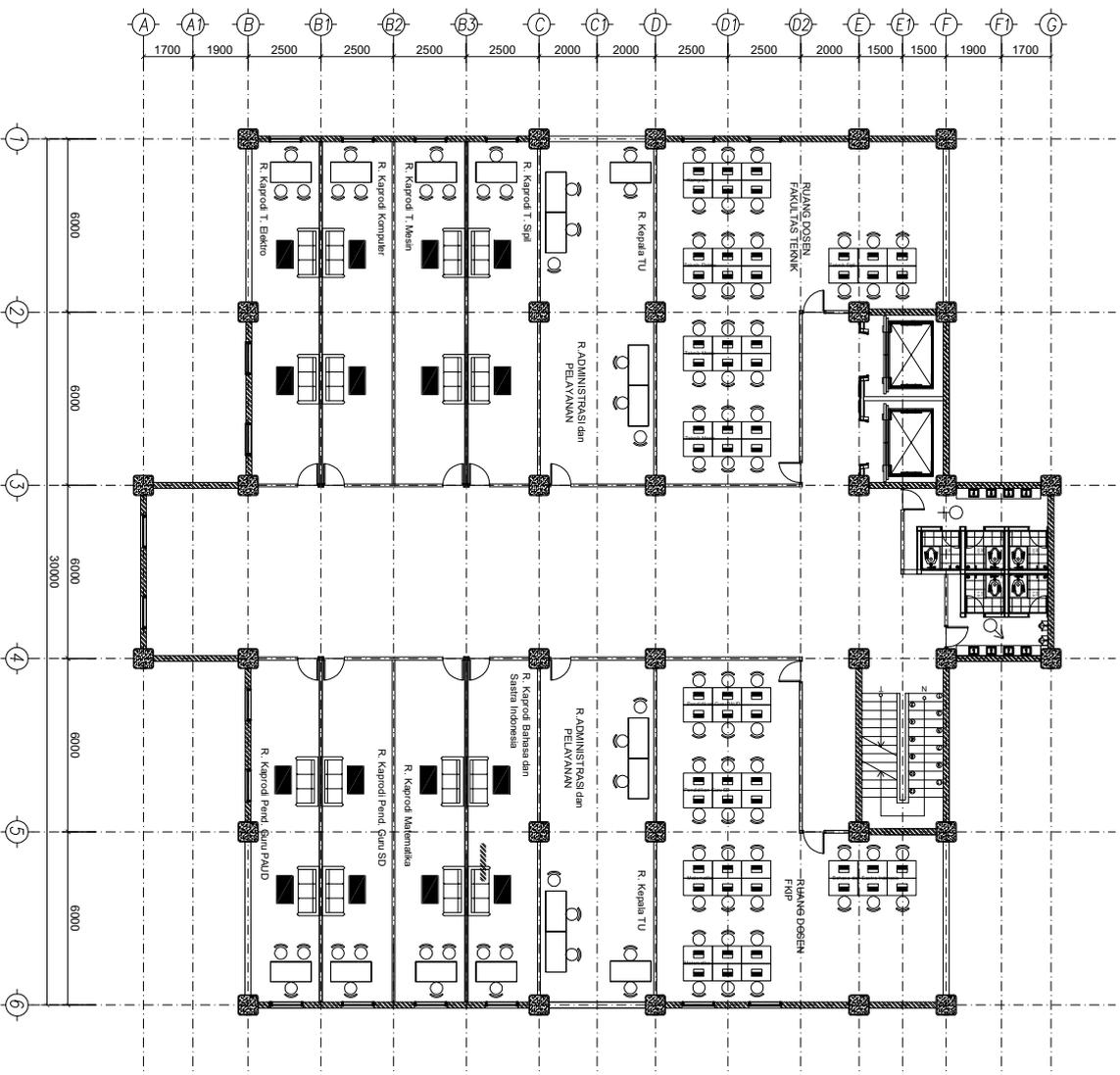
NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 2
RUANG DOSEN

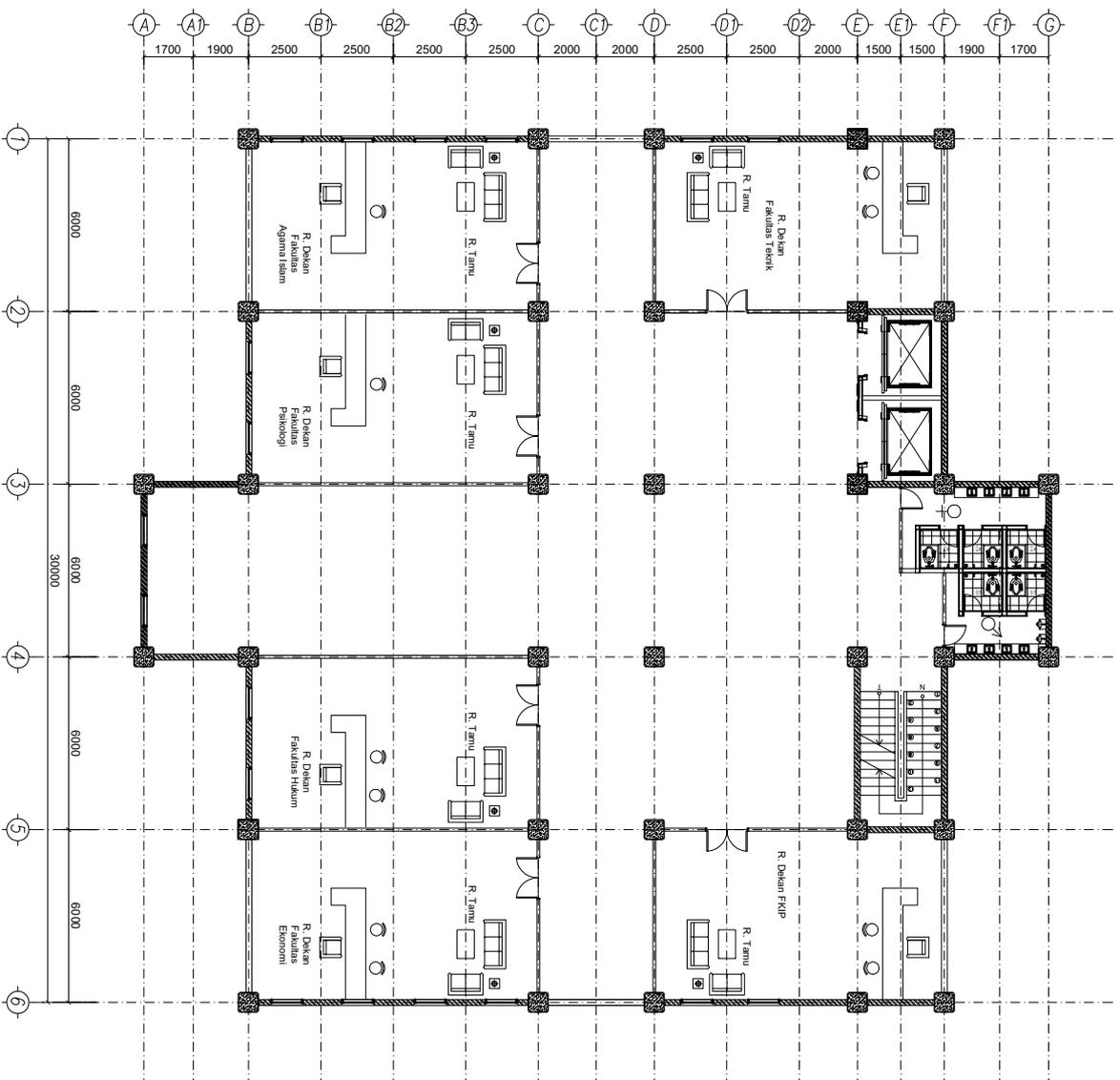
1:250

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

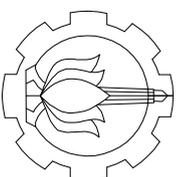
ARS 3 10



01 DENAH LANTAI 2 RUANG DOSEN
SKALA 1:250



01 DENAH LANTAI 5 RUANG DEKAN
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 5
RUANG DEKAN

1:250

KODE GAMBAR

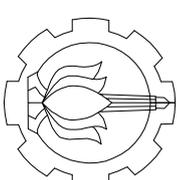
NO. LEMBR

JML LEMBAR

ARS

6

10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATT-TAUID NUHMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

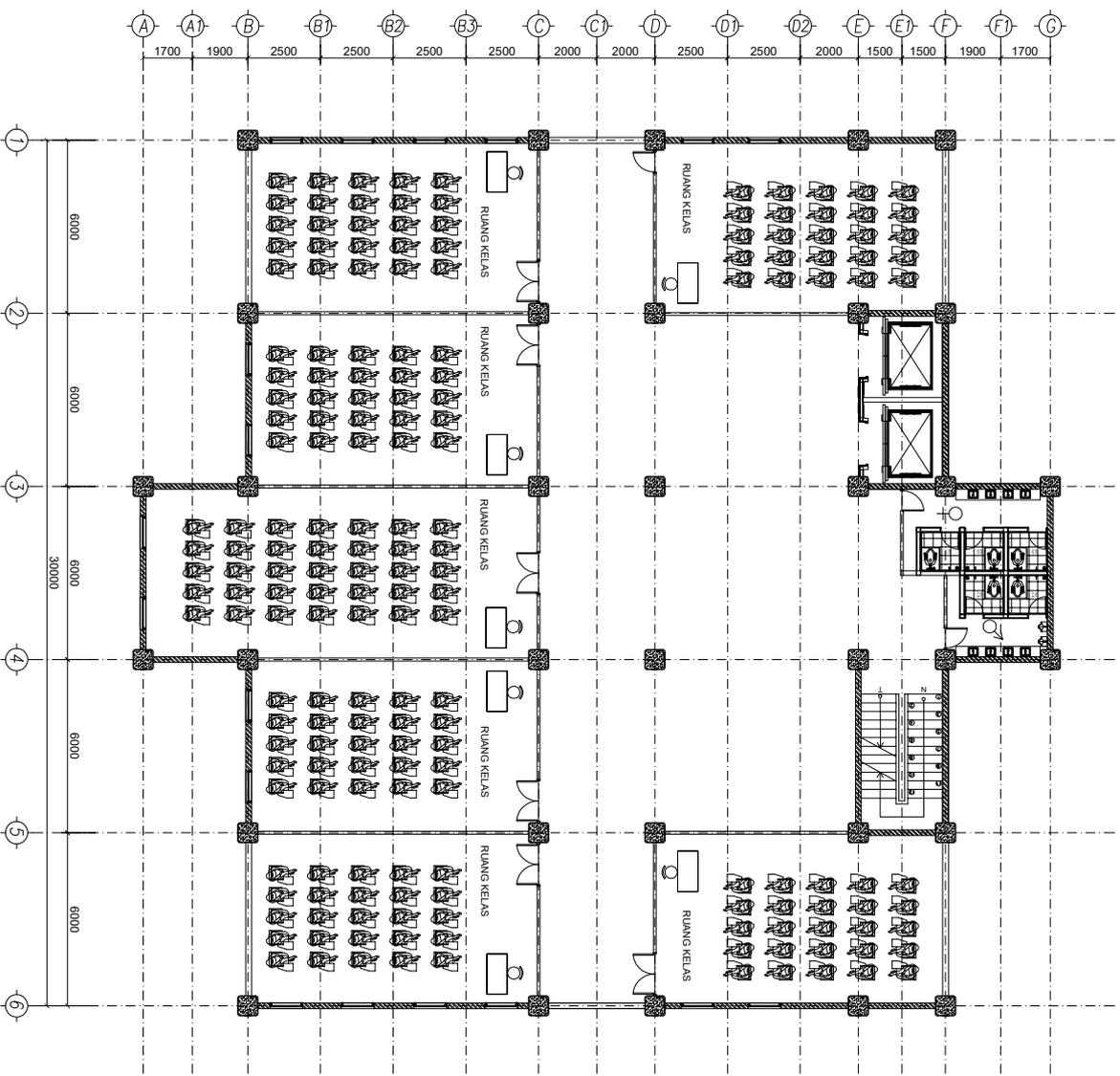
Tri Atmoro Pamungkas
 0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

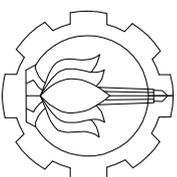
DENAH LANTAI 6-13
 RUANG KELAS

1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ARS	7	10



01 DENAH LANTAI 6-13 RUANG KELAS
 SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATTALUID MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

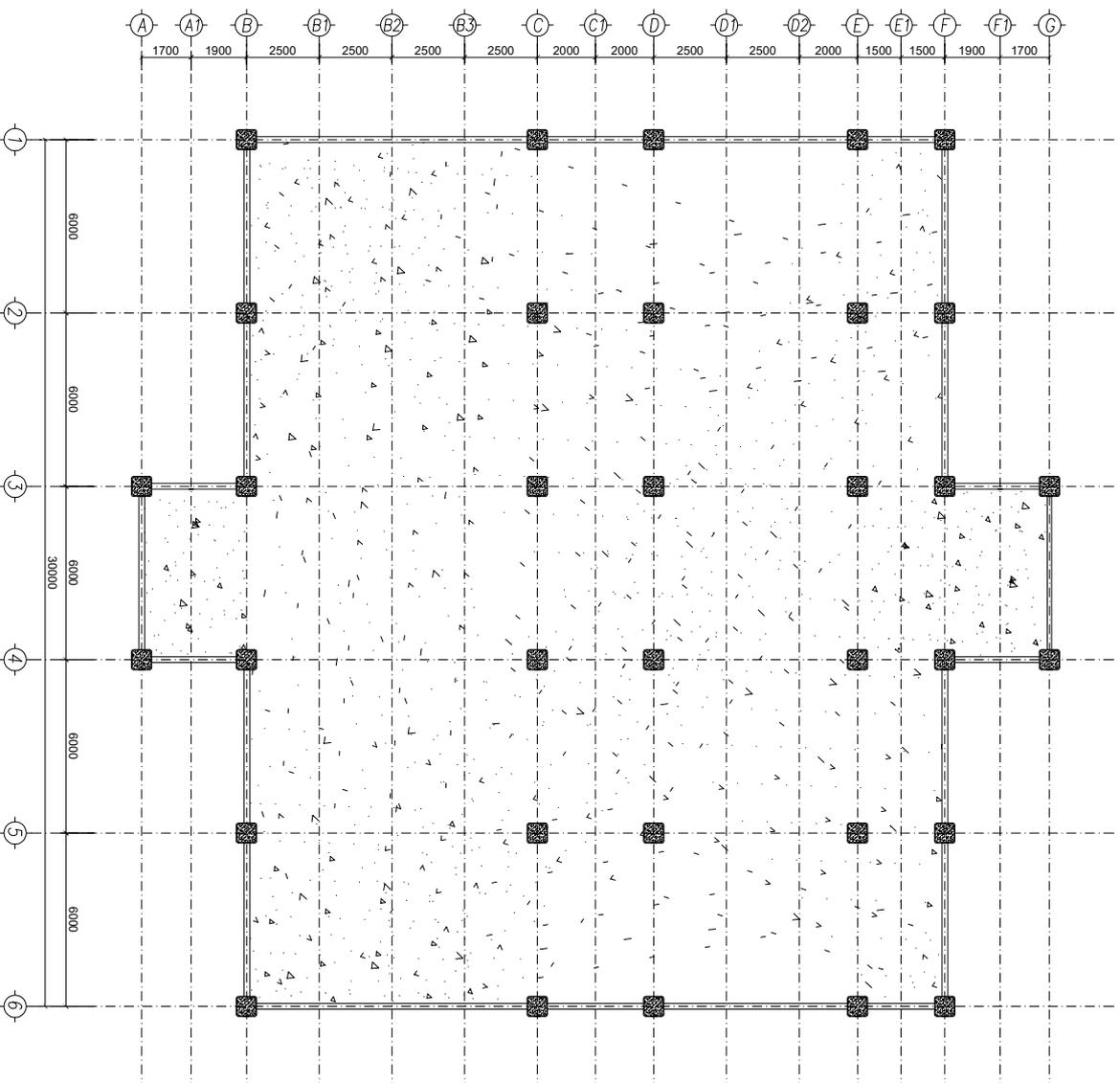
Tri Atmojio Pamungkas
 03111645000047

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI ATAP

1:250



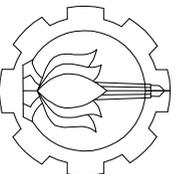
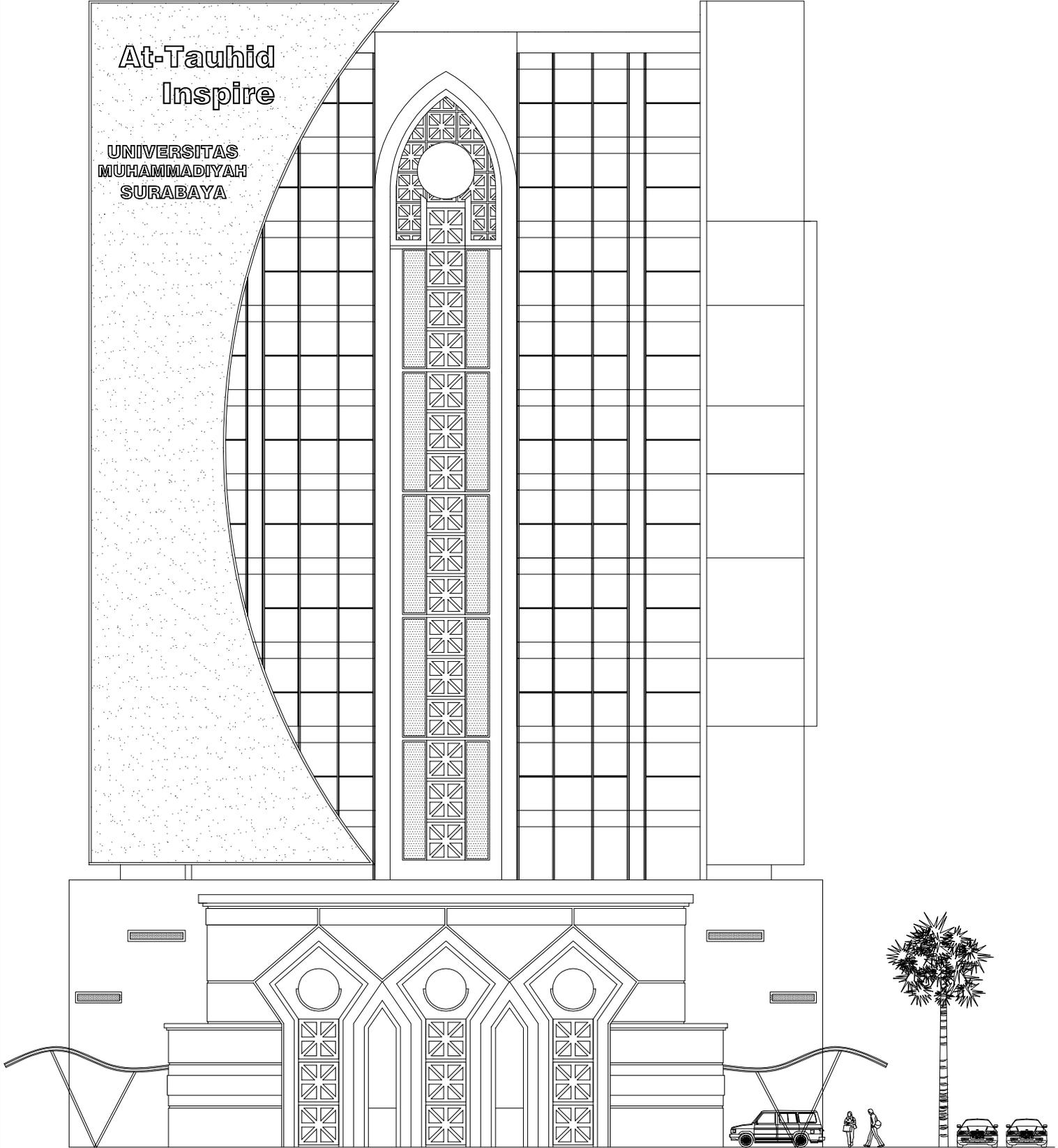
01 DENAH LANTAI ATAP
 SKALA

1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
ARS	8	10

At-Tauhid Inspire

UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
SURABAYA



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECIANGJULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Dita Iranata, S.T., M.T., PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK UTARA

1:250

KODE GAMBAR

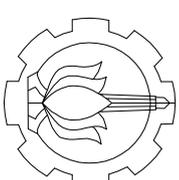
NO. LEMBR

JML LEMBAR

ARS

9

10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
REKTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

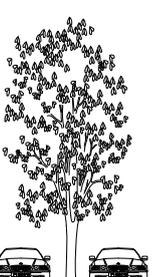
Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

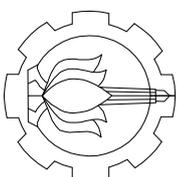
NAMA GAMBAR SKALA

TAMPAK SELATAN 1:250

KODE GAMBAR NO. LMBR JML LEMBAR

ARS 10 10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

PC1 : PILE CAP 300 x 300
 PC2 : PILE CAP 400 x 850
 PC3 : PILE CAP 450 x 450
 PC4 : PILE CAP 400 x 850
 PC5 : PILE CAP 400 x 400

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATT-TUHID MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

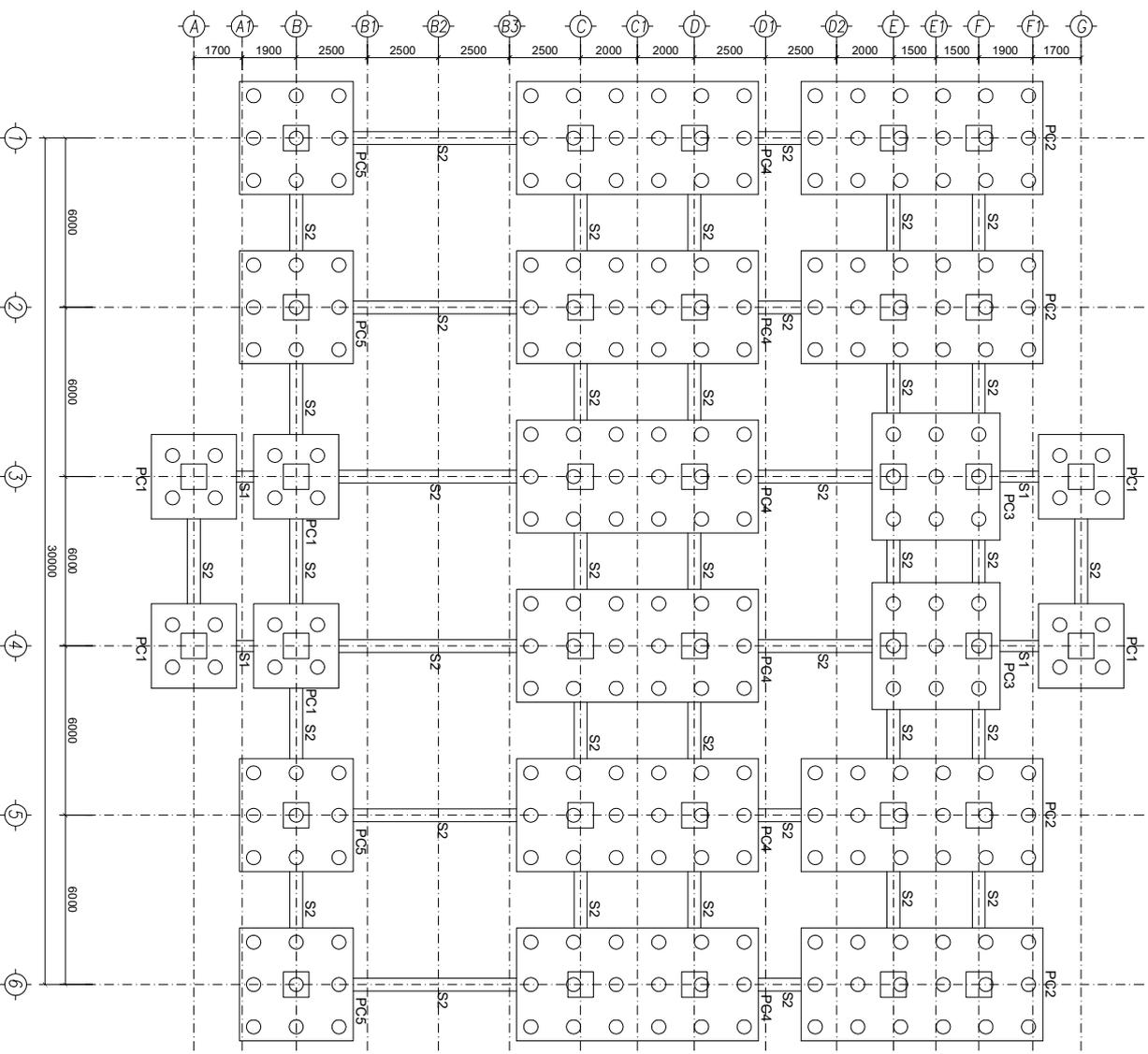
NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
 03111645000047

NAMA GAMBAR SKALA

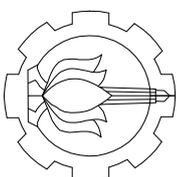
DENAH PONDASI 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
STR	1	31



01 DENAH PONDASI
 SKALA

1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

S1 : BALOK SLOOF 400x600
 S2 : BALOK SLOOF 450x650

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Dita Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

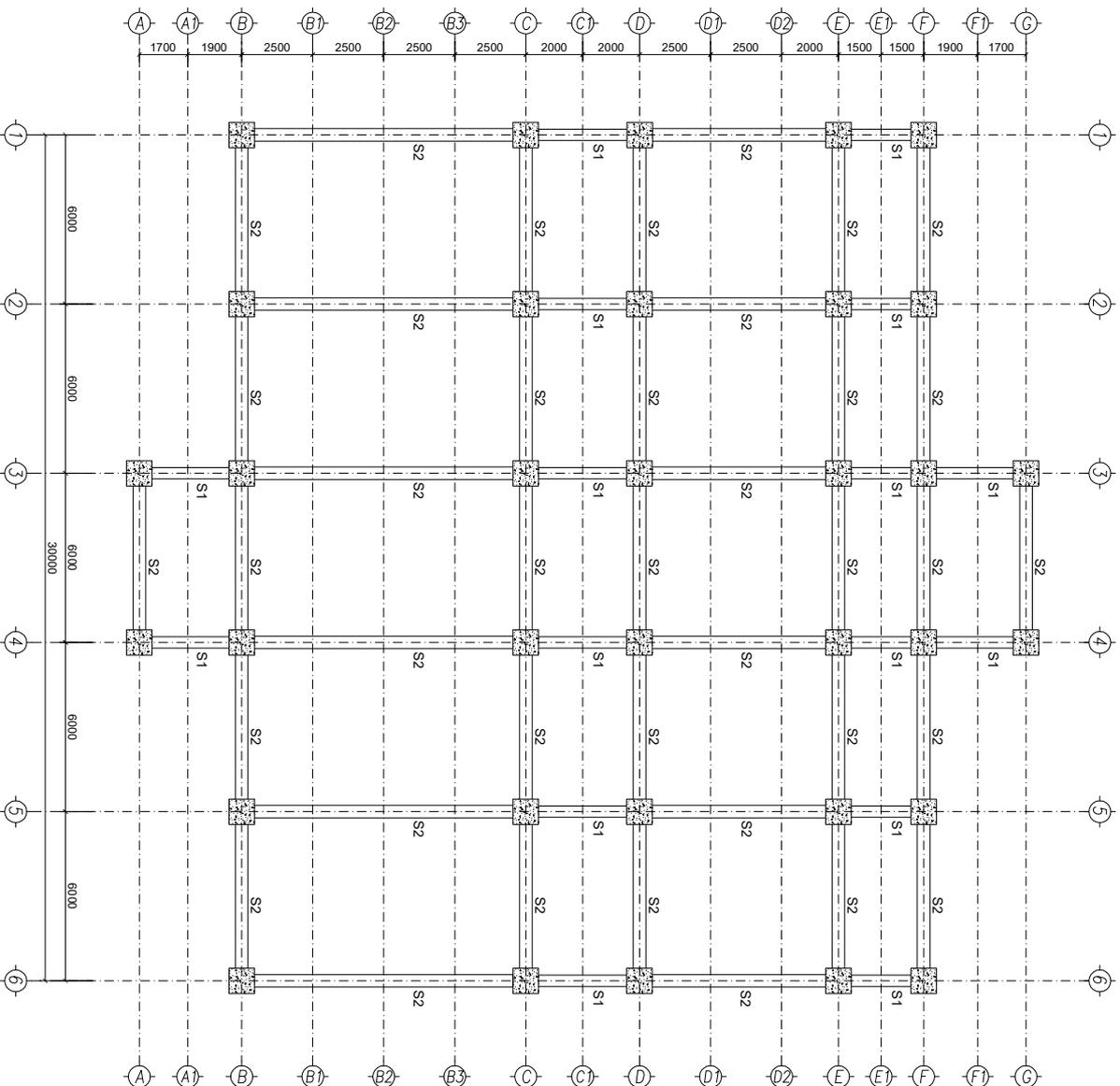
NAMA MAHASISWA

Tri Atmorio Pamungkas
 0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

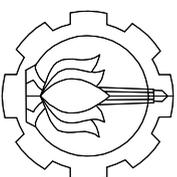
DENAH BALOK SLOOF 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
STR	3	31



01 DENAH BALOK SLOOF
 SKALA

1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

KP : KOLOM PEDESTAL 900X900

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATT-TUJUD NUHUMAMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristianto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

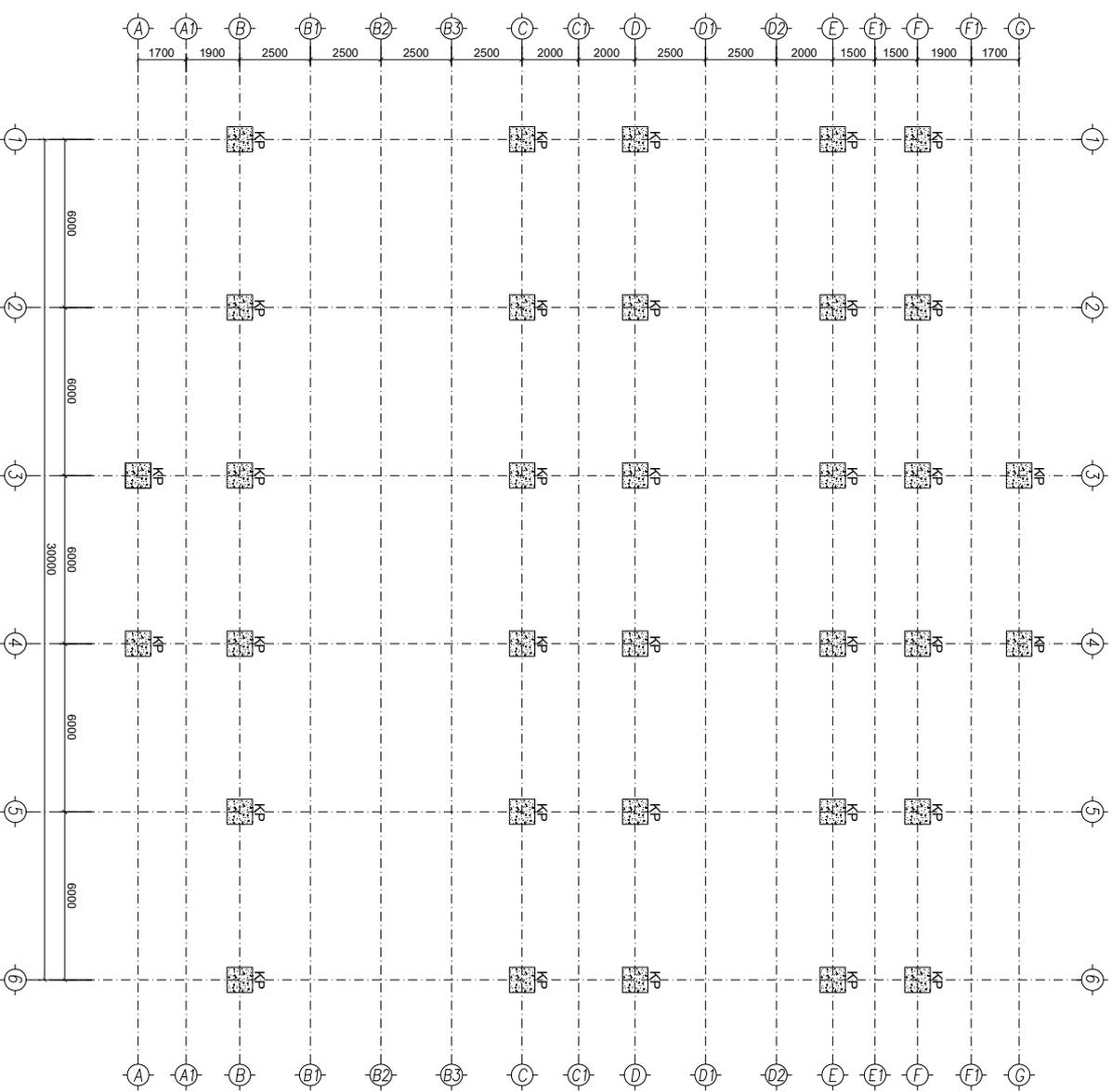
Tri Atmojio Pamungkas
 0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH KOLOM
 PEDESTAL

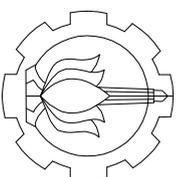
SKALA

1:250



01 DENAH KOLOM PEDESTAL
 SKALA 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
STR	4	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

K1 : KOLOM HSS 700x700x25

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATTALUHD MUHAMMADYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

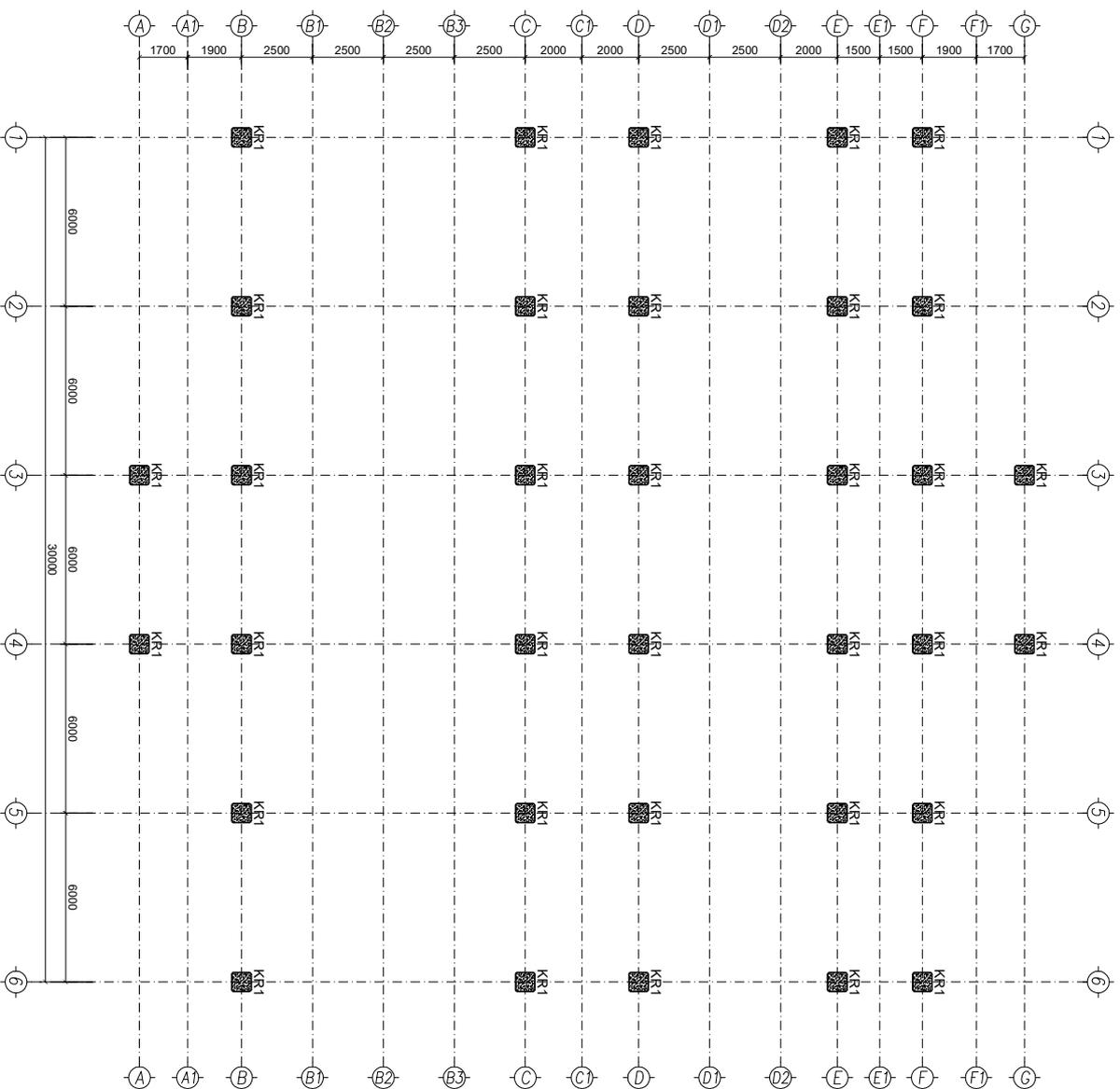
NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
03111645000047

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH KOLOM
LANTAI 1-4

1:250

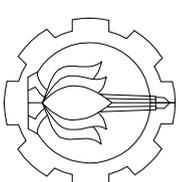


01 DENAH KOLOM LANTAI 1-4

SKALA

1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
STR	5	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

K2 : KOLOM HSS 500x500x25

REVISI

NO	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

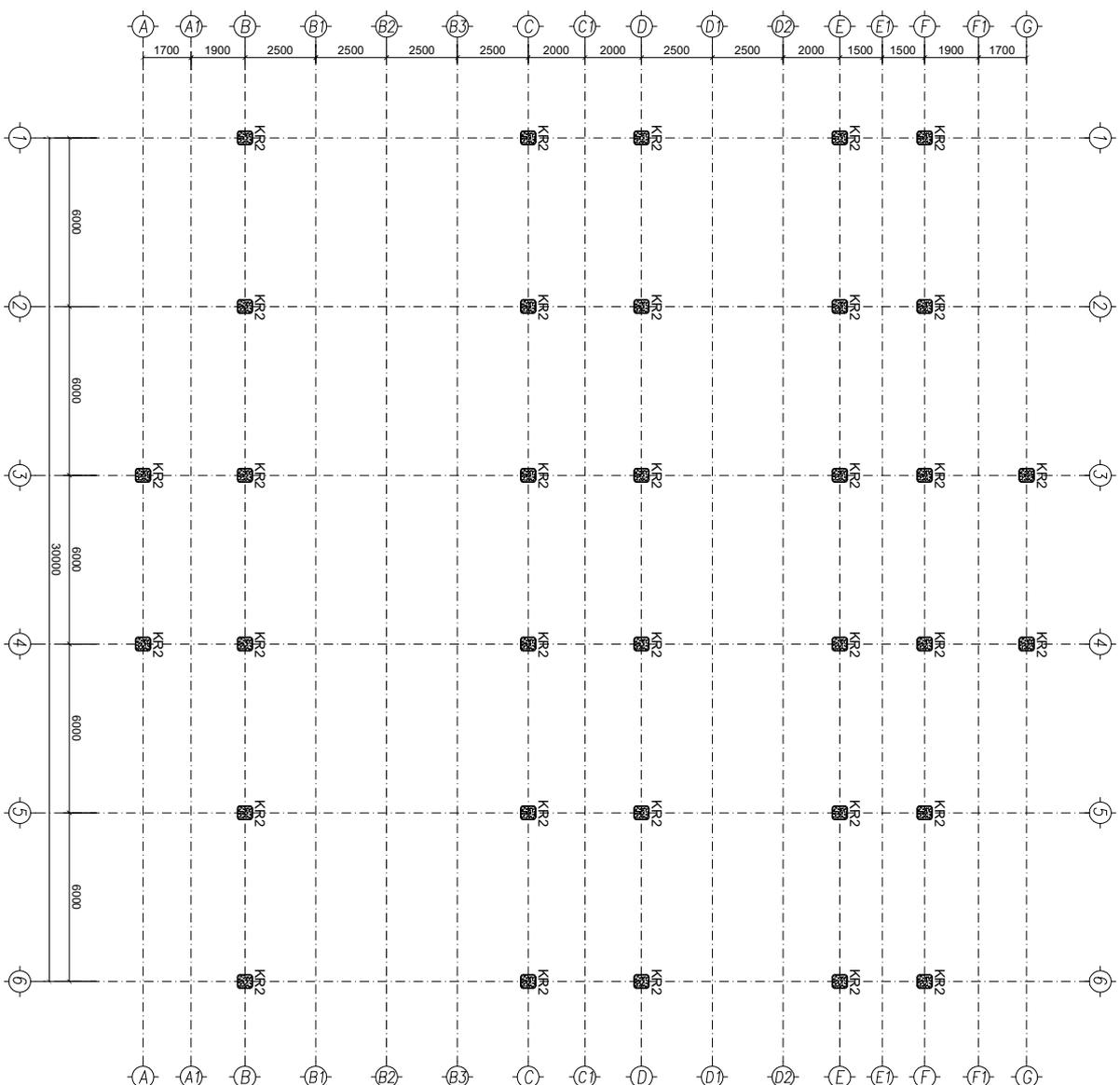
NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
03111645000047

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH KOLOM
LANTAI 5-7

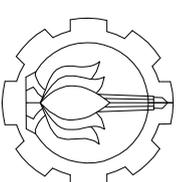
1:250



01 DENAH KOLOM LANTAI 5-7
SKALA

1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
STR	6	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

K3 : KOLOM HSS 400x400x25

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATTATUHD NUHMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
 03111645000047

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH KOLOM
 LANTAI 8-13

SKALA
 1:250

KODE GAMBAR

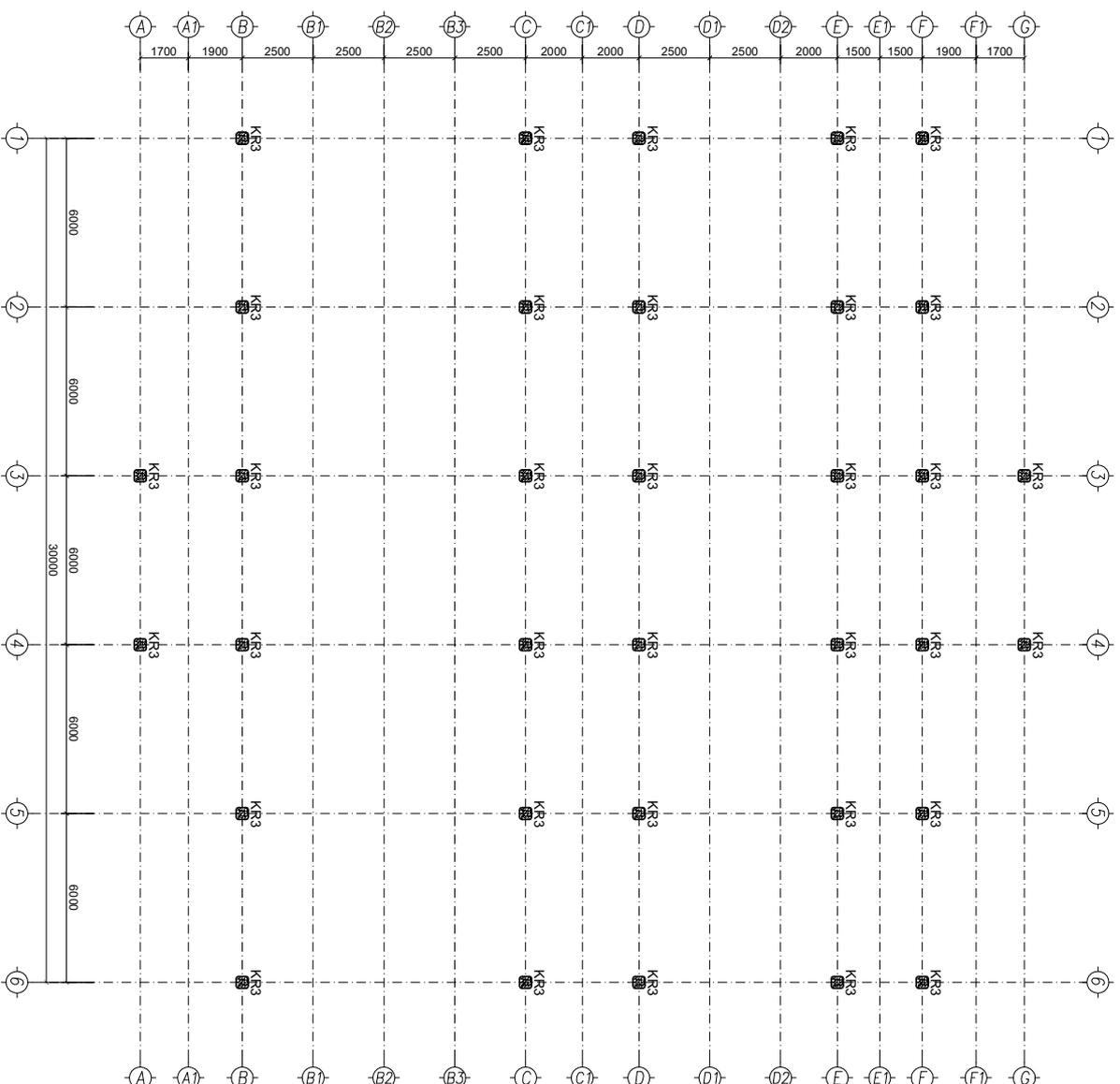
NO. LEMBR

JML LEMBAR

STR

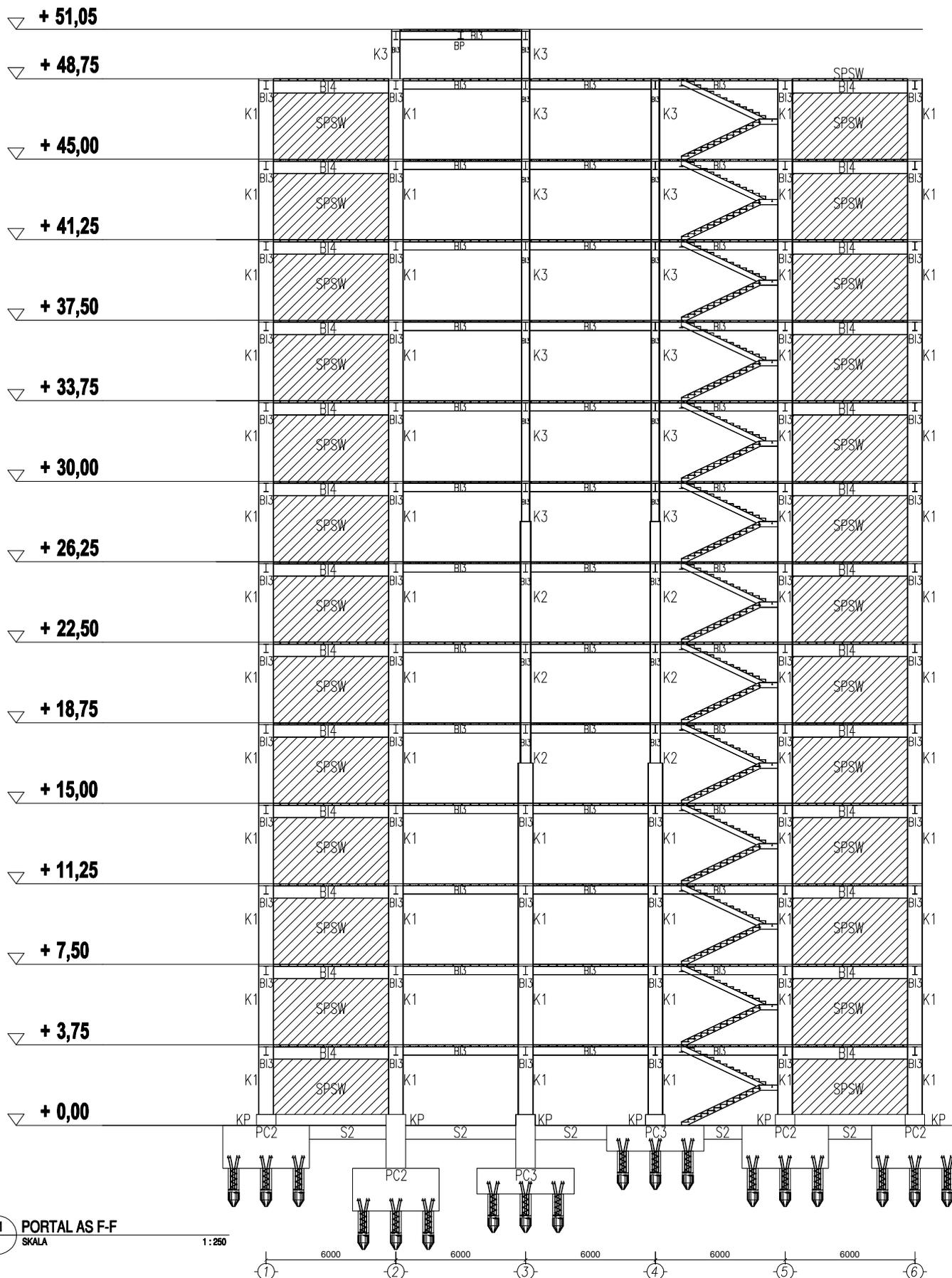
7

31

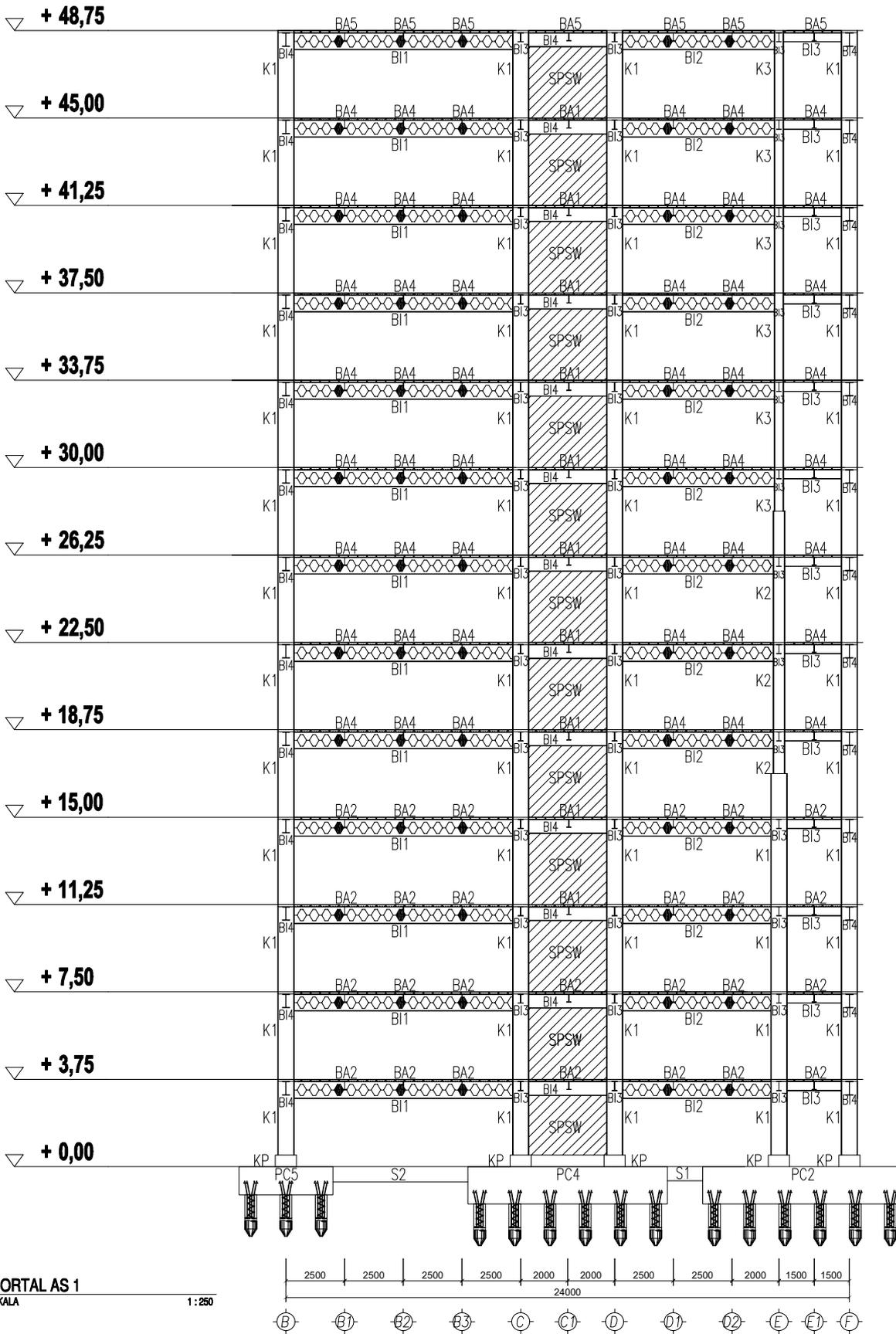


01 DENAH KOLOM LANTAI 8-13
 SKALA

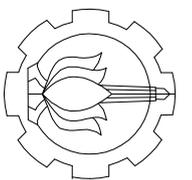
1:250



KODE GAMBAR		NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
STR		12	31
<p>MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AT-TAUJID MUHAMMADIYAH SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL CAST/ILLATED</p>			
<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p>			
<p>FUNGSI BANGUNAN</p>			
<p>FASILITAS PENDIDIKAN</p>			
<p>DOSEN KONSULTASI Ir. Happy Kristijanto, M.S. NIP. 196103111987011001 Data Iraneta, S.T., M.T., Ph.D. NIP. 198004302005011002</p>			
<p>NAMA MAHASISWA Tri Atnojo Pamungkas 0311164500047</p>			
NAMA GAMBAR		SKALA	
PORTAL AS F-F		1:250	
<p>KETERANGAN</p> <p>BP : BPT LIFT WF 350x290x8x12 B3 : B1 WF 400x200x13x7 B4 : BBE WF 600x300x13x20 SPSW : PELAT BALU 5 mm K1 : KOLOM HSS 700x700x5 K2 : KOLOM HSS 500x500x5 K3 : KOLOM HSS 400x400x5 KP : KOLOM PEBESTAL 800x800x50 S2 : SLOOF 450x650 PC2 : FILE CAP 4000x8500 PC3 : FILE CAP 4000x4500</p>			
<p>REVISI</p>			
<p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</p>			



01 PORTAL AS 1
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

- BA1 : B1C 720x300x1118 SPSW : FELAT PAU 9 mm
- BA2 : B1C 720x210x1119 KP : KOLOM PEDESTAL 300x400
- BA3 : B1F 400x200x1117 S1 : SLOOF 400x800
- BA4 : HBE WF 600x300x12x20 S2 : SLOOF 150x850
- BA5 : BA KORIDOR WF 300x750x9 P2 : 4000x8000
- BA6 : BA KANTOR WF 300x750x9 P2 : 4000x8000
- BA7 : BA KELAS WF 300x150x6,5 P4 : 4000x8000
- BA8 : BA KELAS WF 300x150x6,5 P5 : 4000x4000
- K1 : KOLOM HSS 700x700x25
- K2 : KOLOM HSS 500x500x25
- K3 : KOLOM HSS 400x400x25

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TURIP MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEYAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Irenaeta, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

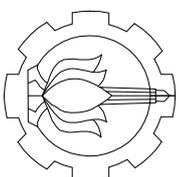
NAMA GAMBAR

PORTAL AS 1-1

SKALA

1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
STR	13	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Dita Iranata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198004302005011002

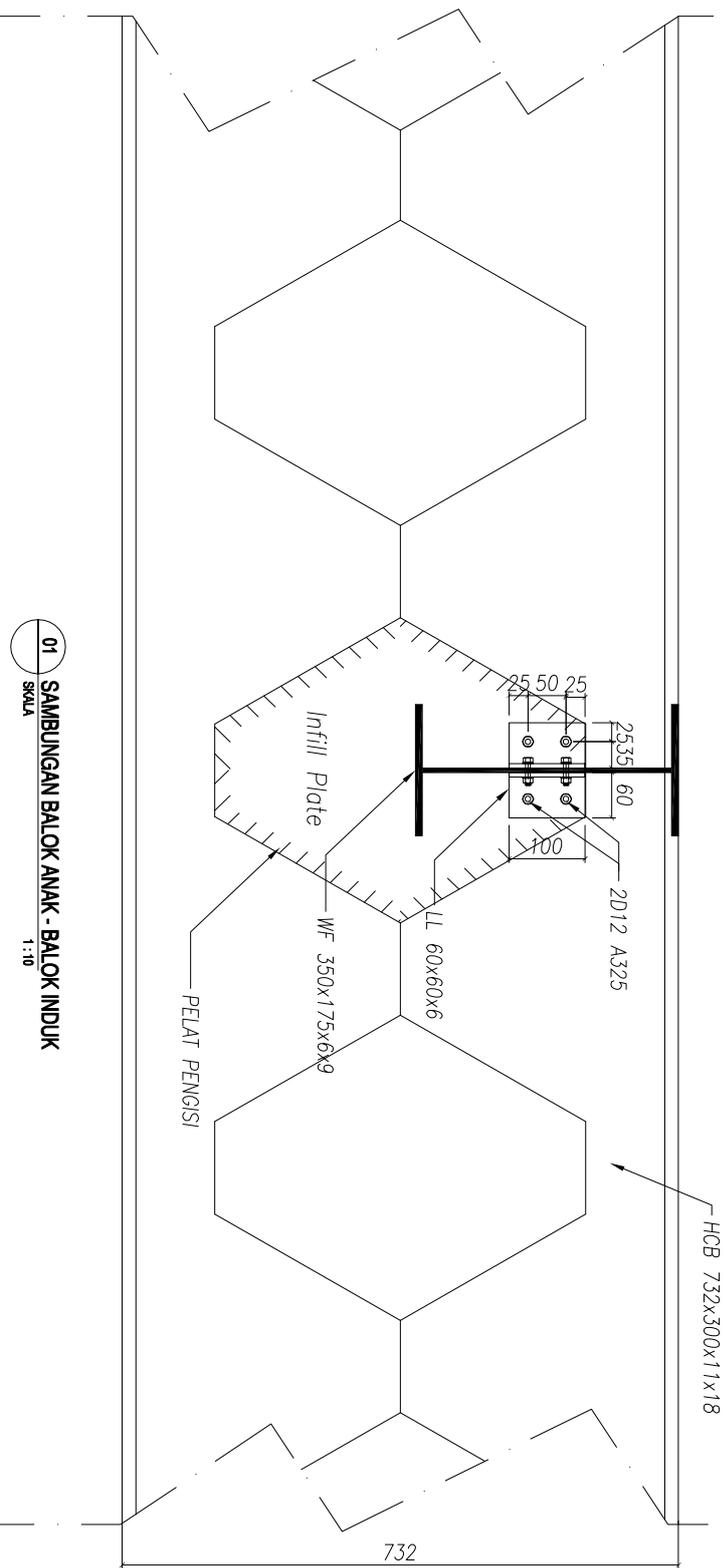
NAMA MAHASISWA

Tti Atmojo Pamungkas
0311164500047

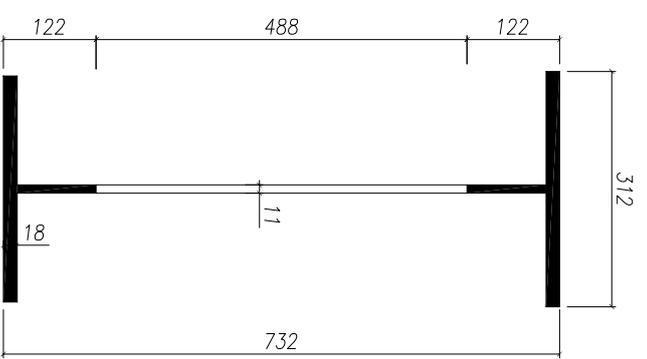
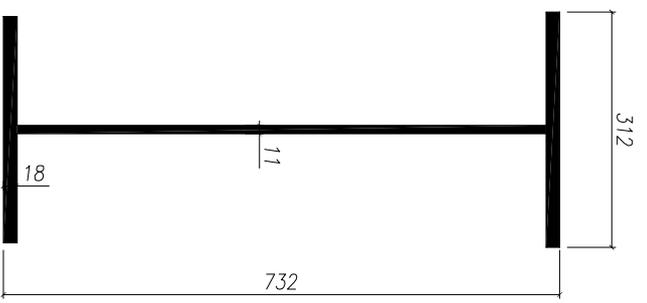
NAMA GAMBAR SKALA

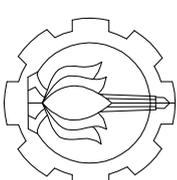
SAMBUNGAN BALOK ANAK-INDUK 1:10

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	14	31



01 SAMBUNGAN BALOK ANAK - BALOK INDUK
SKALA 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATTALUHD MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
 0311164500047

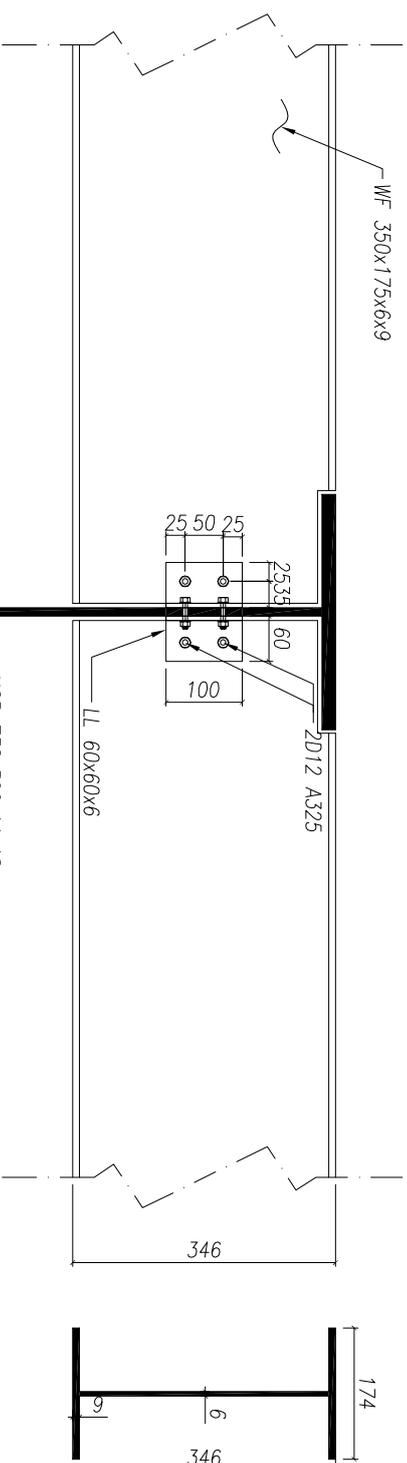
NAMA GAMBAR SKALA

SAMBUNGAN BALOK ANAK-BALOK 1:10

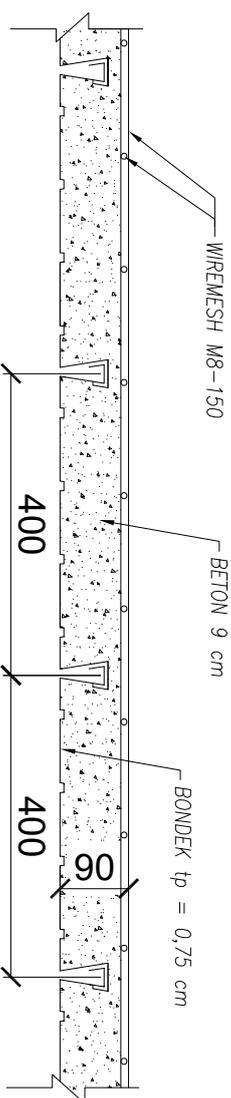
DETAIL PELAT BONDEK 1:10

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

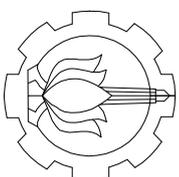
ST 15 31



01 SAMBUNGAN BALOK ANAK - BALOK INDUK
 SKALA 1:10



02 DETAIL PELAT BONDEK
 SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Dala Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

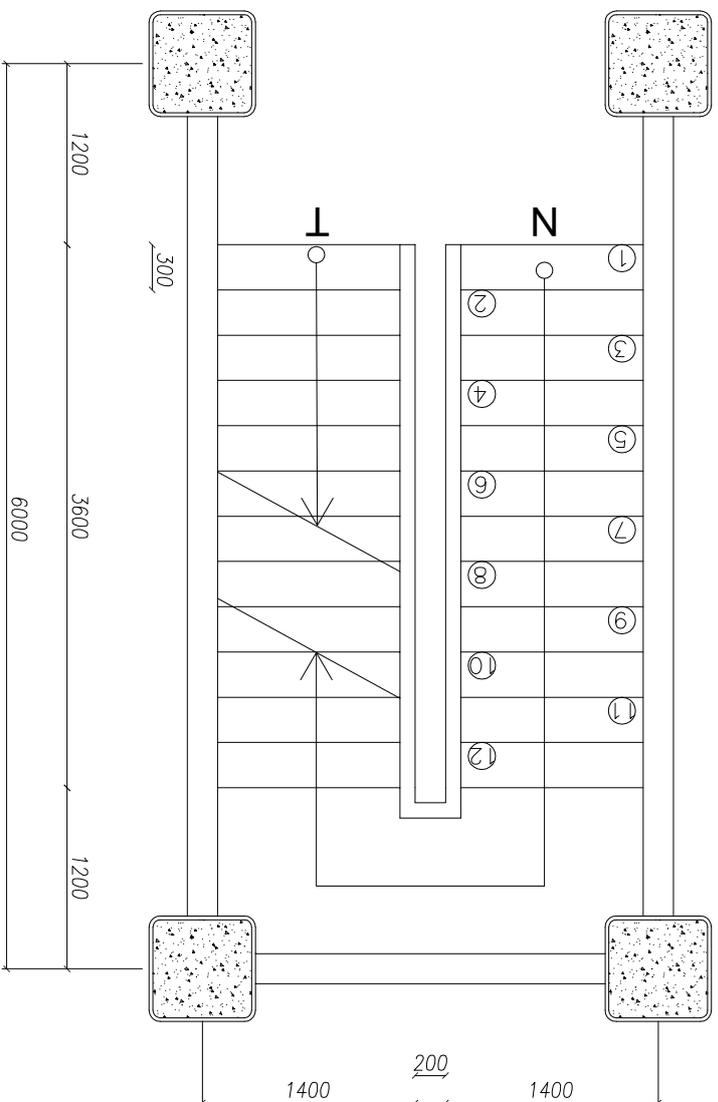
NAMA MAHASISWA

Tti Atmojo Pamungkas
 03111645000047

NAMA GAMBAR SKALA

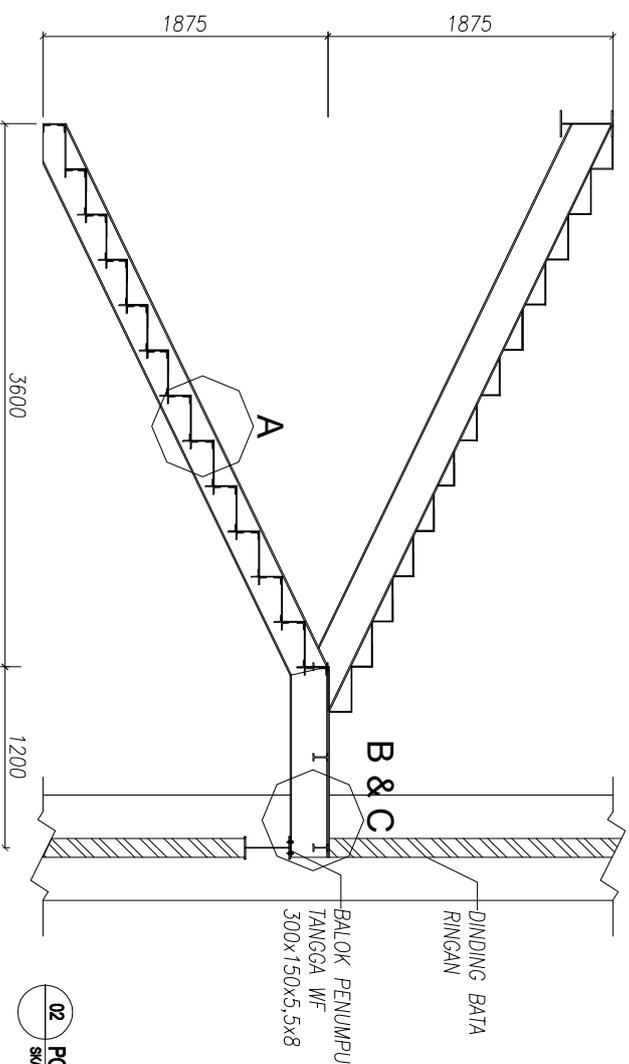
DENAH TANGGA 1:50
 POTONGAN TANGGA 1:50

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
STR	16	31



01 DENAH TANGGA
 SKALA

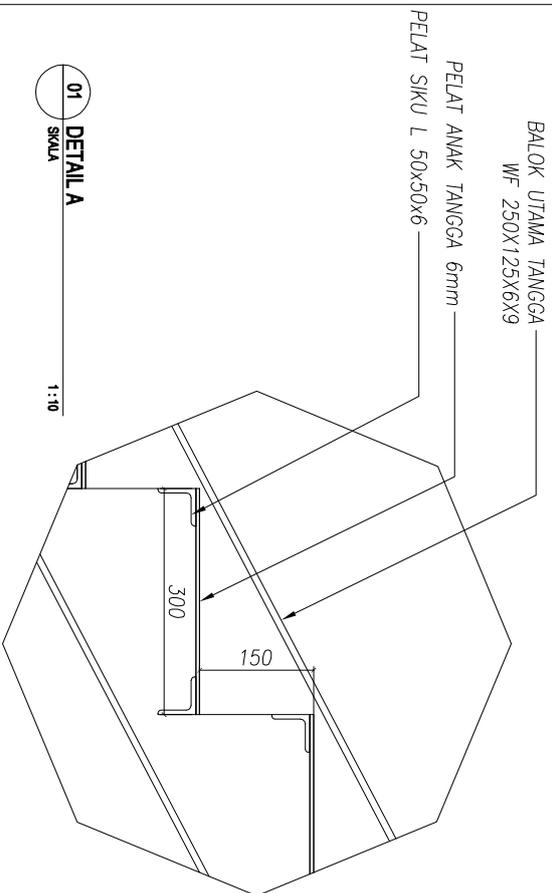
1:50



02 POTONGAN TANGGA
 SKALA

1:50

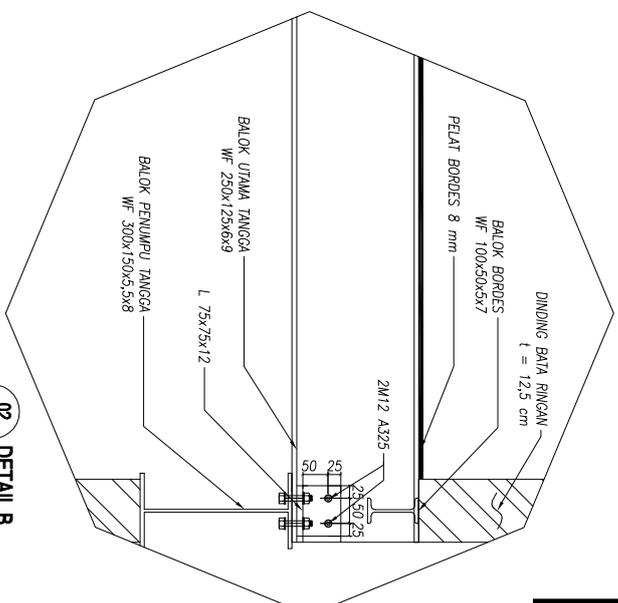
A



01 DETAIL A
SKALA

1:10

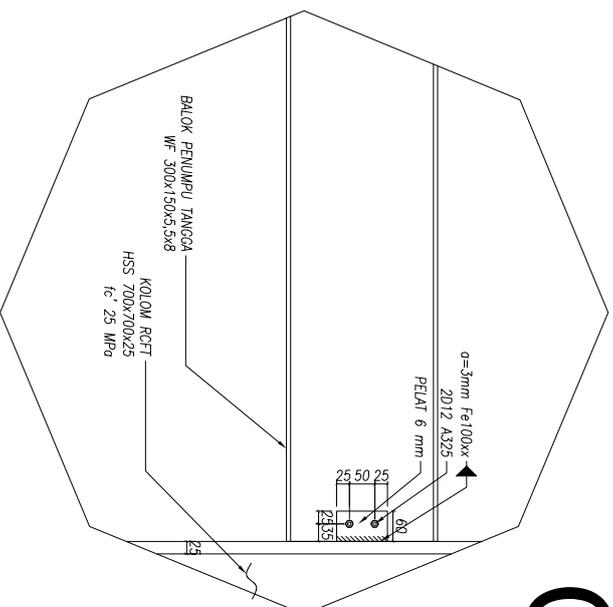
B



02 DETAIL B
SKALA

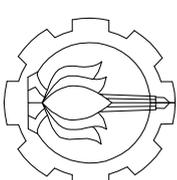
1:15

C



03 DETAIL C
SKALA

1:15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATTALUHID MUHAMMADYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PHD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

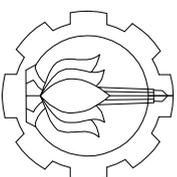
Tri Atmojo Pamungkas
03111645000047

NAMA GAMBAR SKALA

DETAIL A 1:10
DETAIL B 1:15
DETAIL C 1:15

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

STR 17 31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

- B1 : BHC 732x300x11x18 SPSW : PELAT BALOK 6mm
- B2 : BHC 759x210x11x19
- B3 : BWF 409x200x11x17
- B4 : HBE WF 600x300x12x20
- BAG : BA ATAP WVF 300x150x5,5x8

REVISI

NO	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATT-TAUHID MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Imanata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

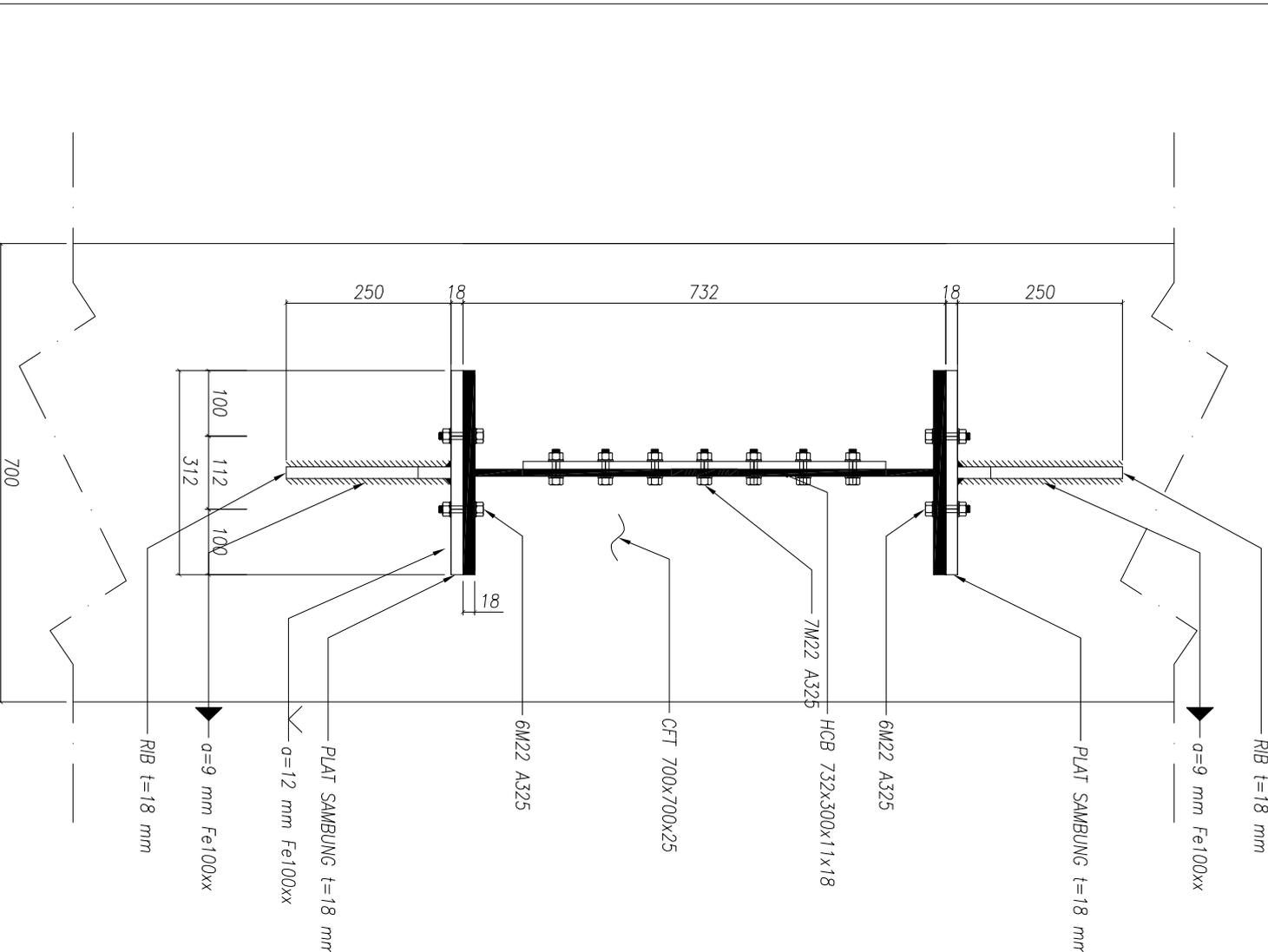
Tri Atmojo Pamungkas
 03111645000047

NAMA GAMBAR

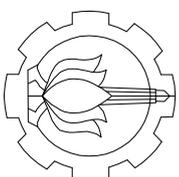
SAMBUNGAN BALOK INDIK -
 KOLOM

SKALA
 1:10

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
STR	19	31



01 SAMBUNGAN BALOK INDIK - KOLOM
 SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATT-TURID MUHAMMADYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

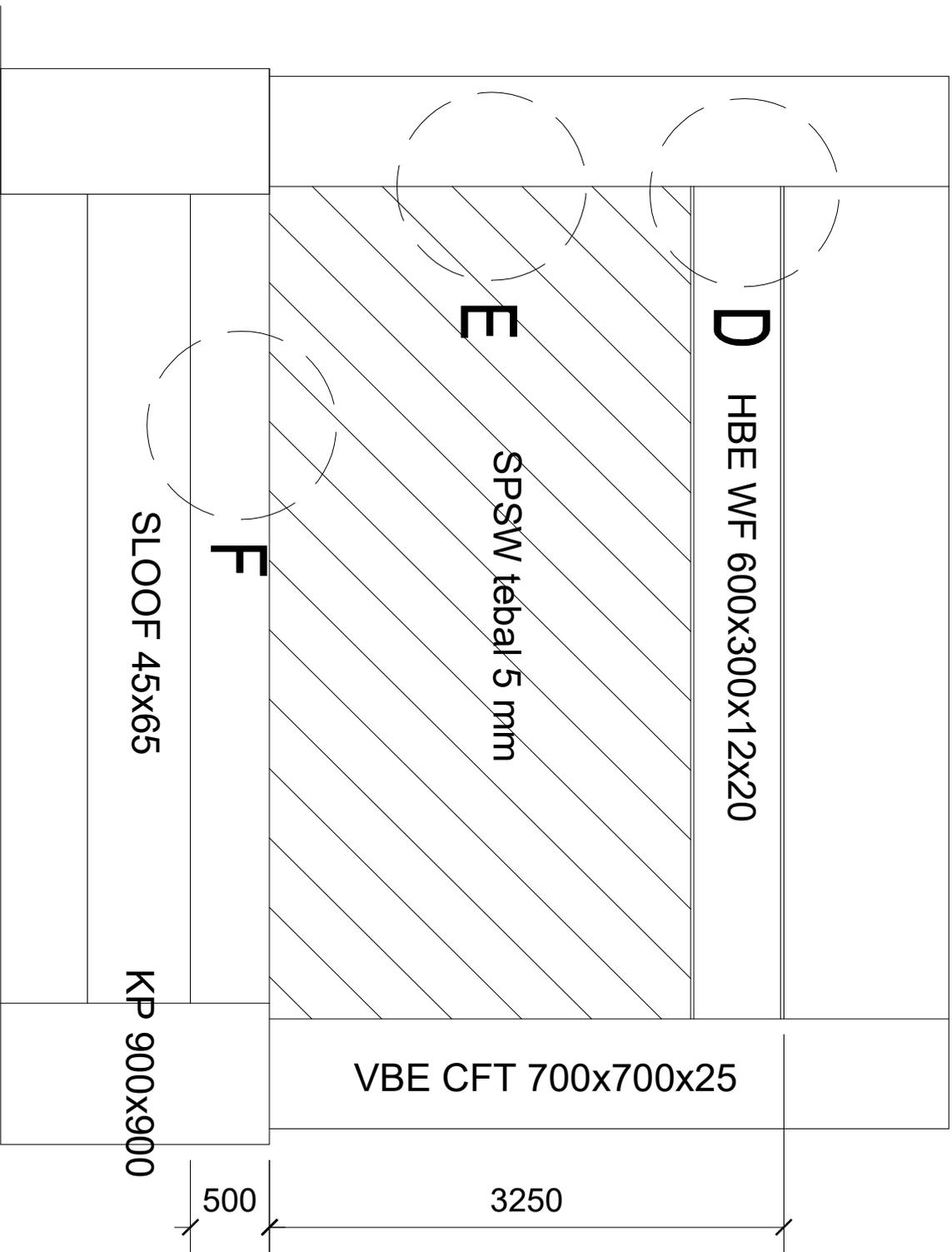
NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

SPSW 1:40

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
ST	20	31



D HBE WF 600X300X12X20

E SPSW tebal 5 mm

F

SLOOF 45X65

KP 900X900

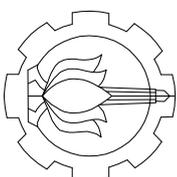
VBE CFT 700x700x25

3250

500

01 SPSW
SKALA

1:40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATTATUHD NUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

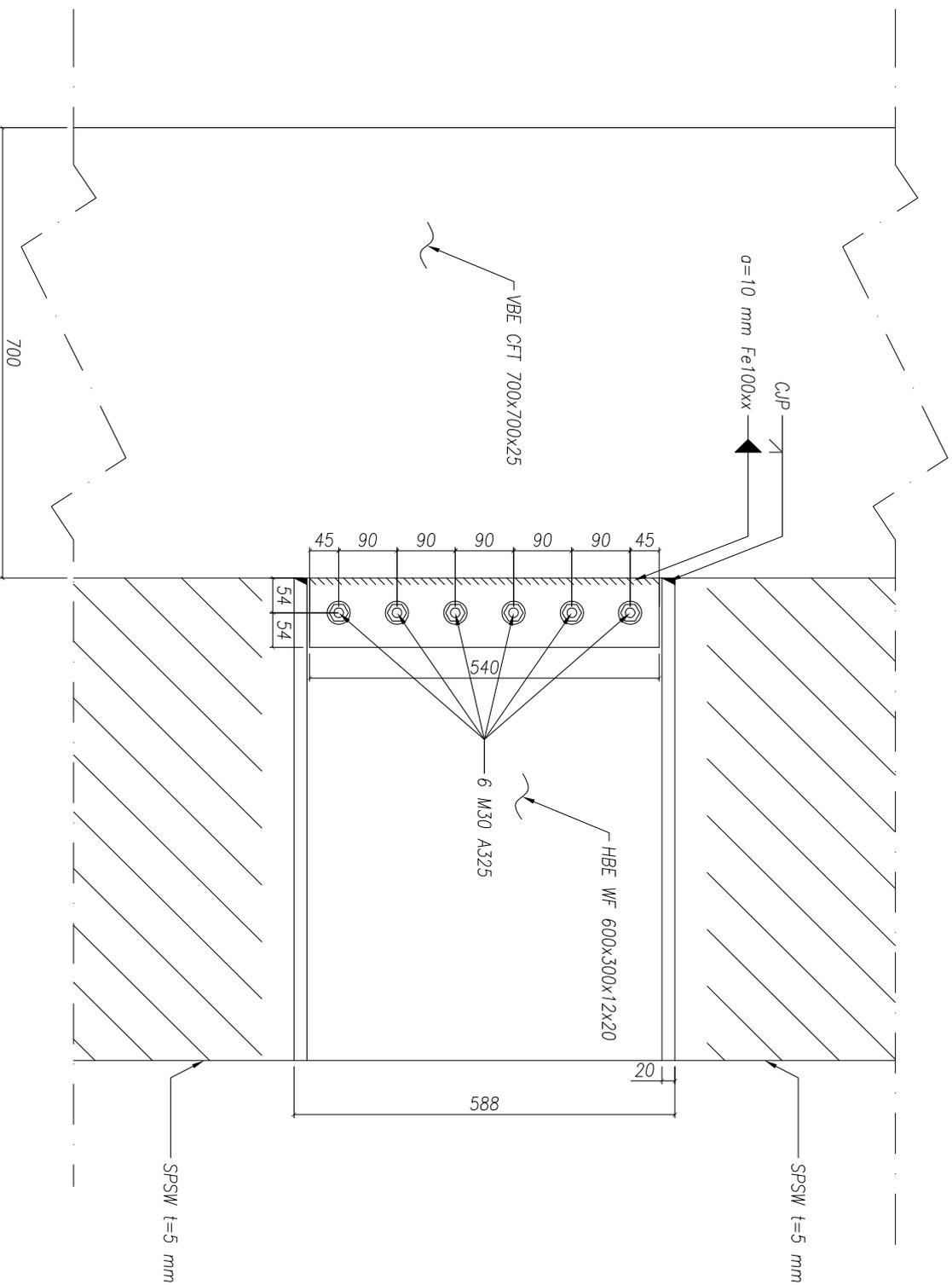
NAMA MAHASISWA

Tti Atmojo Pamungkas
 0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

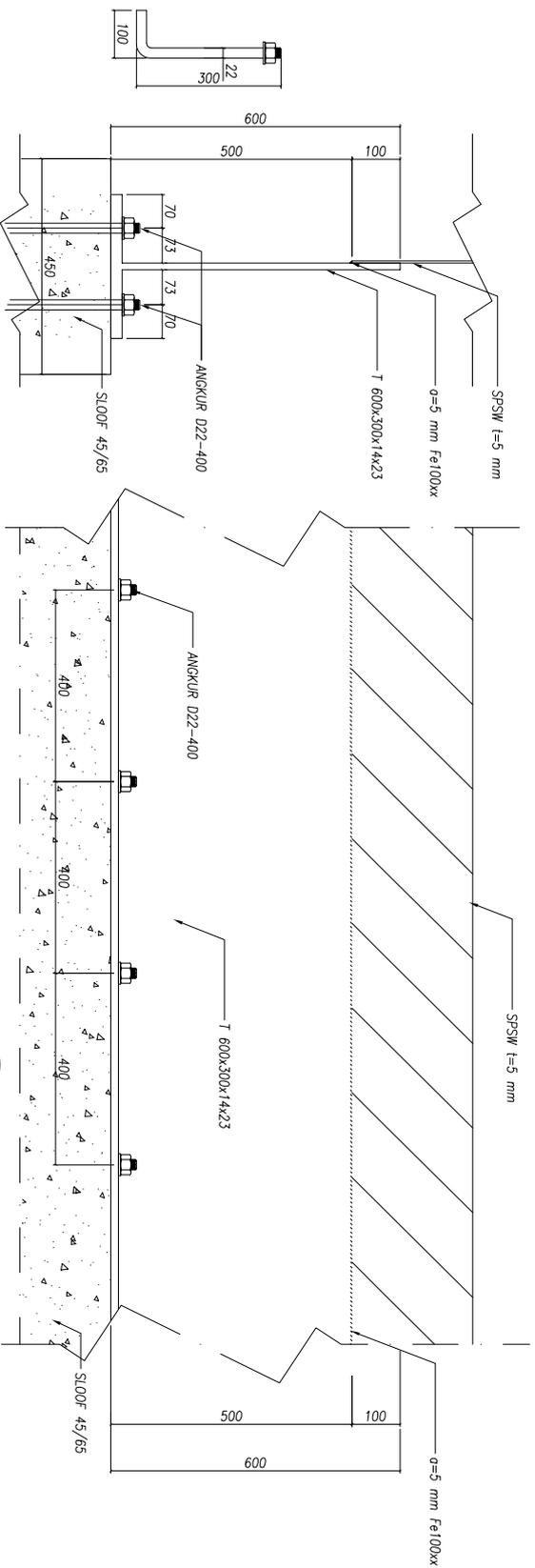
DETAIL D 1:10

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	21	31

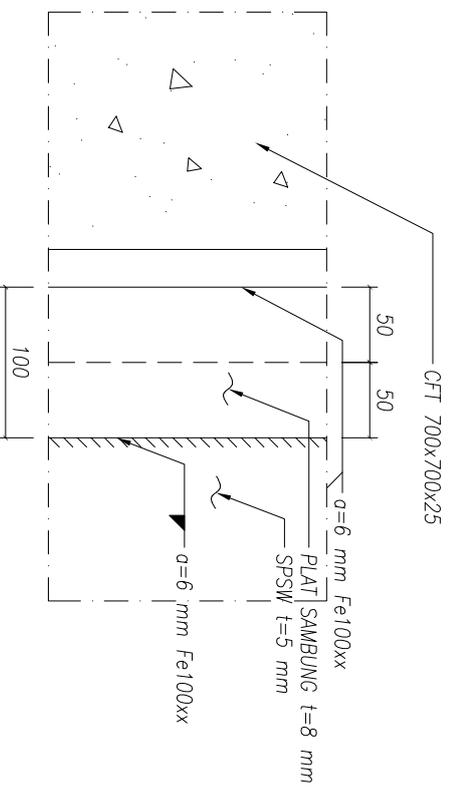


01 DETAIL D
 SKALA

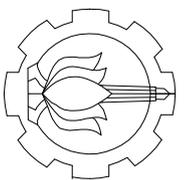
1:10



01 DETAIL F
SKALA 1:40



02 DETAIL E
SKALA 1:5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATTALUID MURHAMADYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

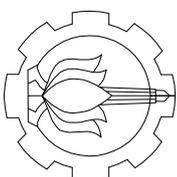
Tti Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR

SKALA

DETAIL E	1:5
DETAIL F	1:15

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	23	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATTALUID MUHAMMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

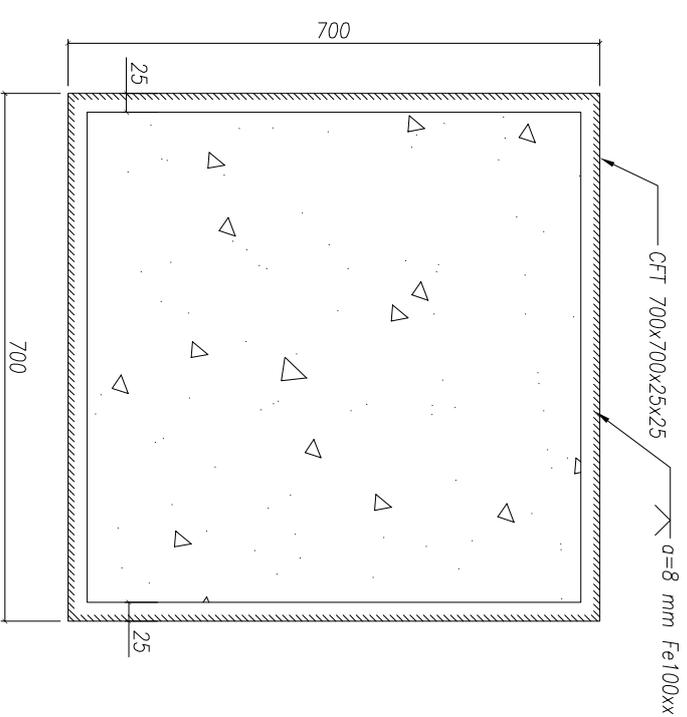
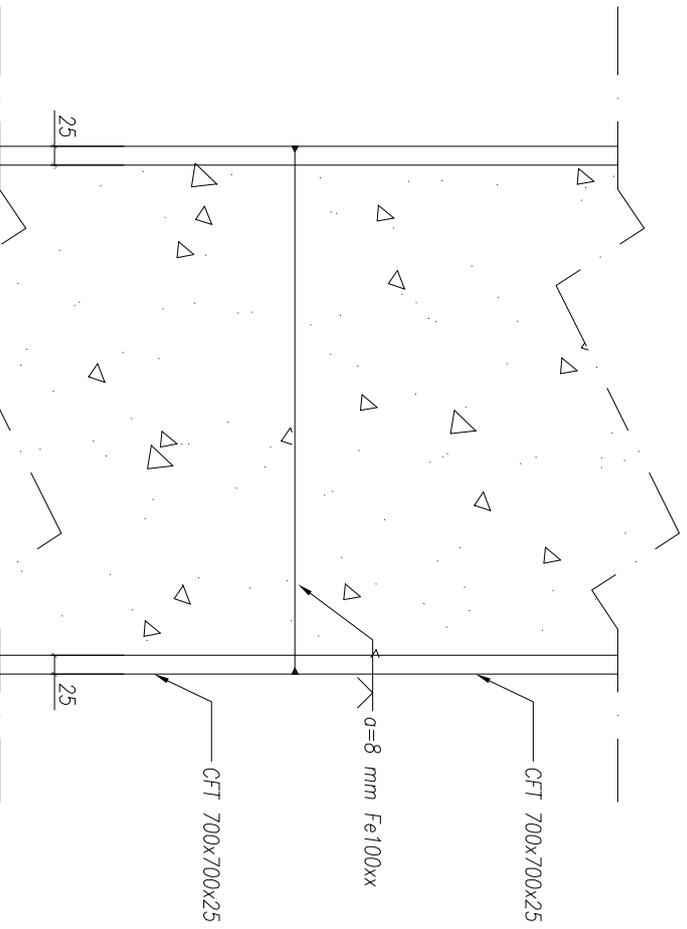
NAMA MAHASISWA

Tri Atmojo Pamungkas
 0311164500047

SKALA

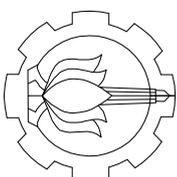
SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM

1:10



01 SAMBUNGAN KOLOM - KOLOM
 SKALA 1:10

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	24	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG ATT-TURID NUHHAMADYAH
 SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Happy Kristijanto, M.S.
 NIP. 196103111987011001
 Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
 NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Atmoro Pamungkas
 03111645000047

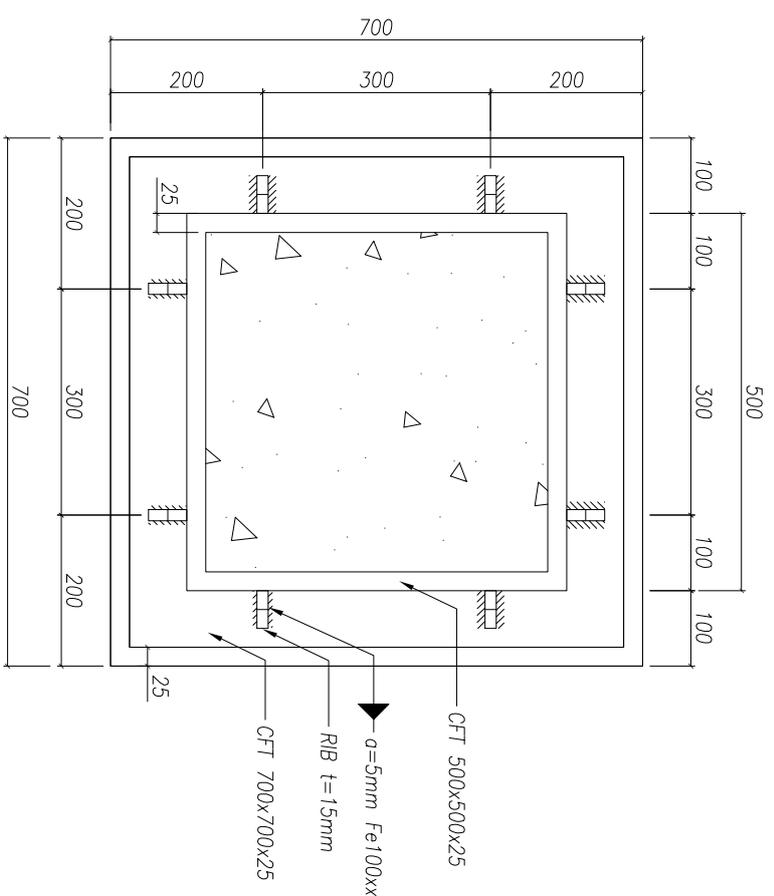
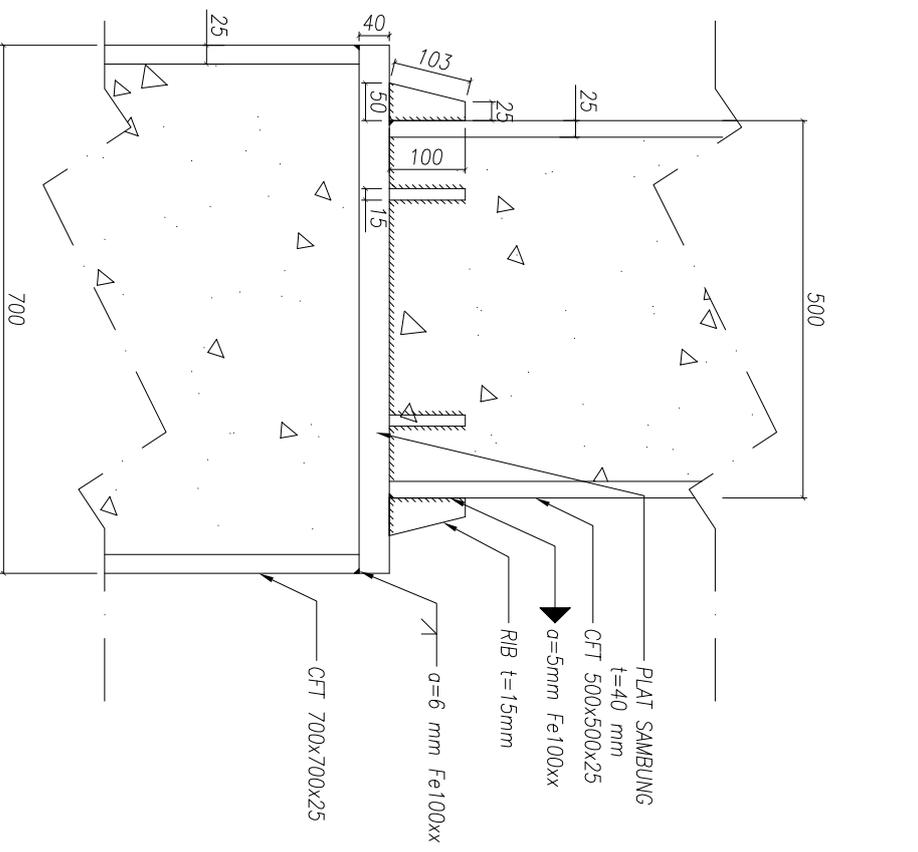
NAMA GAMBAR SKALA

SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
 BEDA DIMENSI

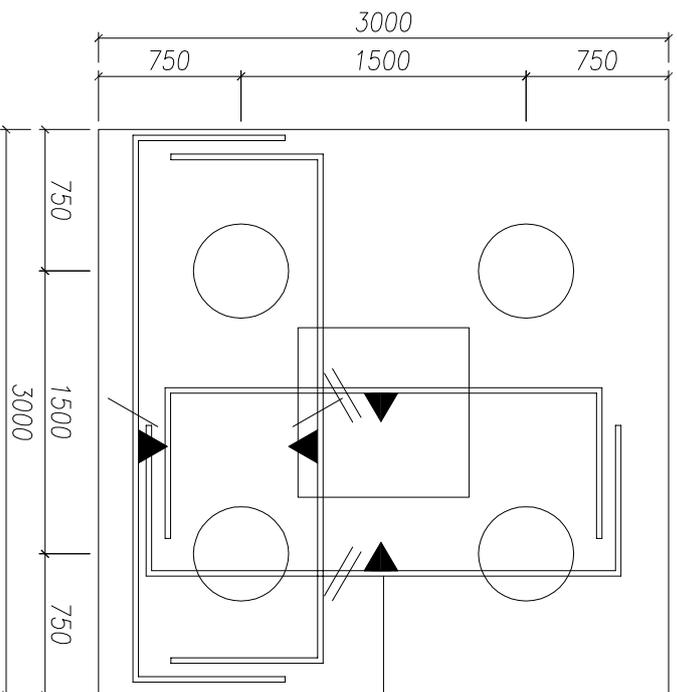
1:10

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

ST 25 31



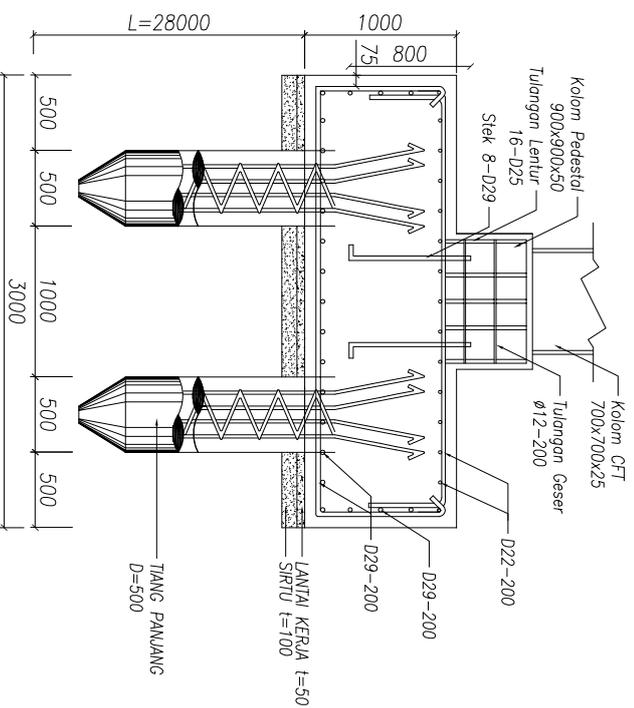
01 SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM BEDA DIMENSI
 SKALA 1:10



PC1

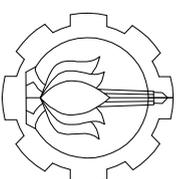
01 DENAH PILE CAP TPE I
SKALA

1:40



02 DETAIL PILE CAP TPE I
SKALA

1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

PC1 : PILE CAP 300 x 300

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATTALUHID MUHAMMADRYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

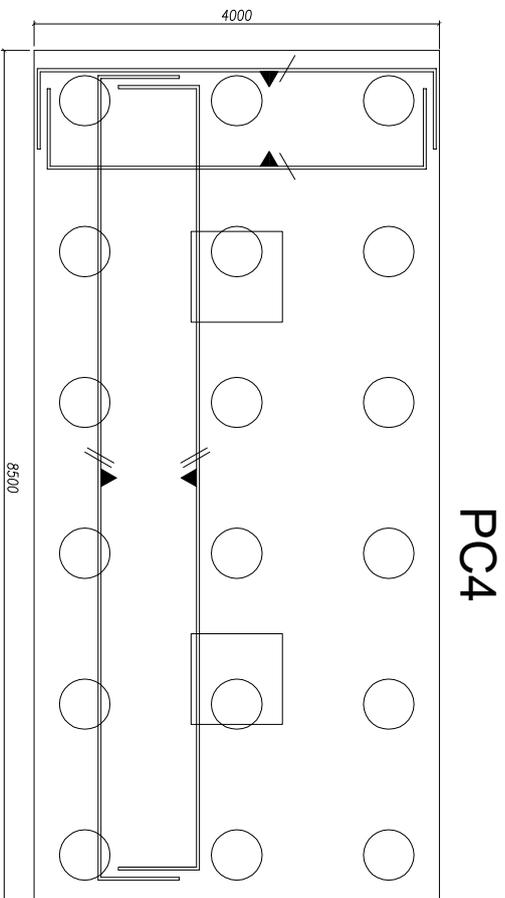
Tri Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH PILE CAP TPE I 1:40

DETAIL PILE CAP TPE I 1:50

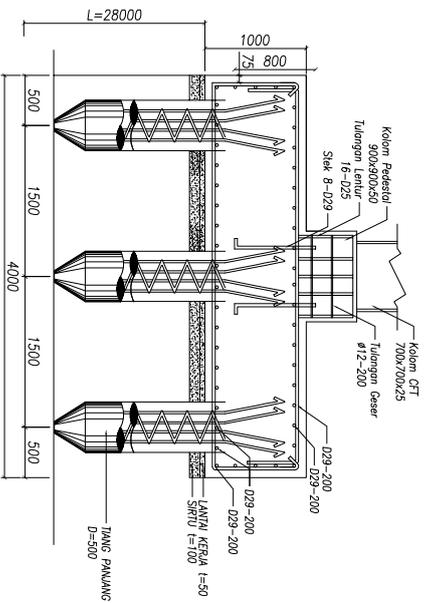
KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	27	31



PC4

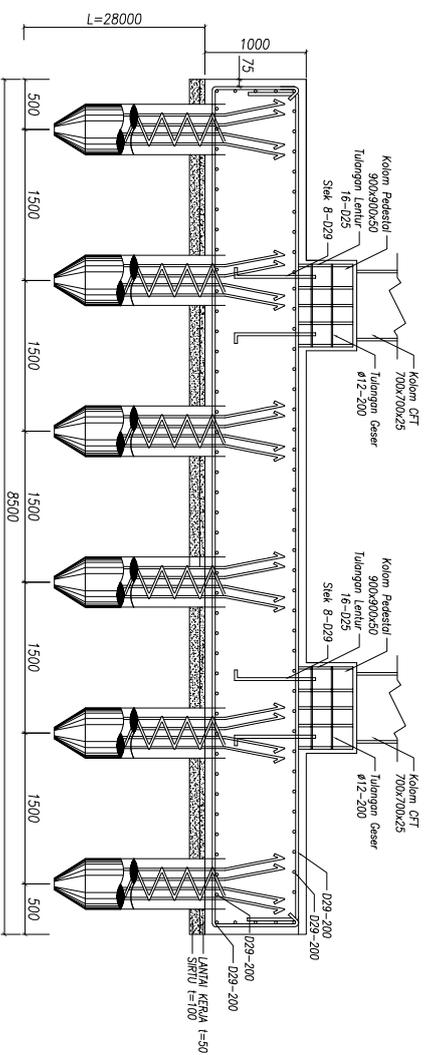
01 DENAH PILE CAP TYPE IV
SKALA

1:75



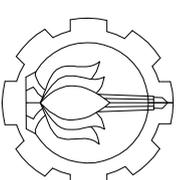
02 POTONGAN 1-1
SKALA

1:75



02 POTONGAN 2-2
SKALA

1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

PC4 : PILE CAP 400 x 850

REVISI

NO	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG AT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

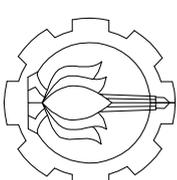
Ir. Happy Kristianto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Titi Almotjo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH PILE CAP TYPE 4	1:75
POTONGAN 1-1	1:75
POTONGAN 2-2	1:75

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	28	31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

KP : KOLOM PEDESTAL 900x900

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATTALUHD MUHAMMADYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Ti Atmojo Pamungkas
0311164500047

NAMA GAMBAR SKALA

DETAIL KP1 1:20

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

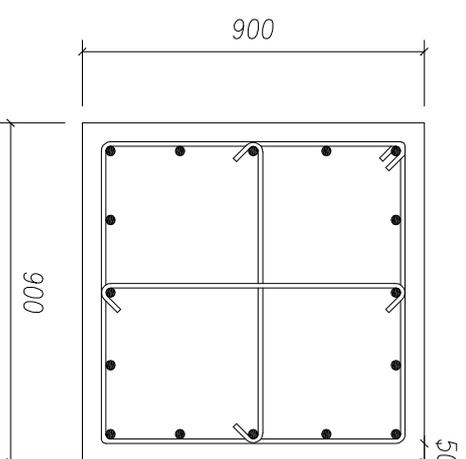
ST 30 31

TYPE KOLOM

KETERANGAN

KP1

PEDESTAL
TINGGI 0,5M



UKURAN KOLOM

900x900

TULANGAN LENTUR

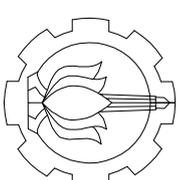
16 D25

SENGKANG

D12-200

01
SKALA
DETAIL KP1

1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

S1 : SLOOF 45x65

S2 : SLOOF 40x60

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG ATT-TAUHID MUHAMMADIYAH
SURABAYA MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

FASILITAS PENDIDIKAN

DOSEN KONSULTASI

Ir. Heppy Kristijanto, M.S.
NIP. 196103111987011001
Data Iranata, S.T.,M.T.,PhD.
NIP. 198004302005011002

NAMA MAHASISWA

Tri Almojo Pamungkas
03111645000047

NAMA GAMBAR

SKALA

DETAIL S1 1:20

DETAIL S2 1:20

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

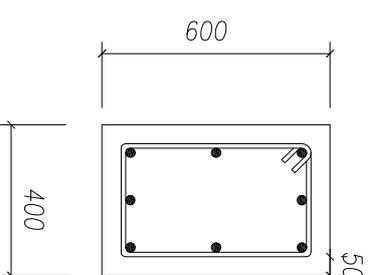
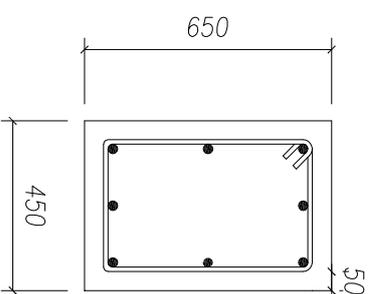
ST 31 31

TYPE SLOOF

KETERANGAN

S1

S2



UKURAN BALOK

450/650

400/600

TULANGAN LENTUR

8 D22

8 D22

SENGKANG

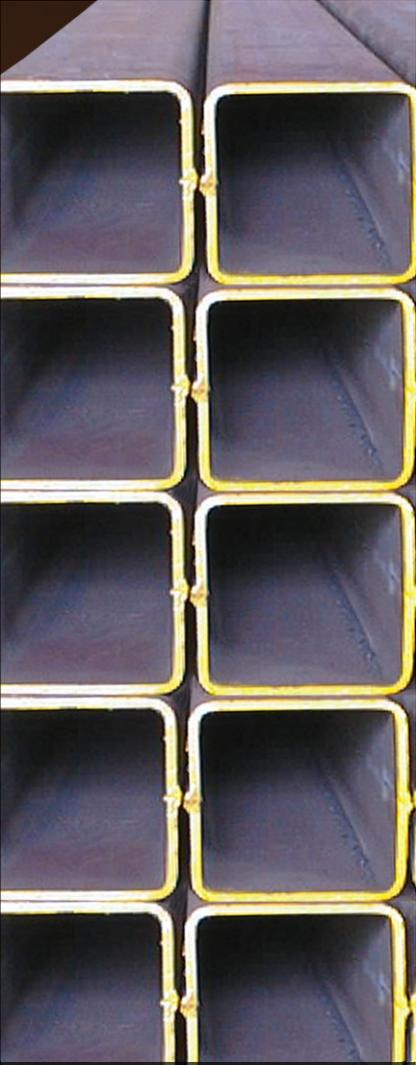
D12-300

D12-300

01 DETAIL S1 DAN S2

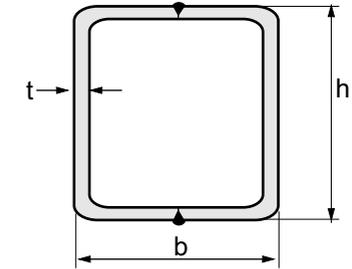
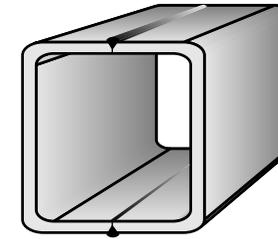
SKALA

1:20



METRIC SIZE

DIMENSION	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION	
					$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$	
H	B				cm^4	cm^3	cm	
mm	mm	mm	kg/m	cm^2				
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20



CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

NOTE :

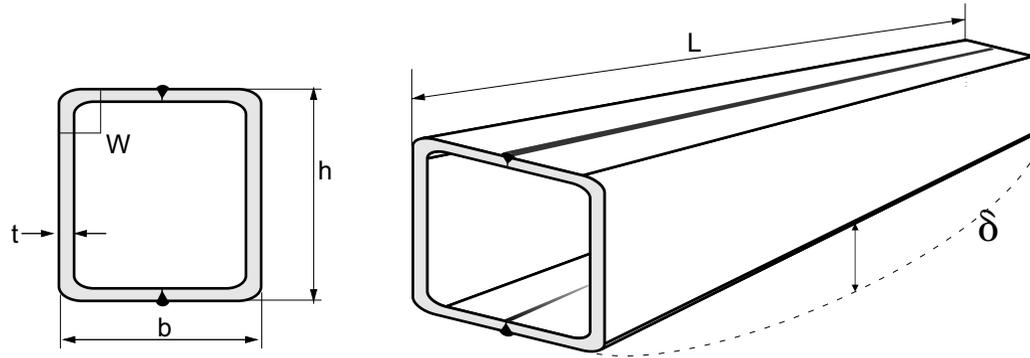
- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

continue.....>>

HEAD OFFICE & FACTORY
Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,
Sukadanau, Cikarang Barat,
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA
Forming Department
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158
Fax : (62-21) 898 38 298
e-mail : pji01@grdsteel.com
pji02@grdsteel.com



SHAPED AND TOLERANCE

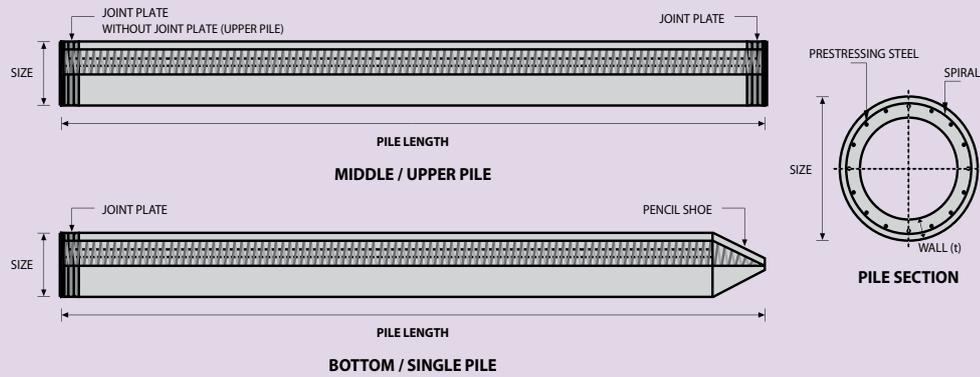


DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Depletion (δ)	1/1000 length max
Squareness (W)	± 20
Twisting	± 4 mm
Thickness	JIS G 3193

Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96)

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



PROJECT : Ged. Kampus Univ. Muhammadiyah, 13 Lantai.

DATE OF TESTING : 15 to 19 February 2014

GROUND WATER LEVEL : - 0.20 m

LOCATION : Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya.

DEPTH OF BORING : 46.5 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	e _o	Sr	
		C	10	20	30	40	TYPE	C	φ	0	20	40					60
0	Fill material (sand and gravel, brown, contain crushed brick)																
1																	
2	Clay and silt, brown, inorganic, trace to little of sand, very soft consistency.																
3																	
4	Clay and silt, grey, inorganic, some fine sand, soft consistency.																
5																	
6																	
7	Clay and silt, grey, inorganic, little to some fine sand, contain crushed shells at some depth, very soft to stiff consistency.																
8																	
9																	
10																	
11	Silt and fine sand, yellowish brown, contain gravel at some depths, contain crushed shells at some depth, medium dense																
12																	
13																	
14	Fine sand, brown, trace of gravel.																
15																	
16	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.																
17																	
18	Fine sand, brown.																
19																	
20	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff to hard consistency.																
21																	
22	Sand, fine to coarse grained, brown, contain crushed shell, medium to dense																
23																	
24																	
25	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace sand, very stiff consistency.																
26																	
27	Fine sand, brown.																
28																	
29																	
30																	
31	Silt and clay, greenish grey, inorganic, trace to little of sand, very stiff to hard consistency.																
32																	
33																	
34																	
35																	
36	Clay and silt, greyish brown, inorganic, little to some fine sand, hard consistency.																
37																	
38																	
39																	
40																	
41	Sand, fine to coarse grained, grey, trace of gravel, contain crushed shell at some depths, dense to very dense.																
42																	
43																	
44																	
45																	
46	End of Boring																
47																	
48																	
49																	
50																	

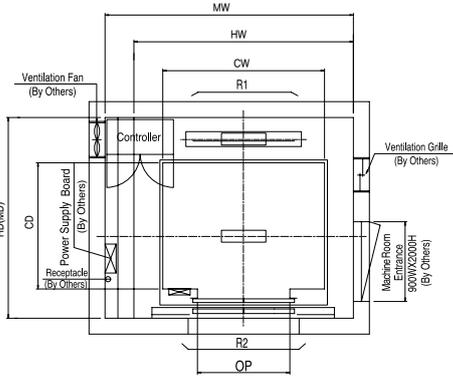
NOTE :

0 to 10 % = Trace	▣ = Undisturbed sample	SPT = Standard penetration test (blows / ft)	○ = Wn = Moisture content, %
10 to 20 % = Little	▤ = SPT	UU = Triaxial, Unconsolidated undrained	● = Wp = Plastic limit, %
20 to 35 % = Some	▥ = Fairly Undisturbed	CU = Triaxial, Consolidated undrained	Δ = Wt = Liquid limit, %
35 to 50 % = And		Vane = Vane shear test	γ = Bulk density, t/m ³
	c = Cohesion Intercept, kg/cm ²	UCT = Unconfined compression strength, kg/cm ²	Gs = Specific gravity
	φ = Internal friction angle, deg	QT = Direct shear, quick test.	e _o = Void ratio
			Sr = Saturation, %

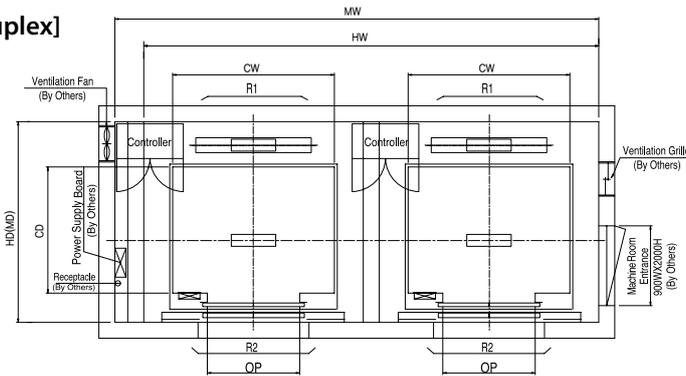
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

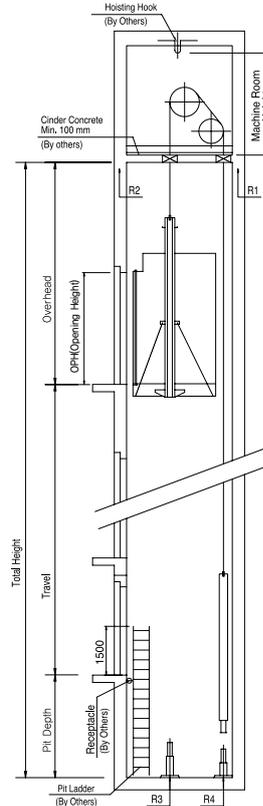
[Simplex]



[Duplex]



I Hoistway Section



I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)
Standard / EN	1	450~1000	Travel≤100	4200	1400	2300	3000
		1350	Travel≤100	4300			4500
		1150/1600	Travel≤80	4300			4500
	1.5	450~1000	Travel≤100	4400	1450	2300	3000
		1350	Travel≤100	4400			4500
		1150/1600	Travel≤80	4400			4500
	1.75	450~1000	Travel≤100	4500	1600	2300	3000
		1350	Travel≤100	4500			4500
		1150/1600	Travel≤80	4500			4500
MS2021	1	410~1025	Travel≤100	4200	1400	2300	3000
		1365	Travel≤100	4300			4500
		1160/1365	Travel≤80	4300			4500
	1.5	410~1025	Travel≤100	4400	1450	2300	3000
		1365	Travel≤100	4400			4500
		1160/1365	Travel≤80	4400			4500
	1.75	410~1025	Travel≤100	4500	1600	2300	3000
		1365	Travel≤100	4500			4500
		1160/1365	Travel≤80	4500			4500
Standard / EN	2	800~1600	Travel≤130	5100	1900	2300	4500
	2.5			5300			

Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450		10200	7000	10950	8700
2150			1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450		10200	7000	10950	8700
2150			1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700

Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
	Person	Load(kg)		CW	CD	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
						HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300



Form AK/TA-04
rev01

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



NAMA PEMBIMBING	: Data Iranata, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Tri Atmaja Pamungkas
NRP	: 031164500047
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Desain Struktur Gedung At-Taahid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castellated
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 025585

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	06/01/2018	Struktur Sekunder (pelat, balok anak, tangga dan lift)	Analisa Struktur	
2.	25/01/2018	Analisa Struktur dan struktur primer	Revisi analisa struktur	
3.	03/05/2018	Struktur Primer (Balok Hexagonal Castellated dan Kolom CFT)	Revisi dimensi balok, Struktur primer (SPSW)	
4.	25/05/2018	Struktur Primer Balok, SPSW dan sambungan	Struktur Pondasi	
5.	21/06/2018	Perhitungan Tipe Pondasi pada laporan ditambah, gambar direvisi	Rvisi perhitungan dan gambar	



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. Heppy Kristijanto, MS.
NAMA MAHASISWA	: Tri Atmojo Pamungkas
NRP	: 03111645-0000 47
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Desain Struktur Gedung At-Taahid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castellated
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 025585

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	26/2018 102	Plat bondek menggunakan tulangan biasa	Plat bondek menggunakan wiremesh	
2.	19/2018 103	Struktur sekunder (pelat bondek dan balok anak)	Struktur sekunder (tangga dan balok lift)	
3.	02/2018 104	Struktur sekunder (tangga dan lift)	Analisa Struktur	
4.	20/2018 104	Kontrol Desain Analisa Struktur	Struktur primer	
5.	03/2018 105	Struktur Primer (Balok Hexagonal Castellated dan Kolom CFI)	Revisi dimensi balok, Struktur primer (SPSW)	
6.	25/2018 105	Struktur Primer Balok, SPSW dan sambungan	Revisi sambungan	
7.	06/2018 106	Sambungan	Struktur Pondasi	
8.	08/2018 106	Struktur Pondasi	Revisi Pondasi, gambar hasil perencanaan	

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Rabu** tanggal **18 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000047	Tri Atmojo Pamungkas	Modifikasi Desain Struktur Gedung At-Tauhid Muhammadiyah Surabaya Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castellated

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 :

Hal 172 perhitungan sambungan dicek lagi terutama tebal pelatnya.

Hal 190 Sambungan kolom dengan kolom, perhitungan Las diperbaiki

Hal 231 Perhitungan perulangan pener pakai g buhan

Gambar 1 digambar sloof bersama pile capnya.

Gambar 21 Sambungan balok ke kolom menggunakan baut dan las. gambar diperbaiki

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD	
Ir. Isdarmanu, MSc	

Surabaya, 18 Juli 2018
 Dosen Pembimbing I
 (Ketua)


Ir. Heppy Kristijanto, MS

Dosen Pembimbing 2
 (Sekretaris)


Data Iranata, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing 3
 (Sekretaris)

BIODATA PENULIS



Tri Atmojo Pamungkas, dilahirkan di Kediri, 26 Maret 1995, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Madrasah Ibtida'iyah (MI) Al-Irsyad Al-Islammiyah Kediri tahun 2007, Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTsN) 2 Kediri tahun 2010, SMA Negeri 2 Kediri tahun 2013, D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2016. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam beberapa kegiatan diantaranya menjadi Bendahara OSIS SMAN 2 Kediri 2011/2012, menjadi Wakil Ketua Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil ITS (HMDS ITS) 2014/2015, dan di beberapa kegiatan lainnya. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2016, penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Departemen Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP - ITS tahun 2016, terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 03111645000047. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via line : atmojopamungkas atau via email : atmojopamungkas40@gmail.com