



TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA
DENGAN MENGGUNAKAN *HEXAGONAL
CASTELLATED BEAM* DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE
(RCFT) PADA GEDUNG *LIFE SYLE HOTEL*
SURABAYA**

IWAN ADI ROLIONO

NRP. 03111645000030

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

NIP. 1959021331987011001

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik, Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA
DENGAN MENGGUNAKAN *HEXAGONAL
CASTELLATED BEAM* DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE
(RCFT) PADA GEDUNG *LIFE SYLE HOTEL*
SURABAYA**

IWAN ADI ROLIONO

NRP. 03111645000030

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

NIP. 1959021331987011001

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik, Lingkungan dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR

***DESIGN MODIFICATION OF STEEL BUILDING
STRUCTURE USING HEXAGONAL CASTELLATED
BEAM AND RECTANGULAR COLUMN CONCRETE
FILLED STEEL TUBE (RCFT) ON LIFE SYLE HOTEL
SURABAYA***

IWAN ADI ROLIONO

NRP. 03111645000030

Supervisor :

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

NIP. 1959021331987011001

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Faculty Teknik, Lingkungan dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM DAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG LIFE SYLE HOTEL SURABAYA

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 :

Iwan Adi Roliono

NRP. 03111645000030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

NIP. 1959021331987011001



(Pembimbing I)

**SURABAYA
JULI, 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA
DENGAN MENGGUNAKAN *HEXAGONAL
CASTELLATED BEAM* DAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT)* PADA
GEDUNG *LIFE SYLE HOTEL SURABAYA***

Nama Mahasiswa : Iwan Adi Roliono
NRP : 03111645000030
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

ABSTRAK

The Life Style Hotels Surabaya merupakan gedung 14 lantai dengan atap dek beton. The Life Style Hotels merupakan salah satu bangunan yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan baik investasi bagi pemilik dan fasilitas bagi pengunjung. The Life Style Hotels Surabaya berlokasi di Jalan Sumatra no.16 Surabaya dan dibangun dengan sistem struktur beton bertulang.

*Pada perencanaan tugas akhir ini Life Syle Hotel Surabaya direncanakan akan menggunakan material baja untuk balok berupa balok *hexagonal castellated* dan beton komposit untuk kolom berupa kolom *rectangular concrete filled steel tube (RCFT)*. Balok *hexagonal castellated* dipilih, karena dapat dengan lebar profil yang lebih tinggi dari profil asalnya, akan menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. Pertimbangan untuk menggunakan *rectangular concrete filled steel tube (RCFT)* sebagai kolom karena beton yang di isi ke dalam kolom dapat menambah kekuatan dan kekakuan kolom tersebut. Selain itu proses pengerjaan pembangunannya menjadi lebih efisien dengan berkurangnya bekisting untuk beton dan perancah. Sedangkan untuk mengatasi gaya gempa yang cukup besar di Indonesia digunakan Dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall* atau *SPSW*). *Steel Plate**

Shear Wall adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertikal padat, menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya, dan terpasang dalam satu atau lebih plat sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil yaitu: tebal pelat atap, lantai dan lobby 9 cm. Dimensi balok gedung The Life Style Hotels untuk balok induk memanjang bentang 9,75 m menggunakan profil HCB 900.300.14.23, dimensi balok induk memanjang bentang 6,50 m menggunakan profil HCB 600.300.9.14, dimensi balok induk melintang bentang 4,50 m menggunakan profil HCB 450.200.8.12. Dimensi kolom lantai G-5 menggunakan profil RCFT HSS 700.700.22.22, dimensi kolom lantai 6-10 menggunakan profil RCFT HSS 600.600.22.22, dimensi kolom lantai 11- lantai atap menggunakan profil RCFT HSS 500.500.22.22. Dimensi dinding geser pelat baja memiliki ketebalan 6 mm. Serta perencanaan sambungan digunakan baut mutu $f_u^b = 8250$ MPa. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang dengan diameter $\varnothing 50$ cm kedalaman 12 m dan 18 m.

Kata kunci : struktur baja, balok kastela, kolom komposit, dinding geser plat baja

**DESIGN MODIFICATION OF STEEL BUILDING
STRUCTURE USING HEXAGONAL CASTELLATED
BEAM AND RECTANGULAR COLUMN CONCRETE
FILLED STEEL TUBE (RCFT) ON LIFE SYLE HOTEL
SURABAYA**

Student Name : Iwan Adi Roliono
NRP : 03111645000030
Department : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Supervisor : Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

ABSTRACT

The Life Style Hotels Surabaya is a 14 story building with a concrete deck roof. The Life Style Hotels is one of the buildings built to meet the needs of both investment for owners and facilities for visitors. The Life Style Hotels Surabaya is located on Jalan Sumatra no.16 Surabaya and built with a reinforced concrete structure system.

In this final project plan Life Syle Hotel Surabaya is planned to use steel material for beam of castellated hexagonal block and composite concrete for column in the form of rectangular concrete filled steel tube (RCFT) column. The castellated hexagonal block is selected, since it can be of a higher profile width than its original profile, resulting in greater inertia and modulus section moments that are stronger and stiffer when compared to their original profiles. Consideration for using a rectangular concrete filled steel tube (RCFT) as a column because the concrete in the contents into the column can increase the strength and stiffness of the column. In addition, the process of construction work becomes more efficient with reduced formwork for concrete and scaffolding. Meanwhile, to overcome the force of a large earthquake in Indonesia is used steel shear plate wall (Steel Plate Shear Wall or SPSW). Steel Plate Shear Wall is a lateral load-bearing system consisting of a solid vertical

steel plate, connecting adjacent beams and columns, and mounted in one or more plates along the height of the structure forming a supporting wall.

From the analysis and calculation results obtained results are: thick plate of roof, floor and lobby 9 cm. The Life Style Hotels building beam dimension extends to 9.75 m span using HCB 900.300.14.23, 6.50 m long gradient beam dimension using HCB 600.300.9.14 profile, horizontal cross-sectional dimension of 4.50 m using profile HCB 450.200.8.12. The G-5 floor column dimension uses the HSS 700.700.22.22 RCFT profile, the dimensions of the 6-10th floor column using the HSS 600.600.22.22 RCFT profile, the 11-storey roof floor column dimensions using the HSS 500.500.22.22 RCFT profile. Dimensions of steel plate shear walls have a thickness of 6 mm. As well as connection planning used quality fub bolt = 8250 MPa. Planning the foundation using a pile with a diameter Ø50 cm depth of 12 m and 18 m.

Keywords: steel structure, castella beam, composite column, steel plate shear wall

KATA PENGANTAR

Pertama-tama saya ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir dengan judul “*Desain Modifikasi Struktur Gedung Baja Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam Dan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) Pada Gedung Life Syle Hotel Surabaya*”.

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

1. Orang tua yang telah memberi dukungan, baik secara moril dan materiil yang tak terhingga sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Ir. Djoko Irawan, M.S. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir terapan yang tidak mampu disampaikan satu per satu saya ucapkan terima kasih.

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

Demikian yang dapat disampaikan, terimakasih.

Surabaya, Juli 2018

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Profil Baja <i>Hexagonal Castellated</i>	5
2.2.1 Keuntungan <i>Hexagonal Castellated Beam</i>	6
2.2.2 Kekurangan Profil <i>Hexagonal Castellated Beam</i>	6
2.2.3 Proses Fabrikasi Profil <i>Hexagonal Castellated</i>	7
2.2.4 Kegagalan Profil <i>Castellated</i>	9
2.3 Kolom Komposit.....	11
2.3.1 Keuntungan dan Kekurangan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube	12
2.3.2 Kriteria untuk Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan.....	13
2.4 Sambungan.....	14
2.4.1 Klasifikasi Sambungan	14
2.4.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan	15
2.5 Steel Plate Shear Wall.....	17
2.5.1 Desain Steel Plate Shear Wall.....	17
2.5.2 Model Steel Plate Shear Wall	18
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Bagan Alir Metodologi	23
3.2 Metode Penyelesaian.....	25

3.2.1 Pengumpulan Data	25
3.2.2 Studi Literatur	25
3.2.3 Preliminary Design.....	26
3.2.4 Pembebanan Struktur	26
3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur.....	32
3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja (<i>Steel Plate Shear Wall</i>)	43
3.2.7 Perencanaan Sambungan.....	44
3.2.8 Perencanaan Pondasi	45
3.2.9 Penggambaran Hasil Perhitungan	51
BAB IV ANALISA STRUKTUR	53
4.1. Perencanaan Struktur Sekunder	53
4.1.1. Perencanaa Plat Lantai Gedung.....	53
4.1.2. Perencanaan Balok Anak Castella.....	58
4.1.3. Perencanaan Tangga.....	72
4.1.4. Perencanaan Balok Lift	89
4.2. Permodelan Struktur.....	99
4.2.1. Pembebanan Struktur Utama.....	100
4.2.2. Permodelan Struktur Utama	108
4.2.3. Kontrol Desain	115
4.3. Perencanaan Struktur Primer.....	125
4.3.1. Balok Induk	125
4.3.2. Kolom.....	135
4.3.4. Dinding Geser Pelat Baja (<i>SPSW</i>).....	147
4.3.5. Kontrol <i>Strong Column Weak Beam</i>	159
4.4. Sambungan	161
4.4.1. Sambungan Balok Anak – Balok Induk	161
4.4.2. Sambungan Balok Tangga – Balok penumpu (Bordes) .	163
4.4.3. Sambungan Balok penumpu – Kolom.....	166
4.4.4. Sambungan Balok Induk – Kolom	168
4.4.5. Sambungan Kolom – Kolom.....	178
4.4.6. Sambungan Dinding Geser Plat Baja (<i>SPSW</i>).....	184
4.4.7. Sambungan Balok (<i>HBE</i>) – Kolom (<i>VBE</i>) pada Dinding Geser Plat Baja (<i>SPSW</i>).....	185
4.4.8. Sambungan Dinding Geser (<i>SPSW</i>) – Balok Beton	192

4.4.9. Sambungan Kolom - <i>Base Plate</i>	193
4.5. Bangunan Bawah	198
4.5.1. Data Tanah	199
4.5.2. Daya Dukung Tanah	199
4.5.3. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	202
4.5.4. Perencanaan Balok dan Sloof.....	224
4.5.5. Perencanaan Kolom Pedistal.....	238
4.5.6. Perencanaan Dinding Basement.....	244
4.5.7. Perencanaan Pelat Lantai Basement.....	252
BAB V PENUTUP	257
5.1. Kesimpulan	257
5.2. Saran	258
DAFTAR PUSTAKA.....	259

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geometri Hexagonal Castellated	6
Gambar 2.2 Pembuatan Profil Hexagonal Castellated	7
Gambar 2.3 Beam ends left ragged, $U = T$	8
Gambar 2.4 Beam ends left ragged, $U > T$	8
Gambar 2.5 Beam ends finished, $U = T$	9
Gambar 2.6 Beam ends finished with infill plates, $U > T$	9
Gambar 2.7 Plastic Collapse in region of high shear (Altifillisch 1957)	10
Gambar 2.8 Rupture of Weilded Joint (Husain dan Speirs 1971)	11
Gambar 2.9 Penampang Kolom Komposit	11
Gambar 2.10 Penampang kolom CFT	12
Gambar 2. 11 Sambungan Pada Baja Wide Flange	15
Gambar 2.12 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT)	15
Gambar 2.13 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Hwang dan Lee,1999)	16
Gambar 2.14 Dinding Geser Plat Baja (SPSW)	17
Gambar 2.15 Equivalent Story Brace Model (Thorburn et al, 1983)	18
Gambar 2.16 Strip Model (Driver et al, 1998)	20
Gambar 2.17 Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Geser Plat Baja	22
Gambar 2.18 Pola Dinding Geser Plat Baja	22
Gambar 3. 1 Spektrum Respons Desain	31
Gambar 3. 2 Geometri Castellated Beam	32
Gambar 3. 3 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban kolom	49
Gambar 3. 4 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat tiang pancang	50
Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap	53
Gambar 4. 2 Tabel Perencanaan Praktis dari Brosur Bondex	54
Gambar 4. 3 Penulangan Pelat Atap	56

Gambar 4. 4 Balok Anak Casstella.....	58
Gambar 4. 5 Tabel Perencanaan Praktis dari Brosur Bondex.....	75
Gambar 4. 6 Detail Plat Tangga	76
Gambar 4. 7 Denah Tangga	77
Gambar 4. 8 Sketsa pembebanan pada balok utama tangga	78
Gambar 4. 9 Hasil analisa lendutan Balok utama tangga	84
Gambar 4. 10 Deflections Balok utama tangga	84
Gambar 4. 11 Sketsa pembebanan Balok Penumpu Tangga (Balok Bordes).....	85
Gambar 4. 12 Tabel spesifikasi lift untuk kecepatan 1 m/s.....	89
Gambar 4. 13 Detail Lift Merk Sigma Iris NV.....	90
Gambar 4. 14 Sketsa letak balok penggantung.....	91
Gambar 4. 15 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	93
Gambar 4. 16 Sketsa Balok Penumpu	96
Gambar 4. 17 Denah Struktur Gedung Lantai Dasar.....	99
Gambar 4. 18 Denah Struktur Gedung Lantai 1 - 13.....	99
Gambar 4. 19 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya.....	107
Gambar 4. 20 Permodelan Gedung Lift Style Hotel Surabaya..	108
Gambar 4. 21 Data Material Baja BJ-37, BJ-41, dan Beton K-300	109
Gambar 4. 22 Secction Properties untuk Balok HCB.....	110
Gambar 4. 23 Secction Properties untuk Kolom RCFT	110
Gambar 4. 24 Penggambaran Kolom RCFT dan Data Material	111
Gambar 4. 25 Secction Properties untuk SPSW	111
Gambar 4. 26 Kotak Dialog Assign Automatic Area Mesh	112
Gambar 4. 27 Kotak Dialog Assign Automatic Area Mesh untuk lantai dasar	113
Gambar 4. 28 Input Mass Source	114
Gambar 4. 29 Input beban gempa respon spektrum	114
Gambar 4. 30 Pembebanan gempa dinamis arah X.....	115
Gambar 4. 31 Pembebanan gempa dinamis arah Y	115
Gambar 4. 32 Detail Balok Castellated	126
Gambar 4. 33 Output SAP2000 bentang 4,5m frame 2120.....	132
Gambar 4. 34 Output SAP2000 bentang 6,5m frame 585.....	132

Gambar 4. 35 Diagram pada penampang kompak	139
Gambar 4. 36 Steel Plate Shear Wall	147
Gambar 4. 37 Sambungan Balok Anak – Balok Induk	161
Gambar 4. 38 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	164
Gambar 4. 39 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	166
Gambar 4. 40 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	169
Gambar 4. 41 Letak Sambung Las pada Sambungan Balok- Kolom	177
Gambar 4. 42 Sambungan Kolom dengan Kolom.....	179
Gambar 4. 43 Sambungan Dinding Geser dengan Kolom	184
Gambar 4. 44 Sambungan HBE dan VBE pada Dinding Geser	185
Gambar 4. 45 Sambungan Balok HBE dengan Balok.....	192
Gambar 4. 46 Sambungan Kolom dengan Base Plate	194
Gambar 4. 47 Permodelan pilecap P1	207
Gambar 4. 48 Penulangan Pilecap tipe P1.....	211
Gambar 4. 49 Geometri grup tiang pancang dalam pilecap P3.	213
Gambar 4. 50 Permodelan untuk pilecap P3	219
Gambar 4. 51 Penulangan Pilecap tipe P3.....	223
Gambar 4.52 Penulangan Balok Daerah Tumpuan dan Lapangan	237
Gambar 4. 53 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn.....	240
Gambar 4. 54 Penulangan Kolom Pedestal	243
Gambar 4. 55 Diagram tegangan untuk Q statis dan Q surcharge	245
Gambar 4. 56 Output SAP2000 Dinding Basement Arah X dan Y	246
Gambar 4. 57 Output PCA Col pada Dinding Basement	251
Gambar 4. 58 Penulangan Dinding Basement.....	252
Gambar 4. 59 Penulangan Pelat Basement.....	256

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori Risiko I, II, dan III Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.....	28
Tabel 3.2 Kategori Risiko IV Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (Lanjutan)	29
Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	29
Tabel 3.4 Koefisien Situs, F_a	30
Tabel 3.5 Koefisien Situs, F_v	30
Tabel 3.6 Intensitas gaya geser dinding tiang	46
Tabel 4. 1 Rekap Perhitungan Pembebanan Plat.....	56
Tabel 4. 2 Perhitungan Tebal dan Tulangan Plat	58
Tabel 4. 3 Perencanaan Profil Balok Anak Lantai 1- 12	59
Tabel 4. 4 Profil Balok anak dan Gaya Dalam.....	66
Tabel 4. 5 Perhitungan Pembebanan Balok Anak	66
Tabel 4. 6 Kontrol Penampang Balok Anak.....	69
Tabel 4. 7 Kapasitas Momen Nominal	69
Tabel 4. 8 Kontrol Tekuk Plat Badan.....	70
Tabel 4. 9 Kontrol Kuat Geser Nominal	70
Tabel 4. 10 Kontrol Parameter Lubang	71
Tabel 4. 11 Persamaan Interaksi Lentur-Geser Balok Anak	71
Tabel 4. 12 Kontrol Jarak antar Lubang.....	72
Tabel 4. 13 Kontrol Lendutan	72
Tabel 4. 14 Rekap Beban berguna pelat tangga dan pelat bordes	76
Tabel 4. 15 Rekap penulangan plat tangga dan plat bordes	77
Tabel 4. 16 Beban Hidup.....	101
Tabel 4. 17 Nilai N SPT Tanah	103
Tabel 4. 18 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra (S_a) berdasarkan ketentuan SNI1726:2012 Pasal 6.4.	105
Tabel 4. 19 Partisipasi Massa	116
Tabel 4. 20 Periode dan frekuensi struktur gedung	118
Tabel 4. 21 Reaksi dasar struktur gedung	121
Tabel 4. 22 Kontrol Simpangan Akibat Gempa Arah X	123
Tabel 4. 23 Kontrol Simpangan Akibat Gempa Arah Y	124

Tabel 4. 24 Perencanaan Profil Balok Anak Lantai 1- 12	125
Tabel 4. 25 Rekap Output SAP2000	132
Tabel 4. 26 Kontrol Penampang	133
Tabel 4. 27 Kapasitas Momen Nominal	133
Tabel 4. 28 Kontrol Tekuk Plat Badan	133
Tabel 4. 29 Kontrol Kuat Geser Nominal	134
Tabel 4. 30 Kontrol Parameter Lubang	134
Tabel 4. 31 Persamaan Interaksi Lentur-Geser Balok Anak	134
Tabel 4. 32 Kontrol Jarak antar Lubang	135
Tabel 4. 33 Kontrol Lendutan	135
Tabel 4. 34 Kontrol Komposit	145
Tabel 4. 35 Kontrol Penampang	145
Tabel 4. 36 Kontrol Momen Kolom CFT	146
Tabel 4. 37 Momen Arah X Orde 2	146
Tabel 4. 38 Momen Arah Y Orde 2	146
Tabel 4. 39 Aksial Orde 2	146
Tabel 4. 40 Kontrol Interaksi Kolom CFT	146
Tabel 4. 41 Intensitas gaya geser dinding tiang	200
Tabel 4. 42 Rekap Perhitungan Daya Dukung Tanah Ultimate	200
Tabel 4. 43 Koordinat letak tiang pancang pad pilecap P3	212
Tabel 4. 44 Reaksi Kolom Joint 6	213
Tabel 4. 45 Reaksi Kolom Joint 35	214
Tabel 4. 46 Perhitungan P, Mx dan My akibat 2 kolom	214
Tabel 4. 47 Rekap perhitungan P tiang akibat beban	215
Tabel 4. 49 Rekap Perhitungan Pile Cap	224
Tabel 4. 50 Rekap Perhitungan Balok dan Sloof	238
Tabel 4. 51 Rekap Perhitungan Kolom Pedistal	244
Tabel 4. 52 Rekap Input Beban pada Dinding basement	245
Tabel 4. 53 Rekap Perhitungan Pelat Dinding Basement	247
Tabel 4. 54 Rekap Perhitungan Pelat Basement Tipe 2	255
Tabel 4. 55 Rekap Perhitungan Pelat Basement	255

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

The Life Style Hotels Surabaya merupakan gedung 14 lantai dengan atap dek beton. *The Life Style Hotels* merupakan salah satu bangunan yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan baik investasi bagi pemilik dan fasilitas bagi pengunjung. *The Life Style Hotels* Surabaya berlokasi di Jalan Sumatra no.16 Surabaya dan dibangun dengan sistem struktur beton bertulang.

Struktur beton bertulang menjadi salah satu pilihan dalam perencanaan pembangunan struktur gedung bertingkat. Namun struktur beton bertulang tidaklah menjadi alternatif pilihan terbaik. Beton memiliki kelemahan pada bobotnya yang berat, kuat tarik yang lemah, dapat mengembang dan menyusut saat terjadi perubahan suhu, dan daya pantul suara lebih besar. Serta pelaksanaan pekerjaan bangunan beton lebih lama dibandingkan dengan bangunan baja. Baja memiliki sifat daktil (tidak getas), dimana baja mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Konstruksi baja juga memiliki berat yang relatif lebih ringan daripada bahan lain tetapi juga memiliki kemampuan yang cukup tinggi, hampir tidak memiliki perbedaan nilai muai dan susut, dan dalam hal pelaksanaan jauh lebih cepat dibanding material lain.

Pada perencanaan tugas akhir ini *Life Syle Hotel* Surabaya direncanakan akan menggunakan material baja untuk balok berupa balok *hexagonal castellated* dan beton komposit untuk kolom berupa kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT). Balok *hexagonal castellated* dipilih, karena dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi yang mempunyai bentang balok yang panjang sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi. Balok *hexagonal castellated* dengan lebar profil yang lebih tinggi dari profil asalnya, akan menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya.

Pertimbangan untuk menggunakan *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) sebagai kolom adalah *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) juga dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi. Pada kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT), beton yang di isi ke dalamnya dapat menambah kekuatan dan kekakuan kolom tersebut. Selain itu proses pengerjaan pembangunannya menjadi lebih efisien dengan berkurangnya bekisting untuk beton dan perancah. Sedangkan untuk mengatasi gaya gempa yang cukup besar di Indonesia digunakan Dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall* atau SPSW). *Steel Plate Shear Wall* adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertikal padat, menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya, dan terpasang dalam satu atau lebih plat sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang.

Life Syle Hotel Surabaya yang digunakan sebagai objek tugas akhir sesuai dengan elemen struktur utama yang direncanakan, juga harus digolongkan berdasarkan kategori desain seismiknya. Dari data tanah *Life Syle Hotel* Surabaya didapatkan hasil nilai parameter percepatan respons spektral pada periode pendek (S_{DS}) sebesar 0.607 untuk kategori risiko bangunan II, maka bangunan tersebut termasuk dalam kategori desain seismik D yang berarti direncanakan menggunakan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus.

Untuk menghasilkan perencanaan struktur baja yang rasional, maka perencanaan ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku diantaranya SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, dan SNI 1717:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Penggambaran hasil perhitungan

struktur dalam bentuk Gambar Teknik dilakukan dengan menggunakan program bantu AutoCAD.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir sebagai berikut :

A. Perumusan Masalah Utama :

Bagaimana merencanakan modifikasi struktur gedung dengan menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT)?

B. Perumusan Masalah Detail :

1. Bagaimana menentukan preliminary design pada struktur gedung menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT)?
2. Bagaimana menentukan beban – beban yang bekerja design pada struktur gedung menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT)?
3. Bagaimana menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung yang menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dengan program bantu SAP 2000?
4. Bagaimana menentukan kontrol desain pada struktur gedung menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT)?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

A. Tujuan Umum :

Mampu merencanakan modifikasi struktur gedung dengan menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

B. Tujuan Detail :

1. Mampu menentukan preliminary design pada struktur gedung menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

2. Mampu menentukan beban – beban yang bekerja design pada struktur gedung menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).
3. Mampu menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung yang menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dengan program bantu SAP 2000.
4. Mampu menentukan kontrol desain pada struktur gedung menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).
5. Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Tidak mempertimbangkan sistem sanitasi dan instalasi listrik gedung dari segi arsitektural.
2. Tidak menghitung secara komposit untuk elemen balok.
3. Tidak membahas tentang analisa biaya dan metode pelaksanaan di lapangan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mampu menahan gempa, khususnya pada wilayah kategori desain seismik D.
2. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan gedung dengan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus yang menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Gedung “*The Life Style Hotels*” merupakan gedung 14 lantai dan 1 basement dengan tinggi 47.00 meter yang berlokasi di Jl. Sumatra no.16 Surabaya. Gedung ini yang semula menggunakan konstruksi beton bertulang konvensional akan dimodifikasi menjadi konstruksi baja dengan menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

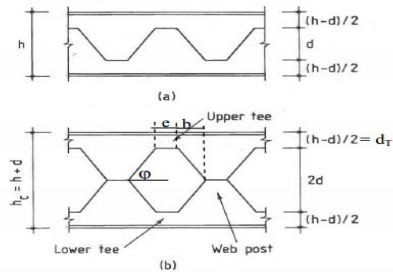
2.2 Profil Baja *Hexagonal Castellated*

Castellated Beam adalah suatu spesifikasi profil yang ditingkatkan kekuatan komponennya dengan memperpanjang ke arah satu sama lain dan dilas sepanjang pola. *Castellated Beam* ini mempunyai tinggi (h) hampir 50% lebih tinggi dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia (I_x), dan modulus section (S_x). *Castellated Beam* dapat dipakai untuk konstruksi bentang menengah hingga panjang.

Menurut L. Amayreh dan M.P. Saka (2005), dimensi geometri penampang *castellated beam* dibagi menjadi tiga parameter, yaitu:

- 1) Sudut Pemotongan (θ).
- 2) Expansion Ratio/Tinggi Pemotongan (h).
- 3) Welding Length/Lebar Pemotongan (e).

Pada profil baja *hexagonal castellated*, profil baja I dipotong memanjang dengan pola zig-zag pada bagian badannya. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan cara menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Bagian ‘gigi-gigi’ profil disambung dengan pelat baja menggunakan sambungan las. Sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (Grunbauer, 2011).



Gambar 2. 1 Geometri Hexagonal Castellated

2.2.1 Keuntungan *Hexagonal Castellated Beam*

Menurut Jihad Dokali Megharief (1997) dan Johann Grünbauer (2001), beberapa keuntungan dari profil *hexagonal castellated beam*:

- 1) Dengan lebar profil yang lebih tinggi (d_g), menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya.
- 2) Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil.
- 3) Bahannya ringan, kuat, serta mudah dipasang.

Sedangkan menurut Amayreh dan Saka (2005), profil *hexagonal castellated beam* memiliki keuntungan sebagai berikut:

- 1) Kenaikan kekuatan lentur vertikal.
- 2) Baik digunakan sebagai struktur sekunder maupun utama pada konstruksi ringan sampai sedang untuk bentang menengah hingga panjang.
- 3) Dapat digunakan untuk gedung bertingkat, gudang, bangunan perindustrian, dan kerangka portal.

2.2.2 Kekurangan Profil *Hexagonal Castellated Beam*

Adapun kekurangan dari profil *Hexagonal castellated beam*, yaitu :

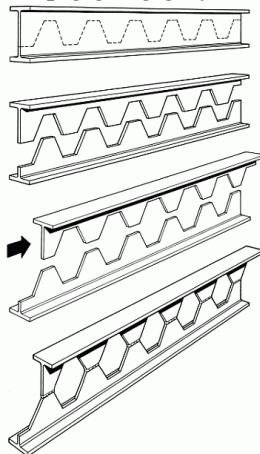
1. *Hexagonal castellated* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (*fire proofing*) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grünbauer, 2001).

2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer 2001).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentrations*) (Amayreh dan Saka 2005).
4. *Castellated Beam* 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).

2.2.3 Proses Fabrikasi Profil *Hexagonal Castellated*

Proses fabrikasi dari hexagonal castellated diuraikan sebagai berikut (Grunbauer, 2011):

1. Badan profil dibuat dicetakan hot-rolled (cetakan panas) berbentuk I dengan pola pemotongan zig – zag.
2. Setengah hasil potongan digeser, ujung atas kanan dilas dengan ujung bawah kiri, dan sebaliknya. Untuk menghasilkan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*) maka dilas pada tiap gigi - giginya.

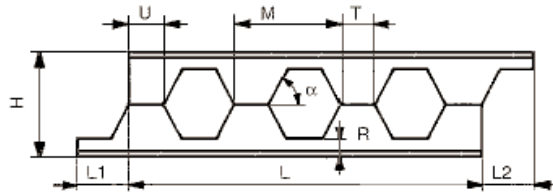


Gambar 2.2 Pembuatan Profil Hexagonal Castellated

Ada 4 (empat) tipe pemotongan balok berdasarkan dimensi U dan T (Grunbauer 2011), yaitu :

1. *Beam ends left ragged, $U = T$ (Simple and cheap, but not convenient to use)*

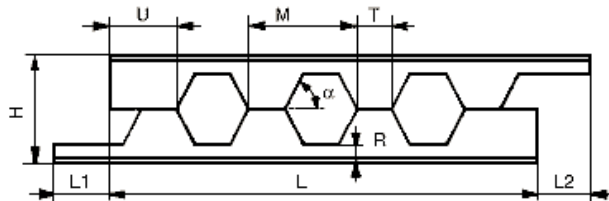
Pemotongannya mudah, sederhana dan murah, tetapi kurang baik digunakan.



Gambar 2.3 Beam ends left ragged, $U = T$

2. *Beam ends left ragged, $U > T$ (Longer ends, but not very effective)*

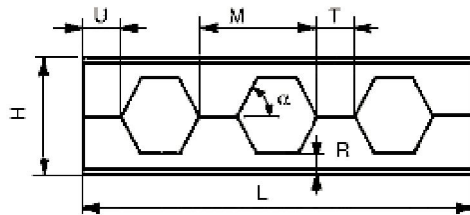
Tipe pemotongan ini menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif.



Gambar 2.4 Beam ends left ragged, $U > T$

3. *Beam ends finished, $U = T$ (Nice finish, dearer due to extra cutting operation and material waste)*

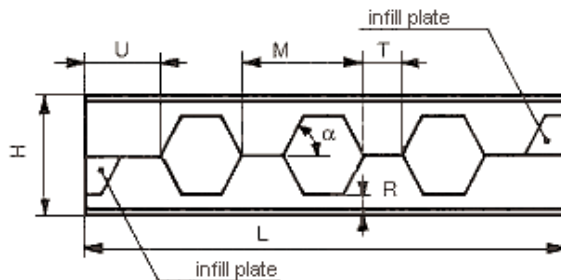
Tipe pemotongan ini menghasilkan potongan yang baik (rapi) serta menghemat material (tidak banyak bahan yang terbuang).



Gambar 2.5 Beam ends finished, $U = T$

4. *Beam ends finished with infill plates, $U > T$ (Strong and rigid, but expensive)*

Tipe pemotongan ini menghasilkan profil *Castellated Beam* yang kuat dan kaku, tetapi mahal karena adanya penambahan plat.



Gambar 2.6 Beam ends finished with infill plates, $U > T$

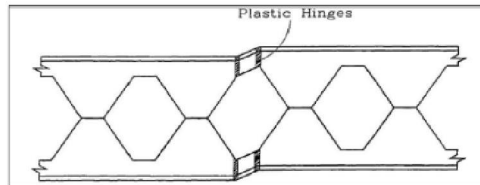
2.2.4 Kegagalan Profil *Castellated*

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

1. Mekanisme Geser (*Vierendeel atau Shear Mechanism*)

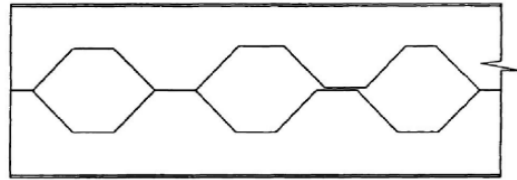
Mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang cukup tinggi pada balok. Sendi plastis terjadi pada ujung balok (*reentrant corners*) pada lubang dapat merubah bentuk bagian T (tee section) menjadi seperti jajar genjang (*parallelogram*) (Altifillisch 1957, Toprac

dan Cook 1959). Lokasi kegagalan ini terjadi pada lubang yang menerima gaya geser terbedar.



Gambar 2.7 Plastic Collapse in region of high shear (Altifillisch 1957)

2. Mekanisme Lentur (*Flexural Mechanism*)
Titik leleh yang terjadi pada bagian T (tee section) bagian atas dan bawah pada ujung awal (the opening) profil *Castellated Beam* hampir sama dengan profil WF solid pada kondisi under pure bending forces. $M_p = Z' \times F_t$; dimana Z' adalah modulus plastis yang diambil melalui garis tengah vertikal pada lubang.
3. Tekuk Lateral Torsi pada Pelat Badan (*Lateral – Torsional – Buckling*)
Tekuk lateral torsi pada pelat badan profil biasanya terjadi pada balok bentang panjang yang memiliki penahan lateral yang cukup untuk menahan tekuk pada sayap. Nethercot dan Kerdal (1982) menyimpulkan bahwa pada tekuk lateral torsi dari efek lubang pada profil dapat diabaikan. Sehingga perencanaan tekuk lateral torsi dapat direncanakan sama dengan profil baja biasa.
4. Putusnya Sambungan Las (*Rupture of Welded Joint*)
Las pada jarak antara lubang yang satu dengan yang lainnya atau eksentrisitas (e) dapat mengalami *rupture* (putus) ketika tegangan geser horisontal melebihi kekuatan leleh dari pengelasannya (*welded joint*) (Husain dan Speirs 1971)



Weld Rupture

Gambar 2.8 Rupture of Weilded Joint (Husain dan Speirs 1971)

5. *Web Post Buckling due to Compression*

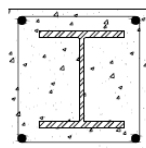
Kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan melebihi web-post. Kegagalan ini dapat dicegah bila penggunaan pengakunya diperkuat untuk menahan gaya tersebut.

2.3 Kolom Komposit

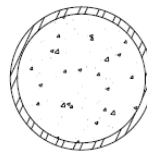
Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

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



(a)

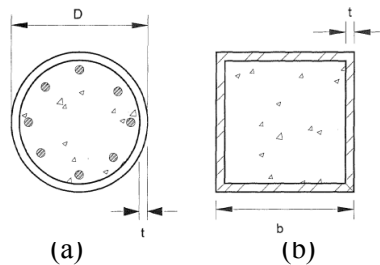


(b)

Profil Baja Dibungkus Beton Baja Berintikan Beton

Gambar 2.9 Penampang Kolom Komposit

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.



(a) Penampang CFT Bulat
(b) Penampang CFT Persegi

Gambar 2.10 Penampang kolom CFT

Kolom ini berupa kolom beton penuh terdiri dari tabung baja diisi dengan beton di tengahnya. Inti beton ini menambahkan kekakuan serta mengurangi potensi tekuk local profil. Tulangan Baja menahan ketegangan, momen lentur dan geser. Pelat baja yang dipasang juga berguna sebagai kurungan atau penahan pada saat proses pengecoran beton.

2.3.1 Keuntungan dan Kekurangan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube

Sistem kolom RCFT mempunyai banyak keuntungan daripada baja dan beton bertulang yang dipisah (Morino et al, 2001). Keuntungan utamanya sebagai berikut:

1. Interaksi antara pipa baja dengan beton:
 - a) Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton.

- b) Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
 - c) Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang:
 - a) Rasio baja dari RCFT jauh lebih banyak dari beton bertulang
 - b) Baja dari penampang RCFT berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang terluar.
 3. Efisiensi konstruksi:
 - a) Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi
 - b) Tempat konstruksi terjaga tetap bersih
 4. Tahan kebakaran:

Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

Sedangkan kelemahan dari inovasi ini dikarenakan hubungan antara baja dan beton yang kompleks membuat lebih mahal dalam pembuatan sambungan.

2.3.2 Kriteria untuk Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan :

1. Luas penampang profil baja minimal sebesar 4% dari luas penampang komposit total.
2. Selubung beton untuk penampang komposit yang berintikan baja harus diberi tulangan baja longitudinal dan tulangan pengekang lateral. Tulangan baja longitudinal harus menerus pada lantai struktur portal, kecuali untuk tulangan longitudinal yang hanya berfungsi memberi kekangan pada beton. Jarak antar pengikat lateral tidak boleh melebihi $\frac{2}{3}$ dari dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas minimum

penampang tulangan transversal (atau lonitudinal) terpasang. Tebal bersih selimut beton dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transveersal minimal sebesar 40 mm;

3. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 55 MPa dan tidak kurang dari 21 MPa untuk beton normal dan tidak kurang dari 28 MPa untuk beton ringan.
4. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 380 MPa;
5. 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.

2.4 Sambungan

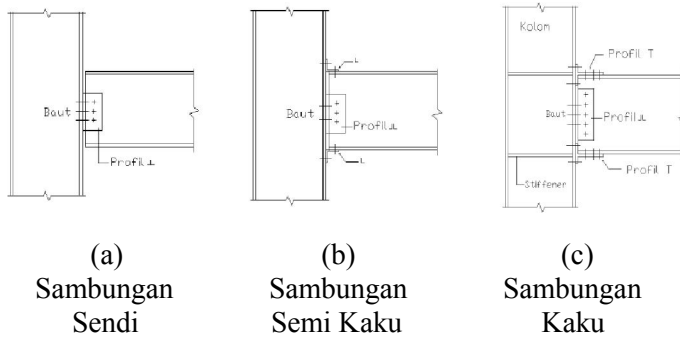
Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

2.4.1 Klasifikasi Sambungan

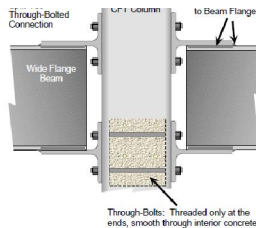
Klasifikasi Sambungan :

1. Sambungan kaku/*rigid connection* adalah sambungan yang dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang akan disambung.
2. 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
3. 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 Pada Baja Wide Flange



Gambar 2.12 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT)

2.4.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan

Ada beberapa persyaratan utama untuk desain sambungan balok-kolom di ACI 318 Code (2005) [5]:

1. Kekuatan lentur harus memenuhi rasio M_R

$$M_R = \frac{\sum M_c}{\sum M_b} \geq \frac{6}{5} \quad (2.1)$$

Di mana $\sum M_c$ dan $\sum M_b$ adalah jumlah kapasitas momen nominal kolom dan balok. Persyaratan ini untuk memenuhi filsafat “*strong column weak beam*”.

2. Untuk pemberhentian tulangan pada sambungan exterior, sisa tulangan yang dibengkokkan pada balok tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara $8 d_b$ atau 150 mm, dan panjang ditentukan oleh rumus :

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \quad (2.2)$$

Dimana f_y adalah kuat leleh, d_b adalah diameter tulangan, dan f'_c adalah kekuatan beton (dalam MPa).

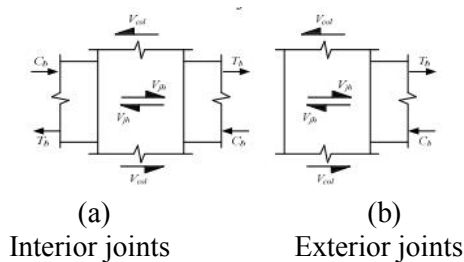
3. Desain gaya geser yang bekerja pada sambungan tidak akan melebihi batas tertentu berdasarkan geometri dan batasan sambungan. Untuk sambungan balok-kolom interior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11(a), gaya geser horizontal sambungan dihitung dengan rumus :

$$V_{jh} = T_b + C_b - V_{col} \quad (2.3)$$

Sementara untuk sambungan balok-kolom eksterior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8(b) dihitung dengan rumus:

$$V_{jh} = T_b - V_{col} \quad (2.4)$$

Dimana T_b adalah gaya tarik pada tulangan balok, C_b adalah gaya tekan pada beton, dan V_{col} adalah gaya geser horizontal kolom di bagian atas sambungan.



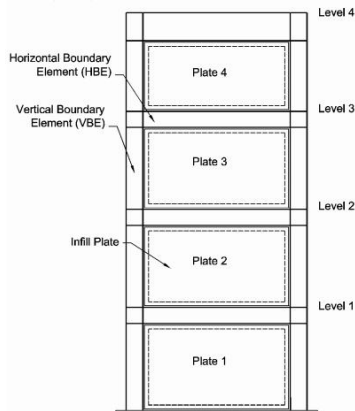
Gambar 2.13 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Hwang dan Lee, 1999)

2.5 Steel Plate Shear Wall

Dinding geser plat baja (steel plate shear wall) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom disekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang ((Berman dan Bruneau, 2003). Dinding geser plat baja mempunyai keuntungan dalam berbagai hal, contohnya dalam biaya, daktilitas, kekakuan awal yang tinggi, proses pengerjaan yang cepat di lapangan, dan juga dalam hal pengurangan beban gempa, namun fungsi utama dari dinding geser plat baja ini adalah untuk menahan beban lateral dan beban-beban horizontal yang terjadi.

2.5.1 Desain Steel Plate 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 plat 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 (Astaneh 2000).

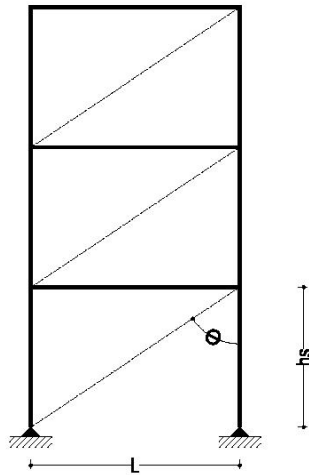


Gambar 2.14 Dinding Geser Plat Baja (SPSW)

2.5.2 Model Steel Plate Shear Wall

2.5.1.1 Equivalent Story Brace Model and Strip Model

Perencanaan awal dilakukan dengan menggunakan plat pada setiap tingkat sebagai rangka yang dikenal dengan sebutan *equivalent story brace model* (model rangka yang sama pada setiap lantai), yang membentang di sepanjang garis diagonal batang.



Gambar 2.15 *Equivalent Story Brace Model* (Thorburn et al, 1983)

Ketebalan plat pada luas penampang di setiap rangka per lantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Thorburn et al, 1983)

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha) \quad (2.5)$$

Dimana :

L = panjang bentang

α = sudut antara batang vertikal dan bidang diagonal

Sudut kemiringan batang vertikal dengan bidang plat yang mengalami tarik (α), dihitung dengan rumus : (Timler dan Kulak, 1983)

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (2.6)$$

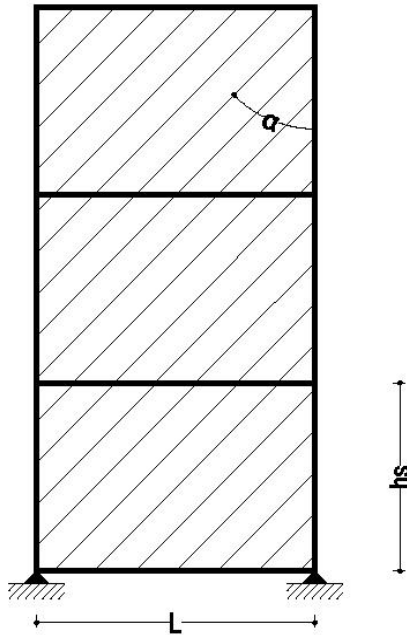
Dimana :

- t = ketebalan plat
- Ac = luas penampang kolom
- Ic = momen inersia kolom
- hs = tinggi tiap lantai
- Ab = luas penampang balok

Untuk mencegah terjadinya deformasi (lendutan) yang berlebihan yang dapat menyebabkan faktor tekuk berlebihan pada dinding geser plat baja, maka momen inersia kolom harus memenuhi persamaan :

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (2.7)$$

Penelitian yang dilakukan oleh Thorburn et al (1983) dan diteruskan oleh Driver et al (1998) menunjukkan bahwa dinding geser plat baja direncanakan dengan menggunakan rangka yang berfungsi sebagai pengaku dengan sudut kemiringan tarik plat 30°-55°. Pada umumnya sudut yang digunakan adalah 45°, yang mana model tersebut mewakili plat sebagai batang tarik atau strip. Model itu dikenal dengan nama *strip model* atau *multistrip model*, seperti pada gambar 2.14, dimana sudut α dihitung untuk menganalisis dinding geser plat baja dengan menggunakan persamaan 2.6.



Gambar 2.16 *Strip Model (Driver et al, 1998)*

Pada tahun 2003 , Berman dan Bruneau melakukan penelitian lanjutan dengan hasil bahwa idealnya dinding geser plat baja harus direncanakan sedemikian rupa sehingga semua panel dinding geser plat baja dapat meredam energi melalui deformasi inelastic ketika struktur terkena gempa. Oleh karena itu, ketebalan dari dinding geser plat baja pada tiap lantai harus ditentukan dengan gaya geser lantai yang sesuai. Untuk mengetahui ketebalan plat tersebut dapat digunakan persamaan : (Berman dan Bruneau, 2003)

$$t_w = \frac{\phi V_i}{0.9 \cdot 0.42 \cdot F_y \cdot L_{cf} \cdot \sin(2\alpha_i)} \quad (2.8)$$

- t_w = ketebalan platm perlintai
 V_n = gaya geser perlintai
 F_y = kuat tarik baja
 L = panjang bentang
 α = sudut antara bidang tarik plat dan batang vertikal

Seperti telah disebutkan sebelumnya, kekuatan dinding geser plat baja dapat dicapai dengan baik ketika rangka yang mendukungnya kuat dan kaku dalam mengikat gaya tarik diagonal dari dinding geser plat baja. Untuk batang vertikal telah direkomendasikan bahwa momen inersia kolom (I_c) harus memnuhi persamaan : (Montgomery and Medhekar, 2001)

$$0.7h \left(\frac{t_w}{2L \cdot I_c} \right)^{0.25} \leq 2.5 \quad (2.9)$$

Yang mana persamaan 2.9 tersebut mengarah ke persamaan 2.7.

Desain awal dari HBE didasarkan pada perbedaan antara komponen vertical kekuatan tarik yang dihasilkan dari badan plat atas dan di bawah HBE. Gaya ini didistribusikan sepanjang HBE dan mencapai nilai maksimum ketika dihasilkan oleh badan plat. Gaya ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$w_u = R_y F_y (t_i - t_{i+1}) \cos^2 \alpha \quad (2.10)$$

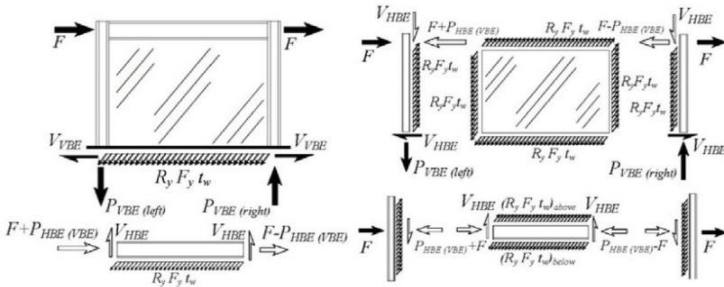
Dimana :

- R_y = Rasio tegangan leleh yang diharapkan, ditentukan oleh tegangan leleh minimum plat baja (AISC 2005a).

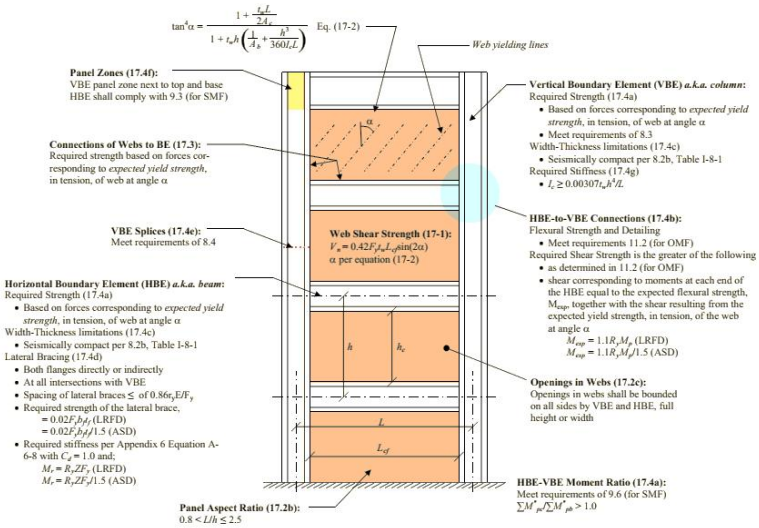
2.5.1.2 Orthotropic Membrane Model

Pada model ini, plat direncanakan dengan bentuk orthotropic (sifat elemen tergantung pada sumbu) dengan tekan yang berbeda dan perlawanan tarik dari plat. Sumbu lokal pada elemen ditetapkan untuk menghitung sudut tegangan tarik, α (Ericksen dan Sabelli, 2008). Pola desain dan perencanaan gaya-

gaya yang bekerja pada dinding geser ditunjukkan pada gambar 2.15 dan gambar 2.16.



Gambar 2.17 Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Geser Plat Baja

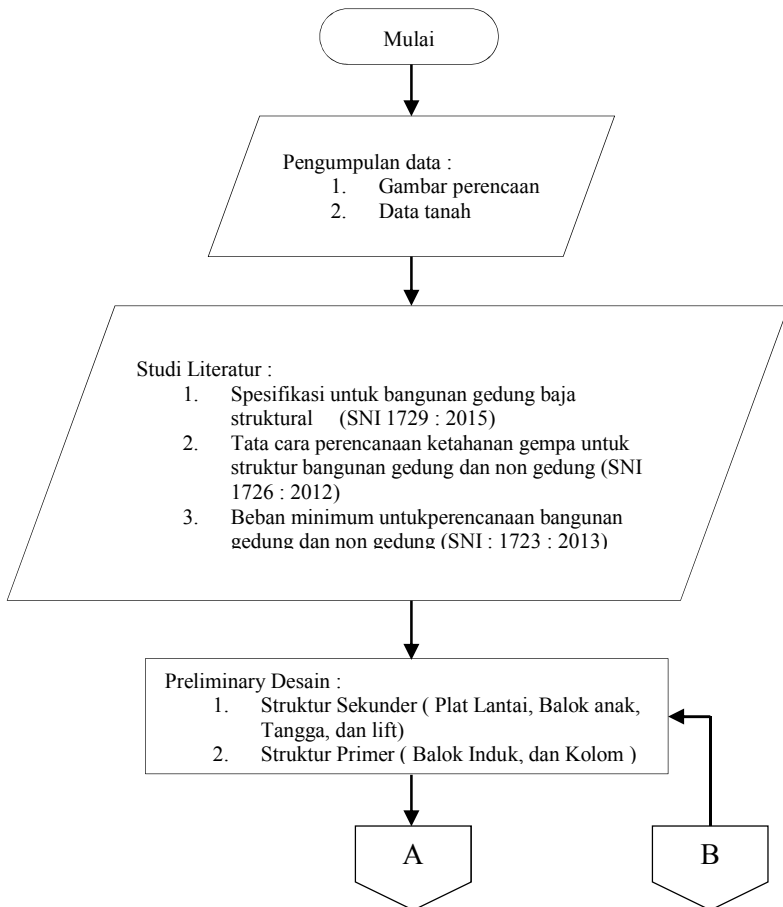


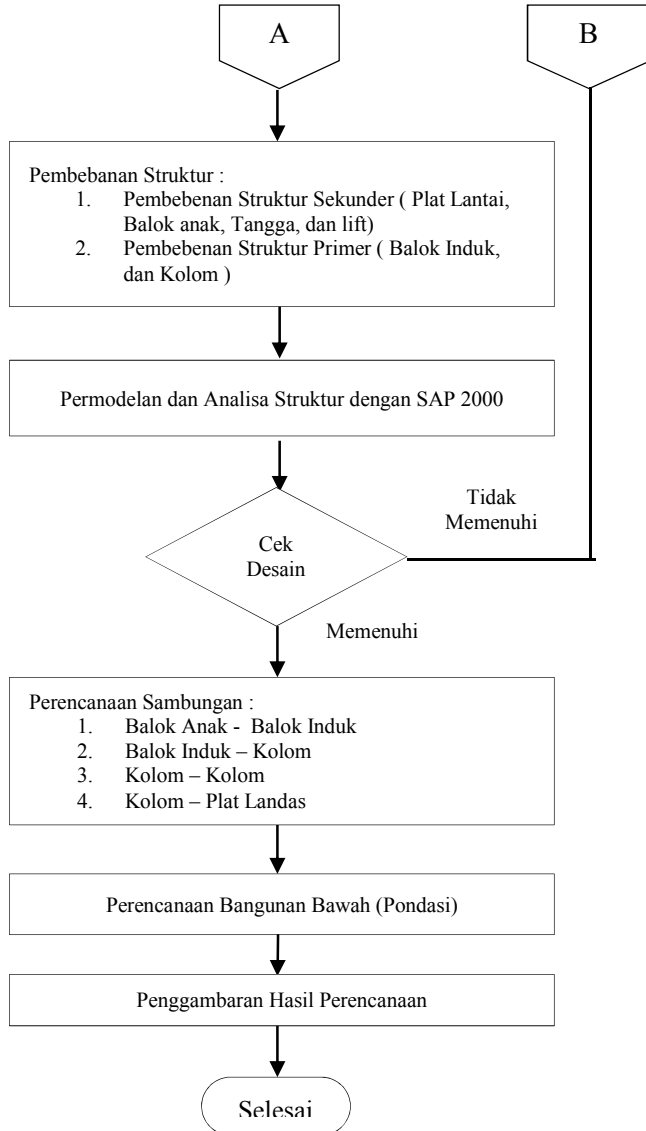
Gambar 2.18 Pola Dinding Geser Plat Baja

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. Berikut bagan alir metodologi penyelesaian Tugas Akhir :





3.2 Metode Penyelesaian

Metodologi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini akan dijelaskan dalam Bab ini. Berikut ini akan dijelaskan alur metodologi yang dilakukan :

3.2.1 Pengumpulan Data

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

Data Umum Bangunan :

- Nama Gedung : *The Life Style Hotels*
- Lokasi : Jalan Sumatra no. 26 Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 14 lantai dan 1 lantai basement
- Tinggi Gedung : 47.00 meter
- Tinggi Perlantai : 3.20 meter
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang

Data Modifikasi Bangunan :

- Nama Gedung : *The Life Style Hotels*
- Lokasi : Jalan Sumatra no. 26 Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 14 lantai dan 1 lantai basement
- Tinggi Gedung : 51.00 meter
- Tinggi Perlantai : 3.50 meter
- Struktur Utama : Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* dan balok *Hexagonal Castellated*
- Sistem Struktur : Sistem *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang

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 :

1. American Institute of Steel Construction-Load and Resistance Factor Design (AISC-LRFD).
2. Penelitian dan jurnal-jurnal tentang *Hexagonal Castellated Beam*, *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*, dan *Steel Plate Shear Wall*.
3. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015).
4. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
5. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
6. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
7. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).

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. Preliminary design struktur sekunder
Preliminary design struktur sekunder meliputi perhitungan pelat, balok anak, tangga dan lift.
- b. Preliminary design struktur primer
Preliminary design struktur primer meliputi :
 1. Balok Induk yang direncanakan menggunakan profil baja *Hexagonal Castellated*.
 2. Kolom yang direncanakan menggunakan profil baja *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT).

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:

1. 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 layanan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013 Pasal 4.1)

3. 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)

4. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisa respons spectrum yang mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012. 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.

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 3.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut tabel 3.2. Khusus untuk struktur bangunan dengan

kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 3.1 Kategori Risiko I, II, dan III Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Tabel 3.2 Kategori Risiko IV Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (**Lanjutan**)

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

(SNI 1726:2012 Tabel 1)

Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa

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

(SNI 1726:2012 Tabel 2)

Dalam SNI 1726:2012 terdapat tahapan mendesain spektrum respon dengan menghitung persamaan-persamaan sesuai dengan periode. Dari parameter S_S (percepatan batuan dasar periode pendek) dan parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), didapat parameter spektrum respon dengan menggunakan persamaan berikut :

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

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.2)$$

Dimana :

S_{MS} = parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

S_{M1} = parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik

F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek

F_v = faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik

Tabel 3.4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^a				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 8.10.1

(SNI 1726:2012 Tabel 4)

Tabel 3.5 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 8.10.1

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

Setelah menghitung parameter spektrum respons, dapat dilakukan perhitungan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) dan pada perioda 1 detik (S_{D1}) melalui perumusan berikut ini :

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3}S_{M1} \quad (3.4)$$

Setelah menghitung parameter percepatan spektral desain, grafik respon spektrum dapat dibuat dengan ketentuan di bawah ini :

$$1. \text{ Untuk } T < T_0 \quad : S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right) \quad (3.5)$$

$$2. \text{ Untuk } T_0 < T < T_S \quad : S_a = S_{DS} \quad (3.6)$$

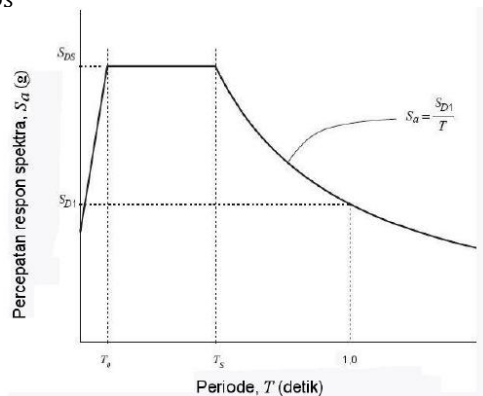
$$3. \text{ Untuk } T > T_S \quad : S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.7)$$

Dimana :

T = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.9)$$



Gambar 3. 1 Spektrum Respons Desain

5. 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)

- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

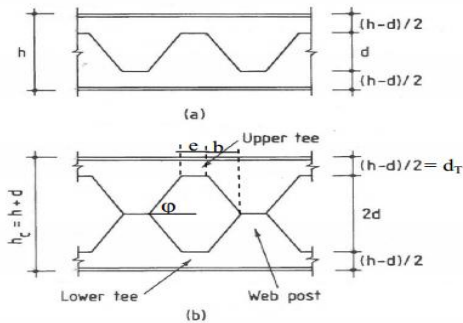
Dimana :

- 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 Kontrol Dimensi Struktur

3.2.5.1 Perencanaan Castellated Beam

1. Kontrol Penampang



Gambar 3. 2 Geometri Castellated Beam

Syarat lubang h_o (ASCE 4.5 hal. 3320)

$$h_o \leq 0,7 dg \quad (3.10)$$

Syarat d_t dan d_b (ASCE 4.6 hal. 3320)

$$d_t \text{ dan } d_b \geq 0,15 dg \quad (3.11)$$

Tekuk Lokal

$$\lambda_f = \frac{b}{2.t_f} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.12)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.13)$$

Berdasarkan **SNI 1729:2015 tabel B4.1b**, syarat penampang kompak tidak boleh melebihi :

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.14)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.15)$$

Cek persyaratan :

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (3.16)$$

$$\lambda_w < \lambda_p \quad (3.17)$$

2. Kontrol Tekuk Badan Profil *Castellated Beam* (ASCE 4.2 hal 3319)

a. $\frac{d - 2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}$, F_y dalam MPa (3.18)

b. $\frac{d - 2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{F_y}}$, F_y dalam MPa (3.19)

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 3 \quad (3.20)$$

untuk balok non-komposit dan balok komposit pada momen negatif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p \quad (3.21)$$

untuk balok komposit pada momen positif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p + V_c \quad (3.22)$$

c.
$$\frac{1100}{\sqrt{F_y}} < \frac{d - 2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}, F_y \text{ dalam MPa} \quad (3.23)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 2,2 \quad (3.24)$$

$$V_m \leq 0,45 V_p \quad (3.25)$$

Dimana :

$$V_p = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.26)$$

$$V_c = V_p \left(\frac{\mu}{\nu} - 1 \right) \geq 0 \text{ atau } V_{mt}(sh) - V_{pt} \text{ (pilih yang terkecil)} \quad (3.27)$$

d. Parameter lubang

Syarat lubang (ASCE 4.2 hal. 3319)

$$P_o = \left(\frac{a_o}{h_o} \right) + \left(\frac{6h_o}{d} \right) < 5,6 \text{ untuk balok baja} \quad (3.28)$$

$$P_o = \left(\frac{a_o}{h_o} \right) + \left(\frac{6h_o}{d} \right) < 6,0 \text{ untuk balok komposit} \quad (3.29)$$

3. Momen Lentur Nominal Balok Non Komposit (ASCE 3.2 hal. 3327)

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.30)$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (3.31)$$

$$\Delta A_s = h_o t_w \quad (3.32)$$

$$e = 0,25h_o \quad (3.33)$$

$$M_n = M_p - \left[F_y \Delta A_s \left(\frac{h_o}{4} + e \right) \right] \quad (3.34)$$

Dimana :

M_n = momen lentur nominal balok

h_o = tinggi lubang

t_w = tebal plat badan

e = eksentrisitas lubang

F_y = kuat leleh baja

4. Kontrol Kuat Geser (ASCE 3.3 hal. 3316)

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{pt} = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.35)$$

$$av = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} \leq 1 \quad (3.36)$$

$$V_{nt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt} \quad (3.37)$$

$$\text{Syarat : } V_{nt} \leq V_{pt} \quad (3.38)$$

Dimana :

V_{nt} = kuat geser satu tee

V_{pt} = kuat geser plastis satu tee

μ = 0

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

5. Persamaan Interaksi Lentur dan Geser

(ASCE 3.1 hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n} \right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n} \right)^3 \leq 1 \quad (3.39)$$

6. Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o \quad (3.40)$$

Dimana :

$$s = 2 (b + e) \quad (3.41)$$

3.2.5.2 Kuat Rencana Rectangular Concrete Filled Steel Tube

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

1. Kriteria untuk Kolom Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.42)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.43)$$

2. Kuat Nominal Tekan Kolom Kompositi 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.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.44)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.45)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.46)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.47)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.48)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.49)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.50)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.51)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c' \left(A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.52)$$

- Penampang persegi diisi beton,

$$f_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (3.53)$$

3. Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial, P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{mt} + B_2 M_t \quad (3.54)$$

$$P_r = P_{mt} + B_2 P_t \quad (3.55)$$

Ketrangan :

- B_1 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.
- B_2 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.
- M_t = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.
- M_{mt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.
- M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.
- P_t = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- P_{mt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

• Pengali B_1 untuk Efek $P - \delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.56)$$

Dengan,

$\alpha = 1.00$ (DFBK)

$C_m =$ koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.57)$$

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.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.58)$$

Dengan,

$EI^* =$ kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($= 0.8 \tau_c EI$ bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan τ_c adalah seperti ditetapkan pada Bab C SNI 1729:2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

$E =$ Modulus elastisitas baja 200000 MPa

$I =$ Momen inersia bidang lentur, mm^4

- L = Panjang komponen struktur, mm
 K_1 = faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

• **Pengali B_2 untuk Efek $P-\Delta$**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} \quad (3.59)$$

Dengan,

$$\alpha = 1.00 \text{ (DFBK)}$$

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 pindahan gaya lateral.

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

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.60)$$

Dengan,

$$R_M = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

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 mengitung Δ_H , N

4. Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.61)$$

Keterangan:

M_u = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor tahanan = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

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

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.62)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.63)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{tak kompak}) \quad (3.64)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.65)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left(3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.66)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.67)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.68)$$

5. Persamaan Interaksi Aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simstris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.69)$$

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.70)$$

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

3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

1. Syarat Panel

$$0,8 < \frac{L}{b} < 2,5 \quad (3.71)$$

2. Kontrol Sudut kemiringan Tarik Plat $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (3.72)$$

Dimana :

t = ketebalan plat

A_c = luas penampang kolom

I_c = momen inersia kolom

h_s = tinggi tiap lantai

A_b = luas penampang balok

Momen inesia kolom harus memenuhi persamaan berikut:

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (3.73)$$

3. Kekuatan Geser Nominal Plat

$$V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.74)$$

Dimana :

t_w = ketebalan plat, mm

L_{cf} = jarak bersih antar kolom, mm

3.2.7 Perencanaan Sambungan

3.2.7.1 *Sambungan Las* (SNI 1729:2015 pasal J2.3.4)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.75)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.76)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Baja

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.77)$$

Dimana :

F_{nBM} = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las, MPa

A_{BM} = luas penampang logam dasar, mm²

A_{we} = luas efektif las, mm²

3.2.7.2 *Sambungan Baut* (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.78)$$

Kuat Geser Baut

$$R_n = F_n A_b \quad (3.79)$$

Dimana :

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser,

F_{nv} , (MPa)

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

Kuat Tumpu Baut

$$R_n = F_{nt} A_b \quad (3.80)$$

Dimana :

F_{nt} = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} , (MPa)

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak tepi min} = 1,5d_b \quad (3.81)$$

$$\text{Jarak tepi maks} = (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (3.82)$$

$$\text{Jarak antar baut min} = 3 d_b \quad (3.83)$$

$$\text{Jarak antar baut maks} = 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (3.84)$$

Dimana :

d_b = diameter baut nominal pada daerah tak berulir

t_p = tebal pelat lapis tertipis di dalam sambungan

3.2.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai struktur bangunan bawah. Fungsi utama pondasi adalah menerima beban atau gaya total dari suatu bangunan dimulai dari ujung atas bangunan hingga ujung bawah bangunan hingga sampailah gaya tersebut pada pondasi yang nantinya oleh pondasi akan diterima dan disalurkan ke dalam tanah kembali. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus di tinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan.

3.2.8.1 Perhitungan Tegangan Ijin Tanah

Perhitungan tegangan ijin tanah berdasarkan dari data SPT dengan menggunakan perhitungan dari buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi oleh Suyono Sosrodarsono, penerbit PT. Pradnya Paramita tahun 2000, Jakarta.

1. Harga N rata-rata dari tanah pondasi pada ujung tiang

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \tag{3.85}$$

Dengan :

N_1 = harga N pada ujung tiang

N_2 = harga rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang

2. Gaya geser maksimum dinding tiang

Hitung besarnya intensitas gaya geser dinding tiang (*friction*) berdasarkan jenis tanah yang ada dan jenis pondasi tiang yang digunakan

Tabel 3.6 Intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan: t/m^2)

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

(*Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, 2000*)

Gaya geser maksimum dinding tiang ($U \sum l_i f_i$) yang terjadi adalah

$$U \sum l_i f_i = \pi D friction \tag{3.86}$$

Dimana :

D = Diameter tiang (m)

$friction$ = intensitas gaya geser dinding tiang

3. Daya dukung ujung tiang

Hitung besarnya daya dukung ujung tiang ($q_d \cdot A$)

$$\frac{q_d}{N} = 20$$

$$q_d = 20 \cdot N$$

$$q_d \cdot A = 20 \cdot N \cdot A$$

$$q_d \cdot A = 20 \times N \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \tag{3.87}$$

4. Daya dukung ultimate (R_u)

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum l_i f_i \quad (3.88)$$

5. Efisiensi Kelompok Tiang (E_g)

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (3.89)$$

Dimana :

n = banyaknya baris tiang dalam satu pile cap

m = banyaknya tiang dalam satu baris

θ = arc tg D/s

D = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat antar tiang (m)

6. Daya dukung yang diijinkan

$$P_{\text{ijin tanah}} = R_u = \frac{R_u}{n} \times E_g \quad (3.90)$$

Dimana :

n = faktor keamanan,

untuk beban tetap $n = 3$ dan untuk beban sementara $n =$

2

3.2.8.2 *Perhitungan Daya Dukung Pondasi Akibat Beban*

Untuk perhitungan daya dukung pondasi, beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000.

1. Tentukan letak masing-masing pondasi

x = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu x

y = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu y

2. Tentukan berapa beban terpusat dan momen yang terjadi. Beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000 dengan kombinasi beban sementara.

3. Daya dukung akibat beban

$$P_{\text{akibat beban}} = \frac{v}{n} + \frac{M_1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M_2 \times x_i}{\sum x^2} \quad (3.91)$$

Dimana :

V = Gaya geser yang terjadi

n = Jumlah tiang

M_1 = Momen searah sumbu x

M_2 = Momen searah sumbu y

4. Kontrol terhadap daya dukung ijin tanah

Kontrol daya dukung akibat beban terhadap daya dukung ijin tanah :

$$P_{\text{ijin tanah}} > P_{\text{akibat beban}} \quad (3.92)$$

3.2.8.3 *Perencanaan Poer*

1. Kontrol tebal minimum poer

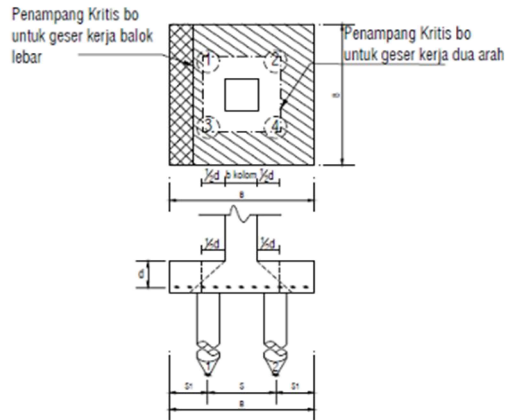
Menurut (SNI, 2013) tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

2. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi.



Gambar 3. 3 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban kolom

3. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.93)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.94)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_w d \quad (3.95)$$

4. Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.96)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.97)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.98)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.99)$$

Dimana :

B_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

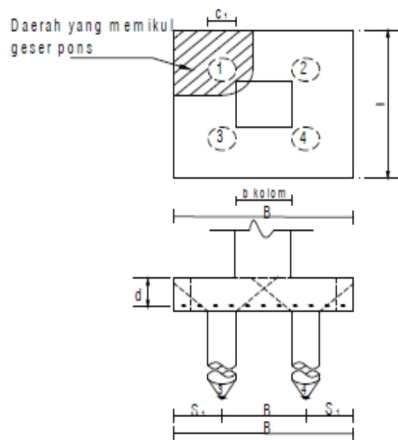
= 20 untuk kolom sudut

B_0 = Parameter penampang kritis

d = Tinggi manfaat pelat

5. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2}d$ dari muka tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.7 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial bored pile pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3. 4 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat tiang pancang

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.100)$$

Jika,

$V_u < \phi V_c$ tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$ tebal poer tidak mencukupi

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.101)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.102)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.103)$$

3.2.9 Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perhitungan struktur dalam bentuk Gambar Teknik dilakukan dengan menggunakan program bantu AutoCAD.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA STRUKTUR

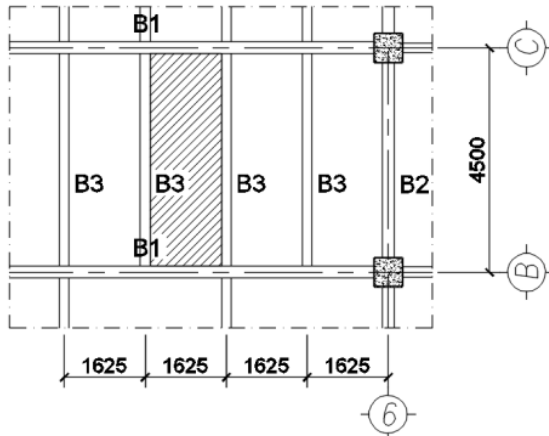
4.1. Perencanaan Struktur Sekunder

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

4.1.1. Perencanaan Plat Lantai Gedung

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari 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



Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap

4.1.1.1. Perhitungan Plat Lantai

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013. Berikut perhitungannya pada lantai kamar.

Beban Mati :

- Berat Keraik 1 cm $(1 \times 24) = 24 \text{ kg/m}^2$
 - Berat Spesi 4 cm $(4 \times 21) = 84 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafon + penggantung 11 + 7 $= 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat ducting dan plumbing $= 40 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_D = 166 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai kamar hotel $q_L = 195,79 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 166 \text{ kg/m}^2 + 195,79 \text{ kg/m}^2 = 361,79 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang $= 1,625 \text{ m}$
- Beban berguna $= 361,79 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1.17 cm^2/m

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck - 0.75 MM	BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SIMPLE SPAN CONDITIONS WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTI SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT														
	300		400		500		600		750		1000		300		400		500		600		750		1000		300		400		500		600		750		1000
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KIB/M2	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT	TALAN PELAT		
DAIRI PERMANGKAP	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR	LEBAR		
SPAN	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM		
1.60	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		
1.75	9	9	9	9	9	9	9	10	9	10.03	9	1.25	9	1.38	9	1.71	9	1.94	9	2.27	10	2.53	9	3.01	9	3.34	9	3.77	9	4.20	9	4.63	9	5.06	
2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	3.67	9	4.21	9	4.64	9	5.07	9	5.50	9	5.93	9	6.36	9	6.79
2.25	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.69	11	3.85	9	4.37	9	4.80	9	5.23	9	5.66	9	6.09	9	6.52	9	6.95
2.50	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	4.17	9	4.65	9	5.13	9	5.61	9	6.09	9	6.57	9	7.05	
2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	4.69	9	5.17	9	5.65	9	6.13	9	6.61	9	7.09	9	7.57
3.00	10	10	10	11	12	13	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74	9	4.51	9	5.07	10	5.30	11	5.48	12	5.66	13	5.84	14	6.02	15	6.20	
3.25	11	11	11	12	13	14	10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22	9	4.70	10	5.27	10	5.84	12	6.07	13	6.24	14	6.41	15	6.58	16	6.75	
3.50	12	12	12	12	13	15	11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71	9	5.20	10	5.77	11	6.34	12	6.57	13	6.74	14	6.91	15	7.08	16	7.25	
3.75	13	13	13	13	14		11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09			11	5.36	11	6.04	11	6.73	13	6.61	14	6.81							
4.00	14	14	14	14	15		12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55			12	5.59	12	6.28	12	6.99	14	6.93	15	7.17							
4.50							13	5.49	13	6.51	14	7.05	15	7.53					13	6.34	13	7.04	13	7.77	15	7.73									
5.00							15	6.20	15	7.27	15	8.90							15	7.40	15	8.13	15	8.88											

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI Super Floor Deck DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA
 - MUTU BAJA TULANGAN U - 48

Gambar 4. 2 Tabel Perencanaan Praktis dari Brosur Bondex

Digunakan tulangan wiremesh dari “Super Wiremesh” dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja tulangan U-50
- Tegangan Leleh 5000 kg/cm²
- Spasi Standart 150mm x 150mm (tipe M) dan 100mm x 200mm (tipe B)

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

$$A_{s_{U-50}} = A_{s_{U-48}} \frac{U - 48}{U - 50}$$

Kebutuhan tulangan negatif untuk U-50 adalah :

$$A_{s_{U-50}} = 1,17 \text{ cm}^2/\text{m} \frac{4800 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_{s_{U-50}} = 1,123 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Direncanakan menggunakan tulangan M8 jarak 150mm, sehingga A_s pakai :

$$A_{s_{\text{Pakai}}} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times \frac{1000}{\text{Spasi wiremesh}}$$

$$A_{s_{\text{Pakai}}} = \frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \times \frac{1000}{150 \text{ mm}}$$

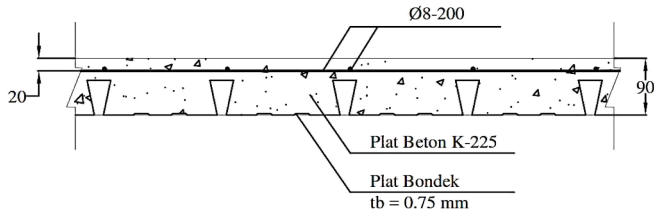
$$A_{s_{\text{Pakai}}} = 3,350 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Cek Persyaratan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} \leq A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$1,123 \text{ cm}^2/\text{m} \leq 3,350 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sehingga digunakan wiremesh M8 – 150



Gambar 4.3 Penulangan Pelat Atap

4.1.1.2. Rekap Perhitungan Lantai

Tabel 4. 1 Rekap Perhitungan Pembebanan Plat

Keterangan		Item Beban	Beban per Item	Beban Berguna
			(Kg/m ²)	
Lt. Atap	Beban Mati	Aspal 2 cm	28,00	200
		Plafond + penggantung	18,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	Lantai Atap	97,89	
R. Pertemuan	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	700
		Spesi 4 cm	84,00	
		Plafond + penggantung	18,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	Ruang Pertemuan	488,44	
R. Makan	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	700
		Spesi 4 cm	84,00	
		Plafond + penggantung	18,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	Ruang Makan	488,44	

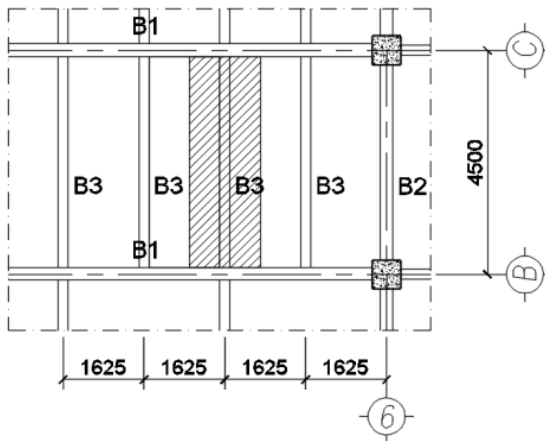
Keterangan		Item Beban	Beban per Item	Beban Berguna
			(Kg/m ²)	
Lt. 1 - 12 / Kamar	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	400
		Spesi 4 cm	84,00	
		Plafond + penggantung	18,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	Kamar Hotel dan K.Mandi	195,79	
Lt. 1 - 12 / Koridor	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	700
		Spesi 4 cm	84,00	
		Plafond + penggantung	18,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	koridor	488,44	
Lobby	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	700
		Spesi 4 cm	84,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	Lobby	488,44	
Parkir	Beban Mati	Aspal 2 cm	28,00	400
		Spesi 3 cm	63,00	
		<i>Mechanical Electrical</i>	40,00	
	Beban Hidup	Parkir Kendaraan	195,79	

Tabel 4. 2 Perhitungan Tebal dan Tulangan Plat

Keterangan	tebal Plat (cm)	As perlu U-48	As perlu U-50	Dimensi Wiremesh	As Wiremesh	Cek
		(cm ² /m)	(cm ² /m)	Ø s	(cm ² /m)	
Atap	9	0,81	0,7776	M6 - 150	1,8850	OK
R.Pertemuan	9	1,81	1,7376	M8 - 150	3,3510	OK
R.Makan	9	1,81	1,7376	M8 - 150	3,3510	OK
Kamar	9	1,17	1,1232	M8 - 150	3,3510	OK
Koridor	9	1,81	1,7376	M8 - 150	3,3510	OK
Lobby	9	1,81	1,7376	M8 - 150	3,3510	OK
Parkir	9	1,17	1,1232	M8 - 150	3,3510	OK

4.1.2. Perencanaan Balok Anak Castella

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.



Gambar 4. 4 Balok Anak Casstella

4.1.2.1. Perhitungan Balok Anak Castella

1) Perencanaan Profil

Balok Anak Lantai 1 – lantai 12 direncanakan menggunakan profil asal WF 250x125x6x6 yang kemudian dirubah menjadi profil *Hexagonal castellated beam* (HCB) 375x125x6x9, dengan data- data sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Perencanaan Profil Balok Anak Lantai 1- 12

Lt.1 - Lt 12 (Kamar & K.Mandi)	
Original	Castellated
WF 250X125X6X9	HCB 375.125.6.9
$d_g = 375$ mm	$W = 29,6$ kg/m
$b_f = 150$ mm	$A = 45,16$ cm ²
$t_w = 6$ mm	$I_x = 9492$ cm ⁴
$t_f = 9$ mm	$I_y = 294,1$ cm ⁴
$r = 12$ mm	$r_x = 17,8$ cm
$h_o = 254$ mm	$r_y = 3,1$ cm
$d_t = 60,5$ mm	$S_x = 506,2$ cm ³
$b = 73,7$ mm	$S_y = 39,21$ cm ³
$e = 63,5$ mm	$Z_x = 506,2$ cm ³
$ao = 211$ mm	$Z_y = 506,2$ cm ³
$s = 274$ mm	$J = 9,86$ cm ⁴

2) Pembebanan Balok Anak Castella

Peraturan pembebanan pada balok lantai ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013. Berikut perhitungan plat lantai pada lantai kamar.

- Beban mati

Berat pelat bondek = 10,1 kg/m²

Berat Keraik 1 cm (1 x 24) = 24 kg/m²

Berat Spesi 4 cm (4 x 21) = 84 kg/m²

Berat beton 0,90m x 2400 kg/m³ = 216 kg/m²

Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18 kg/m²

Berat ducting dan plumbing = 40 kg/m²

= 392,10 kg/m²

Berat perhitungan pelat lantai	
392,1 kg/m ² x 1,625 m	= 637,163 kg/m
Berat profil	= 29,6kg/m
Dinding Bata Ringan tebal 10cm	= 208,25 kg/m
	<hr/>
	q _D = 876,013 kg/m

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
 $q_L = 1,625 \text{ m} \times 195,79 \text{ kg/m}^2 = 318,15 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor :
 $q_U = 1.2 q_D + 1.6 q_L$
 $= 1.2 (876,013) + 1.6 (318,15) = 1559,057 \text{ kg/m}$

Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi
 $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (1559,057 \text{ kg/m}) \times (4,5 \text{ m})^2$
 $= 3946,36 \text{ kgm}$
- Gaya geser yang terjadi
 $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (1559,057 \text{ kg/m}) \times (4,5 \text{ m})$
 $= 3507,88 \text{ kg}$

Syarat lubang h_o (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$h_o \leq 0,7 d_g$$

$$254 \text{ mm} \leq 0,7 \times 375 \text{ mm}$$

$$254 \text{ mm} \leq 262,5 \text{ mm}$$

Syarat dt dan db (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$d_t \text{ dan } d_b \geq 0,15 d_g$$

$$60,5 \text{ mm} \geq 0,15 \times 375 \text{ mm}$$

$$60,5 \text{ mm} \geq 56,25 \text{ mm}$$

3) Menghitung nilai I_x dan Z_x Aktual Profil

I_x dan Z_x castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^3 \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{12} \cdot 150 \cdot 375^3\right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{150-6}{2}\right) \cdot (375-2 \times 9)^3\right) \\
 &= 113188171,5 \text{ mm}^4 = 11318,8 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(\frac{1}{4} \cdot b_f \cdot d_g^2\right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{b_f-t_w}{2}\right) \cdot (d_g-2t_f)^2\right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot 150 \cdot 375^2\right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{150-6}{2}\right) \cdot (375-2 \times 9)^2\right) \\
 &= 6852735 \text{ mm}^3 = 685,274 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

I_x dan Z_x castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} \cdot t_w \cdot h_o^3\right) \\
 &= 11318,8 \text{ cm}^4 - \left(\frac{1}{12} \cdot 6 \text{ mm} \cdot (254 \text{ mm})^3\right) \\
 &= 10499,5 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} \cdot t_w \cdot d_s^2\right) \\
 &= 685,274 \text{ cm}^3 - \left(\frac{1}{4} \cdot 6 \text{ mm} \cdot (254 \text{ mm})^2\right) \\
 &= 588,5 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

I_x castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_{x \text{ rata-rata}} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{11318,8 \text{ cm}^4 + 10499,5 \text{ cm}^4}{2} \\
 &= 10909,1 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_{x \text{ rata-rata}}}{A}} = \sqrt{\frac{10909,1 \text{ cm}^4}{45,39 \text{ cm}^2}} = 15,503 \text{ cm}$$

4) Kontrol Penampang :

- Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Pelat Badan :

$$\frac{(d_g - 2t_f)}{t_w} = \frac{(375 - 2 \cdot 9)}{6} = 59,5$$

$$\lambda_{pf} = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} = \frac{1365}{\sqrt{250}} = 86,33$$

$$\frac{(d_g - 2t_f)}{t_w} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :
Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 354,541 \text{ cm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11049292,97 \text{ kg.cm} = 110492,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :
Jarak penahan lateral (L_b) = 40 cm (Jarak antar *Shear Connector*)

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 4 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 199,12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek
 $L_b < L_p$.

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= h_o \times t_w \\ &= 254 \cdot 9 \\ &= 2286 \text{ mm}^2 = 22,86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p - f_y \cdot \Delta A_s \cdot \left(\frac{h_0}{4}\right) \\
 &= 685,274 - 2500 \cdot 22,86 \cdot \left(\frac{25,4}{4}\right) \\
 &= 1229313,8 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 1229313,8 \text{ kg.cm} = 1057995,4 \text{ kg.cm} \\
 &= 10579,954 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

5) Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 10579,954 \text{ kg.m} \geq M_u = 3946,36 \text{ kg.m} \dots (\text{Ok})$$

6) Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\begin{aligned}
 \frac{d_g - 2t_f}{t_w} &\leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{375 - 2 \times 9}{6} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\
 59,5 &\leq 86,33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d_g - 2t_f}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{375 - 2 \times 9}{6} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 59,5 &\leq 69,57
 \end{aligned}$$

Karena $\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$ dan $\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$ maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\begin{aligned}
 \frac{a_0}{h_0} &\leq 3,0 \\
 \frac{211}{254} &\leq 3,0 \\
 0,831 &\leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})
 \end{aligned}$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 0,6 \cdot 37,5}{\sqrt{3}} = 32476 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \cdot V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{211}{60,5} = 3,487$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 0,6 \cdot 6,05}{\sqrt{3}} = 5239,45 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{3,487 + \sqrt{3}} \cdot 26316,35 = 2460,18 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \cdot 2460,18 \text{ kg} = 4920,37 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$4920,37 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 32476 = 21650,67 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$3507,88 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 4920,37 = 4428,33 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o} \right) + \left(\frac{6h_o}{d_g} \right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{211}{254} \right) + \left(\frac{6 \times 60,5}{375} \right) \leq 5,6$$

$$4,89 \leq 5,6 \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{3946,36}{10579,954}\right)^3 + \left(\frac{3507,88}{4428,33}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,548 \leq 1,0 \dots \text{(Ok)}$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$274 \text{ mm} \geq 254 \text{ mm} \dots \text{(Ok)}$$

$$s \geq a_o \left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)$$

$$1 - \frac{V_u}{\phi V_p}$$

$$274 \text{ mm} \geq 211 \text{ mm} \cdot \frac{\left(\frac{3507,88}{0,9 \times 32476}\right)}{1 - \frac{3507,88}{0,9 \times 32476}}$$

$$274 \text{ mm} \geq 25,53 \text{ mm} \dots \text{(Ok)}$$

7) Kontrol Lentutan :

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1,25 \text{ cm}$$

Lentutan yang terjadi (fx)

$$fx = \frac{5 qu L^4}{384 E I_x}$$

$$fx = \frac{5 \cdot 1559,057 \text{ kg} \cdot \text{m} (4,5 \text{ m})^4}{384 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 10909,1 \text{ cm}^4}$$

$$= 0,292 \text{ cm}$$

Syarat $f_{ijin} > fx$

$$1,25 \text{ cm} > 0,292 \text{ cm} \dots \text{(Ok)}$$

Jadi, profil *Hexagonal Castellated Beam* 375 x 125 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai 1-12 tersebut.

4.1.2.2.Rekap Perhitungan Balok Anak Castella

Tabel 4. 4 Profil Balok anak dan Gaya Dalam

Ket. Letak Balok Anak	Profil HCB	Bentang	Pembebanan (qU)	Gaya Dalam	
				Mu	Vu
		m	Kg/m	Kg.m	Kg
Lt.Atap	297.100.4,5.7	4,5	941,783	2383,9	2119,0
R.Pertemuan	450.150.6,5.9	4,5	2078,590	5261,4	4676,8
R.Makan	450.150.6,5.9	4,5	2078,590	5261,4	4676,8
R.Kamar	375.125.6.9	4,5	1559,057	3946,3	3507,8
Koridor	375.125.6.9	3,6	2070,070	3353,5	3726,1
Lobby	450.150.6,5.9	4,5	2293,390	5805,1	5160,1
Parkir	450.150.6,5.9	4,5	1554,961	3935,9	3498,6

Tabel 4. 5 Perhitungan Pembebanan Balok Anak

Keterangan	Item Beban	Dimensi		Beban	qU (kg/m)				
		P	L	Kg/m					
Lt. Atap	Beban Mati	Aspal	2cm	4,5	1,625	941,79 3			
							Plafond + penggantung	29,25	
							<i>Mechanical Electrical</i>	65,00	
							Bondek *	16,41	
							Baja Profil WF	18,20	
							Beton Bertulang	9cm	351,00
	Beban Hidup	Lantai Atap	159,08						
Hujan		113,67							
Lantai 14	Beban Mati	Keramik	1 cm	4,5	1,625	2078,5 90			
							Spesi	4 cm	136,50
							Plafond + penggantung	29,25	
							<i>Mechanical Electrical</i>	65,00	
							Bondek *	16,41	

Keterangan		Item Beban	Dimensi		Beban	qU (kg/m)
			P	L	Kg/m	
		Baja Profil WF			36,70	
		Beton Bertulang 9 cm			351,00	
	Beban Hidup	Ruang Pertemuan			793,72	
Lantai 13	Beban Mati	Keramik 1 cm	4,5	1,625	39,00	2078,5 90
		Spesi 4 cm			136,50	
		Plafond + penggantung			29,25	
		<i>Mechanical Electrical</i>			65,00	
		Bondek *			16,41	
		Baja Profil WF			36,70	
	Beton Bertulang 9 cm	351,00				
Beban Hidup	Ruang Makan	793,72				
Lt. 1 - 12	Beban Mati	Keramik 1 cm	4,5	1,625	39,00	1559,0 57
		Spesi 4 cm			136,50	
		Plafond + penggantung			29,25	
		<i>Mechanical Electrical</i>			65,00	
		Bondek *			16,41	
		Dinding bata ringan 10 cm *			208,25	
		Baja Profil WF			29,60	
	Beton Bertulang 9 cm	351,00				
Beban Hidup	Kamar Hotel dan K.Mandi	318,15				

Keterangan		Item Beban		Dimensi		Beban	qU (kg/m)
				P	L	Kg/m	
Lt. 1 - 12	Beban Mati	Keramik	1 cm	3,6	1,625	39,00	2070,0 70
		Spesi	4 cm			136,50	
		Plafond + penggantung				29,25	
		<i>Mechanical Electrical</i>				65,00	
		Bondek *				16,41	
		Baja Profil WF				29,60	
	<i>Beton Bertulang</i>	9 cm	351,00				
Beban Hidup	Koridor				793,72		
Lt. Dasar	Beban Mati	Keramik	1 cm	4,5	1,625	39,00	2293,3 90
		Spesi	4 cm			136,50	
		<i>Mechanical Electrical</i>				65,00	
		Bondek *				16,41	
		Dinding bata ringan 10 cm *				208,25	
		Baja Profil WF				36,70	
	<i>Beton Bertulang</i>	9 cm	351,00				
Beban Hidup	Lobby				793,72		
Lt. Dasar	Beban Mati	Aspal	2 cm	4,5	1,7	47,60	1554,9 61
		Spesi	3 cm			107,10	
		<i>Mechanical Electrical</i>				68,00	
		Bondek *				17,17	
		Dinding bata ringan 10 cm *				208,25	
		Baja Profil WF				36,70	
		<i>Beton Bertulang</i>	9 cm			367,20	

Keterangan	Item Beban	Dimensi		Beban	qU (kg/m)
		P	L	Kg/m	
Beban Hidup	Parkir Kendaraan			332,84	

Tabel 4. 6 Kontrol Penampang Balok Anak

Ket. Letak 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	7,1	10,748	63	86,330	kompak	40	124,45	Bentang Pendek
R. Pertemuan	8,3		66		kompak	40	184,18	Bentang Pendek
R. Makan	8,3		66		kompak	40	184,18	Bentang Pendek
R. Kamar	8,3		60		kompak	40	154,31	Bentang Pendek
Koridor	8,3		60		kompak	40	154,31	Bentang Pendek
Lobby	8,3		66		kompak	40	184,18	Bentang Pendek
Parkir	8,3		66		kompak	40	184,18	Bentang Pendek

*Lb = jarak antar *shear connector bondex*

Tabel 4. 7 Kapasitas Momen Nominal

Keterangan Letak Balok Anak	Mu	ϕM_n	$\phi M_n > Mu$
	(Kgm)	(Kgm)	
Lt. Atap	2383,91	4253,85	Memenuhi
R. Pertemuan	5261,43	12660,5	Memenuhi
R. Makan	5261,43	12660,5	Memenuhi
R. Kamar	3946,36	10580,0	Memenuhi

Keterangan Letak Balok Anak	Mu	$\emptyset Mn$	$\emptyset Mn > Mu$
	(Kgm)	(Kgm)	
Koridor	3353,51	10580,0	Memenuhi
Lobby	5805,14	12660,5	Memenuhi
Parkir	3935,99	12660,5	Memenuhi

Tabel 4. 8 Kontrol Tekuk Plat Badan

Ket. Letak Balok Anak	$\frac{d_g - 2t_f}{t_w}$	$\frac{1100}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{1365}{\sqrt{F_y}}$	Kontrol	a_o/d_s	Syarat	Kontrol
	Lt. Atap	62,89	69,57				
R. Pertemuan	66,46	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
R. Makan	66,46	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
R. Kamar	59,50	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
Koridor	59,5	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
Lobby	66,46	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
Parkir	66,46	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK

Tabel 4. 9 Kontrol Kuat Geser Nominal

Ket. Letak Balok Anak	V_p	V_{pt}	V_{nt}	V_n	Kontrol	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	$V_{nt} \leq V_{pt}$	$V_n \leq 2/3V_p$
Lt. Atap	19290,7	3085,22	1436,26	2872,51	Memenuhi	Memenuhi
R. Pertemuan	42218,7	6801,91	3189,49	6378,99	Memenuhi	Memenuhi
R. Makan	42218,7	6801,91	3189,49	6378,99	Memenuhi	Memenuhi
R. Kamar	32476	5239,45	2460,18	4920,37	Memenuhi	Memenuhi
Koridor	32476	5239,45	2460,18	4920,37	Memenuhi	Memenuhi
Lobby	42218,7	6801,91	3189,49	6378,99	Memenuhi	Memenuhi
Parkir	42218,7	6801,91	3189,49	6378,99	Memenuhi	Memenuhi

Keterangan Letak Balok Anak	Vu	$\emptyset V_n$	$\emptyset V_n > V_u$
	(Kg)	(Kg)	
Lt. Atap	2119,033	2585,26	Memenuhi
R. Pertemuan	4676,827	5741,09	Memenuhi
R. Makan	4676,827	5741,09	Memenuhi
R. Kamar	3507,879	4428,33	Memenuhi
Koridor	3726,125	4428,33	Memenuhi
Lobby	5160,127	5741,09	Memenuhi
Parkir	3498,661	5741,09	Memenuhi

Tabel 4. 10 Kontrol Parameter Lubang

Keterangan Letak Balok Induk	ds < 0,7db	Kontrol	dt > 0,15db	Kontrol	Po	Kontrol
	Pasal 4.5		Pasal 4.6		(ao/ds)/(6.ds/db)	
Lt. Atap	202	Ok	47,5	Ok	4,911	Memenuhi
R. Pertemuan	305	Ok	72,5	Ok	4,897	Memenuhi
R. Makan	305	Ok	72,5	Ok	4,897	Memenuhi
R. Kamar	254	Ok	60,5	Ok	4,894	Memenuhi
Koridor	254	Ok	60,5	Ok	4,894	Memenuhi
Lobby	305	Ok	72,5	Ok	4,897	Memenuhi
Parkir	305	Ok	72,5	Ok	4,897	Memenuhi

Tabel 4. 11 Persamaan Interaksi Lentur-Geser Balok Anak

Keterangan Letak Balok Anak	Mu	$\emptyset M_n$	Vu	$\emptyset V_n$	Persamaan Interaksi	Kontrol
	(Kgm)	(Kgm)	(Kg)	(Kg)		< 1
Lt. Atap	2383,91	4253,85	2119,033	2585,26	0,726685	Memenuhi
R. Pertemuan	5261,43	12660,5	4676,827	5741,09	0,612365	Memenuhi
R. Makan	5261,43	12660,5	4676,827	5741,09	0,612365	Memenuhi
R. Kamar	3946,36	10580	3507,879	4428,33	0,548962	Memenuhi
Koridor	3353,51	10580	3726,125	4428,33	0,627579	Memenuhi
Lobby	5805,14	12660,5	5160,127	5741,09	0,822504	Memenuhi
Parkir	3935,99	12660,5	3498,661	5741,09	0,256367	Memenuhi

Tabel 4. 12 Kontrol Jarak antar Lubang

Keterangan Letak Balok Anak	s	Kontrol	
	(mm)	$s \geq ds$	$s \geq \frac{(ao.Vu/\phi Vp)}{(1-Vu/\phi Vp)}$
Lt. Atap	218,160	Memenuhi	Memenuhi
R. Pertemuan	329,400	Memenuhi	Memenuhi
R. Makan	329,400	Memenuhi	Memenuhi
R. Kamar	274,320	Memenuhi	Memenuhi
Koridor	274,320	Memenuhi	Memenuhi
Lobby	329,400	Memenuhi	Memenuhi
Parkir	329,400	Memenuhi	Memenuhi

Tabel 4. 13 Kontrol Lendutan

Keterangan Letak Balok Anak	f_x	f_{ijin}		Kontrol
	(cm)	syarat	(cm)	
Lt. Atap	0,590	240	1,875	Memenuhi
R. Pertemuan	0,234	240	1,875	Memenuhi
R. Makan	0,234	240	1,875	Memenuhi
R. Kamar	0,292	360	1,250	Memenuhi
Koridor	0,146	240	1,500	Memenuhi
Lobby	0,263	360	1,250	Memenuhi
Parkir	0,189	240	1,875	Memenuhi

4.1.3. Perencanaan Tangga

Direncanakan tangga baja dengan plat beton sebagai plat tangga dan plat bordesnya. Perencanaan pelat tangga dan palat bordes pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari 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

A. Perencanaan Dimensi Tangga

- Tinggi antar lantai = 350 cm
- Panjang bordes = 310 cm
- Lebar bordes = 170 cm
- Panjang tangga = 280 cm
- Lebar tangga = 120 cm
- Lebar injakan (i) = 28 cm
- Tinggi tanjakan (t) = 17,5 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :
 Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^\circ < a < 40^\circ$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga

Tinggi injakan (t) = 17,5 cm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(350/2)}{17,5} = 10 \text{ buah}$$

Jumlah injakan (n) = 10 - 1 = 9 buah

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17,5 + 28) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (63) < 65 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

Lebar bordes = 170 cm

Lebar tangga = 120 cm

$$a = \text{arc tg} \left(\frac{350/2}{280} \right) = 32,005^\circ$$

$$25^\circ \leq (32,005^\circ) \leq 40^\circ \dots \text{OK !}$$

B. Plat Tangga dan Plat Bordes

Peraturan pembebanan pada struktur pelat tangga ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013. Untuk beban anak tangga, ketebalan anak tangga diasumsikan titik berat anak tangga berada pada 2/3 tinggi miringnya. Berikut perhitungan pelat lantai pada lantai tangga.

$$\text{Luas } \Delta_I = \text{Luas } \Delta_{II}$$

$$\text{Luas } \Delta_I = \frac{1}{2} 17,5 \text{ cm} \cdot 28 \text{ cm} = 245 \text{ cm}^2$$

$$\text{Panjang Alas } \Delta_{II} = \sqrt{(17,5 \text{ cm})^2 + (28 \text{ cm})^2}$$

$$= 33,0189 \text{ cm}$$

$$\text{Luas } \Delta_{II} = \frac{1}{2} 33,0189 \text{ cm} \cdot t$$

$$t = 14,84 \text{ cm}$$

$$t' = \frac{2}{3} 14,84 \text{ cm}$$

$$= 9,89 \text{ cm}$$

Beban Mati :

- Berat Keraik 1 cm	(1 x 24)	= 24	kg/m ²
- Berat Spesi 4 cm	(4 x 21)	= 84	kg/m ²
- Anak Tangga	(2400 kg/m ³ . 0,0989 m)	= 237,44	kg/m ²
- Sandaran Besi		= 20	kg/m ²
		<u> </u>	
	q _D	= 365,44	kg/m ²

Beban Hidup :

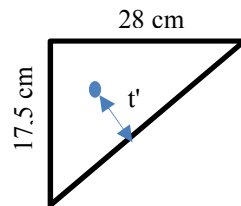
- Tangga	q _L	= 488,44	kg/m ²
----------	----------------	----------	-------------------

Beban Berguna :

$$- Q_u = q_D + q_L = 365,44 \text{ kg/m}^2 + 488,44 \text{ kg/m}^2 = 854,88 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang	= 1,200 m
- Beban berguna	= 854,88 kg/m ² ≈ 1000 kg/m ²



- Bentang tunggal tanpa tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm.

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® CL 750 MM	BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SINGLE SPAN CONDITIONS WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT														
	200		300		400		500		600		700		800		900		1000		200		300		400		500		600		700		800				
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD K/CM ²	200		300		400		500		600		700		800		900		1000		200		300		400		500		600		700		800				
TANGKAP PENTANGKAP PROPPING	200		300		400		500		600		700		800		900		1000		200		300		400		500		600		700		800				
TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT	TEBAL PELAT				
REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING	REINFORCING				
1.50	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0,75	0,91	1,07	1,24	1,40	1,56	1,72	1,88	2,04	2,20	2,36	2,52	2,68	2,84				
1.75	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1,03	1,25	1,48	1,71	1,94	2,17	2,40	2,63	2,86	3,09	3,32	3,55	3,78	4,01				
2.00	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1,36	1,65	1,95	2,26	2,57	2,89	3,20	3,51	3,82	4,13	4,44	4,75	5,06	5,37	5,68			
2.25	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1,73	2,12	2,50	2,90	3,29	3,69	4,08	4,48	4,87	5,26	5,65	6,04	6,43	6,82	7,21	7,60		
2.50	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2,16	2,65	3,13	3,62	4,11	4,59	5,08	5,57	6,06	6,55	7,04	7,53	8,02	8,51	9,00	9,49		
2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2,64	9	3,24	9	3,83	10	3,94	11	4,02	12	4,29	15	4,20	9	2,09	9	2,25	9	3,02	10	3,11	11	3,18	12	3,30	15	3,33
3.00	10	10	10	11	12	13	15	9	3,17	9	3,87	10	4,10	11	4,28	12	4,41	13	4,74	9	2,51	9	3,07	10	3,25	11	3,38	12	3,49	13	3,75	15	3,75		
3.25	11	11	11	12	13	14	15	10	3,41	10	4,13	10	4,87	12	4,65	13	4,83	14	5,22	9	2,70	10	3,27	10	3,84	12	3,67	13	3,82	14	4,12	15	4,12		
3.50	12	12	12	13	14	15	15	11	3,68	11	4,42	11	5,18	12	5,44	13	5,64	15	5,71	11	2,90	11	3,49	11	4,09	12	4,29	13	4,46	15	4,51	15	4,51		
3.75	13	13	13	13	14	14	15	11	4,25	11	5,11	11	5,99	13	5,83	14	6,09	15	6,16	11	3,36	11	4,04	11	4,73	13	4,61	14	4,81	15	5,17	15	5,17		
4.00	14	14	14	14	14	15	15	12	4,55	12	5,43	12	6,33	14	6,24	15	6,55	15	6,62	12	3,59	12	4,28	12	4,99	14	4,93	15	5,17	15	5,17	15	5,17		
4.50	15	15	15	15	15	15	15	13	5,49	13	6,51	14	7,06	15	7,53	15	7,60	15	7,67	13	4,34	13	5,14	14	5,58	15	5,85	15	6,11	15	6,11	15	6,11		
5.00	15	15	15	15	15	15	15	15	6,20	15	7,27	15	8,90	15	9,00	15	9,00	15	9,00	15	4,90	15	5,73	15	6,58	15	6,58	15	6,58	15	6,58	15	6,58		

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI *Super Floor Deck®* DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEAN FINISHING LAINNYA

Gambar 4. 5 Tabel Perencanaan Praktis dari Brosur Bondex

spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja tulangan U-50
- Tegangan Leleh 5000 kg/cm²
- Spasi Standart 150mm x 150mm (tipe M) dan 100mm x 200mm (tipe B)

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

$$As_{U-50} = As_{U-48} \frac{U - 48}{U - 50}$$

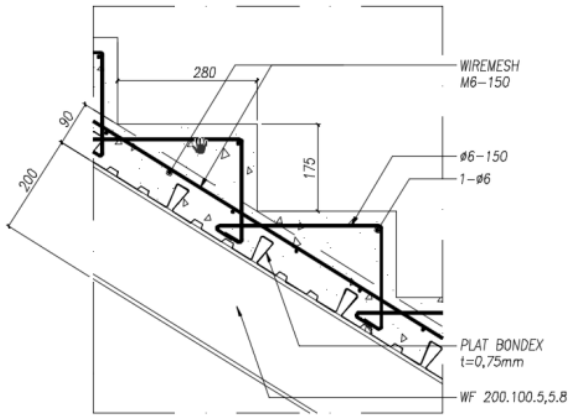
Walaupun termasuk bentang menerus dan tanpa tulangan negatif, tetapi dalam prakteknya tetap diberi tulangan minimal yaitu wiremesh M6 – 150 dengan As 1,8850 cm²/m.

Cek Persyaratan :

$$As_{perlu} \leq As_{pakai}$$

$$0,00 \leq 1,885 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sehingga digunakan wiremesh M6 – 150



Gambar 4. 6 Detail Plat Tangga

Tabel 4. 14 Rekap Beban berguna pelat tangga dan pelat bordes

Keterangan	Item Beban	Beban per Item	Beban Berguna	
		(Kg/m ²)		
Plat Tangga	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	1000
		Spesi 4 cm	84,00	
		Anak Tangga	237,44	
		Sandaran Besi	20,00	
	Beban Hidup	Tangga	488,44	
Plat Bordes	Beban Mati	Keramik 1 cm	24,00	750
		Spesi 4 cm	84,00	
		Sandaran Besi	20,00	
	Beban Hidup	Bordes	488,44	

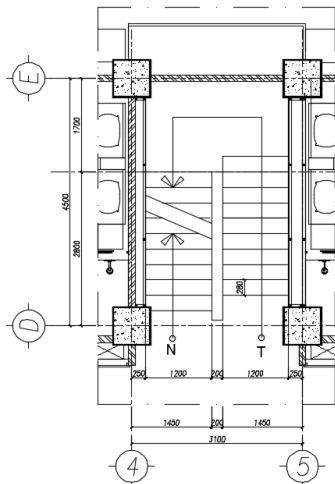
Tabel 4. 15 Rekap penulangan plat tangga dan plat bordes

Keterangan	tebal Plat (cm)	As perlu U-48	As perlu U-50	Dimensi Wiremesh	As Wiremesh	Cek
		(cm ² /m)	(cm ² /m)	Ø s	(cm ² /m)	
Plat Tangga	9	0	0	M6 - 150	1,8850	OK
Plat Bordes	9	0	0	M6 - 150	1,8850	OK

C. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 × 100 × 5.5 × 8, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 21.3 \text{ kg/m} & I_x &= 1840 \text{ cm}^4 \\
 r &= 11 \text{ mm} & Z_x &= 184 \text{ cm}^3 \\
 i_y &= 2.22 \text{ cm} & A_g &= 27.16 \text{ cm}^2 \\
 h &= 200 - 2(8+11) = 162 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 7 Denah Tangga

- Perencanaan pembebanan balok utama tangga
 - Berat Keramik 1cm ($2424 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2}$) = 17,40 kg/m
 - Berat Spesi 4 cm ($84 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2}$) = 15,23 kg/m
 - Anak Tangga ($237,44 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2}$) = 172,14 kg/m
 - Sandaran Besi ($20 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2}$) = 14,50 kg/m
 - Bondex ($10,10 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2}$) = 7,32 kg/m
 - Pelat Beton 9cm ($2160 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2}$) = 156,60 kg/m
 - Berat Profil WF = 21,30 kg/m +

$$q_{D1} = 404,49 \text{ kg/m}$$

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

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488,24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L1} = 488,24 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m/2} = 354,12 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1.2 q_D + 1.6 q_L$$

$$= 1.2 \times 404,49 \text{ kg/m} + 1.6 \times 354,12 \text{ kg/m}$$

$$= 1051,98 \text{ kg/m}$$

- Beban pada balok utama tangga mendatar

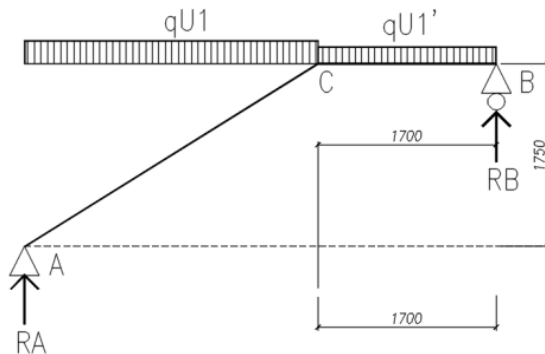
$$q_{D1}' = q_{D1} - \text{berat anak tangga}$$

$$= 404,49 \text{ kg/m} - 172,14 \text{ kg/m} = 232,35 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1}' = 1.2 q_D + 1.6 q_L$$

$$= 1.2 \times 232,35 \text{ kg/m} + 1.6 \times 354,12 \text{ kg/m}$$

$$= 845,41 \text{ kg/m}$$



Gambar 4. 8 Sketsa pembebanan pada balok utama tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = -R_b \times 4,50 + q_{u1} \times 2,80 \times 1,40 + q_{u1'} \times 1,70 \times (2,80 + 0,85)$$

$$R_b = \frac{\frac{1051,98}{\cos(32,0)} \times 2,8 \times 1,4 + 845,41 \times 1,7 \times 3,65}{4,50}$$

$$R_b = 2246,4 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = R_a \times 4,50 - q_{u1} \times 2,80 \times (1,40 + 1,70) - q_{u1'} \times 1,70 \times 0,85$$

$$R_a = \frac{\frac{1051,98}{\cos(32,0)} \times 2,8 \times 3,1 + 845,41 \times 1,7 \times 0,85}{4,50}$$

$$R_a = 2664,35 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 3,60 - q_{u2} \times 1,50 - P_1 \times 3 \\ &= 2664,35 + 2246,4 - 1240,55 \times 2,8 - 845,41 \times 1,7 \\ &= 0 \dots \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

Bidang M

- a - c :

$$\begin{aligned} M_x &= R_a \times X - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot X^2 \\ &= 2664,35 \times X - \frac{1}{2} \times 1240,55 \times X^2 \end{aligned}$$

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

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

$$X = 2,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_c &= 2664,35 \times 2,8 - \frac{1}{2} \times 1240,55 \times 2,8^2 \\ &= 2597,24 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

$$\frac{dM_x}{d_x} = 2664,35 - 1240,55 \times X = 0$$

$$X = 2,15 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 2664,35 \times 2,15 - \frac{1}{2} \times 1240,55 \times 2,15^2$$

$$= 2861,144 \text{ kgm}$$

- b - c :

$$M_X = R_b \times X - \frac{1}{2} q_{ul} \times X^2$$

$$= 2246,4 \times X - \frac{1}{2} \times 845,41 \times X^2$$

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

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

$$X = 1,7 \text{ m}$$

$$M_c = 2246,4 \times 1,7 - \frac{1}{2} \times 845,41 \times 1,7^2$$

$$= 2597,24 \text{ kgm}$$

Bidang D

- a - c :

$$D_X = R_a \times \cos(32,0^\circ) - q_{ul} \times X \times \cos(32,0^\circ)$$

$$= 2664,35 \times \cos(32,0^\circ) - 1240,55 \times X \times \cos(32,0^\circ)$$

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

$$D_{a_{ka}} = 2664,35 \times \cos(32,0^\circ) - 1240,55 \times 0 \times \cos(32,0^\circ)$$

$$= 2259,37 \text{ kg}$$

$$X = 2,8 \text{ m}$$

$$D_{c_{ki}} = 2664,35 \times \cos(32,0^\circ) - 1240,55 \times 2,8 \times \cos(32,0^\circ)$$

$$= -686,188 \text{ kg}$$

- b - c :

$$D_X = -R_b + q_{ul} \times X$$

$$= -2246,4 + 845,41 \times X$$

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

$$D_{b_{ki}} = -2246,4 + 845,41 \times 0$$

$$= -2246,4 \text{ kg}$$

$$X = 1,7 \text{ m}$$

$$D_{d_{ka}} = -2246,4 + 845,41 \times 1,7$$

$$= -809,18 \text{ kg}$$

Bidang N

- a - c :

$$N_X = -R_a \times \sin(32,0^\circ) + q_{ul} \times X \times \sin(32,0^\circ)$$

$$= -2664,35 \times \sin(29.05^\circ) + 1240,55 \times X \times \sin(32,0^\circ)$$

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

$$N_{a_{ka}} = -2664,35 \times \sin(29.05^\circ) + 1240,55 \times 0 \times \sin(32,0^\circ)$$

$$= -1412,08 \text{ kg}$$

$$X = 3.60 \text{ m}$$

$$N_{c_{ki}} = -2664,35 \times \sin(29.05^\circ) + 1240,55 \times 2,8 \times \sin(32,0^\circ)$$

$$= 428,86 \text{ kg}$$

- b - c :

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil

a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \cdot t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

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

$\lambda \leq \lambda_p ; 6,25 \leq 10,74 \rightarrow$ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{(d - 2 \cdot t_f)}{t_w} = \frac{(200 - 2 \times 8)}{5,5} = 33,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,34$$

$\lambda \leq \lambda_p ; 33,45 \leq 106,34 \rightarrow$ penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 200,2 \\ &= 500380,0 \text{ kgcm} \\ &= 5003,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 5003,8 \\ &= 4503,42 \text{ kgm} \geq 2861,144 \text{ kgm... OK !} \end{aligned}$$

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

(SNI 1729:2015 Bab F Pasal F2.2)

$L_b = 40 \text{ cm}$ (jarak *shear connector bondex*)

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 2,22 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 110,51 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 200,2 \\ &= 500380,0 \text{ kgcm} \\ &= 5003,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 5003,8 \\ &= 4503,42 \text{ kgm} \geq 2861,144 \text{ kgm... OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser (SNI 1729:2015 Bab G pasal G2.1)

$$\frac{(d - 2 \cdot t_f)}{t_w} = \frac{(200 - 2 \times 8)}{5,5} = 33,45$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$\text{Karena, } \frac{(d-2.t_f)}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} ; 33,45 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times ((200 - 2 \times 8) \times 5,5) \times 1 \\ &= 15180 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0.9 \times 15180 \text{ kg} \\ &= 13662 \text{ kg} > 2259,368 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{280^2 + 175^2} = 330,189 \text{ cm}$$

$$K_c = 0.70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0.7 \times 330,189}{2,22}\right)^2} = 1821,015 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{1821,015} = 1,373$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 1,373 \leq 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

(SNI 1729:2015 Bab E Pasal E3)

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) \times f_y = 0,658^{1,373} \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 236,04 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 236,04 \times 27,16 = 6410,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset P_n &= 0,9 \times 6410,84 \text{ kg} \\ &= 5769,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1412,08}{5769,75} = 0,2447 \text{ maka rumus interaksi 1}$$

(SNI 1729:2015 Bab H Pasal H1.1)

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

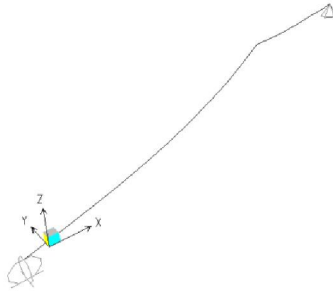
$$\frac{1412,08}{5769,75} + \frac{8}{9} \left(\frac{2861,144}{4503,42} + 0 \right) = 0,809 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol lendutan

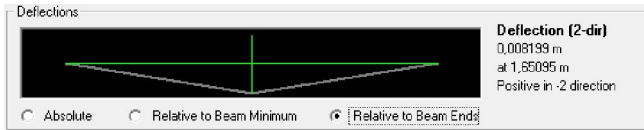
$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{280^2 + 175^2}}{240} = 1,376 \text{ cm}$$

$$f = 0,8199 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{\text{ijir}} \rightarrow 0.8199 \text{ cm} < 1.376 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$



Gambar 4. 9 Hasil analisa lendutan Balok utama tangga



Gambar 4. 10 Deflections Balok utama tangga

D. Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil

WF 250 × 125 × 6 × 9

$$W = 29,6 \text{ kg/m} \quad r = 12 \text{ mm}$$

$$A = 37,7 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 351,9 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 324 \text{ cm}^3 \quad I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 294 \text{ cm}^4 \quad i_x = 10,4 \text{ cm}$$

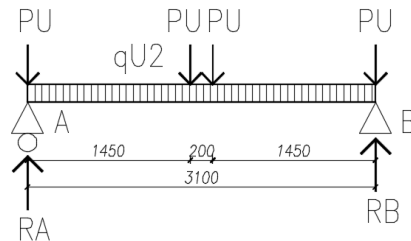
$$i_y = 2,79 \text{ cm} \quad d = 250 \text{ mm}$$

$$b = 125 \text{ cm}$$

$$h = 250 - 2(9) = 232 \text{ mm}$$

- Pembebanan

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



Gambar 4. 11 Sketsa pembebanan Balok Penumpu Tangga (Balok Bordes)

$$R_{a\text{Balok Tangga}} (P_{u1}) = 2664,35 \text{ kg}$$

$$R_{b\text{Balok Tangga}} (P_{u2}) = 2246,40 \text{ kg}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

- Berat Keramik 1cm	$(2424\text{kg/m}^2 \times 1,70\text{m}/2)$	=	20,40 kg/m
- Berat Spesi 4 cm	$(84\text{kg/m}^2 \times 1,70\text{m}/2)$	=	71,40 kg/m
- Sandaran Besi	$(20\text{kg/m}^2 \times 1,70\text{m}/2)$	=	17,00 kg/m
- Bondex	$(10,10 \text{ kg/m}^2 \times 1,70\text{m}/2)$	=	8,59 kg/m
- Pelat Beton 9cm	$(2160\text{kg/m}^2 \times 1,70\text{m}/2)$	=	183,60 kg/m
- Berat Profil WF		=	29,60 kg/m
- Dinding Bata Ringan 10cm(tinggi 1,75m)		=	104,13 kg/m +
	q_{D1}	=	434,71 kg/m

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

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L2} = 488.24 \times 1,70\text{m} / 2 = 415,18 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 434,71 \text{ kg/m} + 1.6 \times 415,18 \text{ kg/m} \\
 &= 1185,94 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Reaksi perletakan

$$\sum M_a = 0$$

$$-R_b \times 3,1 + Pu_1 \times 1,45 + Pu_2 \times 1,65 + \frac{1}{2} qu_2 \times 3,1^2 = 0$$

$$R_b = \frac{2664,35 \times 1,45 + 2246,40 \times 1,65 + \frac{1}{2} 1185,94 \times 3,1^2}{3,1}$$

$$R_b = 4280,1 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_a \times 3,1 + Pu_1 \times 1,65 + Pu_2 \times 1,45 + \frac{1}{2} qu_2 \times 3,1^2 = 0$$

$$R_a = \frac{2664,35 \times 1,65 + 2246,40 \times 1,45 + \frac{1}{2} 1185,94 \times 3,1^2}{3,1}$$

$$R_a = 4307,1 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 \sum V &= R_a + R_b - Pu_1 - Pu_2 - qu_2 \times 3,10 \\
 &= 4307,1 + 4280,1 - 2664,35 - 2246,4 - 1185,94 \times 3,10 \\
 &= 0 \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

Momen maksimum terjadi pada :

$$\begin{aligned}
 X &= (R_a - Pu_1)/qu_2 && \text{(Lihat Kiri)} \\
 &= (4307,1 - 2664,35)/1185,94 \\
 &= 1,385 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_a \times X - Pu_1 \times (X - 1,45) - \frac{1}{2} \times q \times X^2 \\
 &= 4307,1 \times 1,385 - 2664,35 \times 1,358 - \frac{1}{2} \times 1185,94 \times 1,385^2 \\
 &= 5001,01 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = R_a = 4307,1 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil
- a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \cdot t_f} = \frac{125}{2 \times 9} = 6,94$$

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

$\lambda \leq \lambda_p$; $6,94 \leq 10,74 \rightarrow$ penampang sayap kompak
Pelat badan

$$\lambda = \frac{(d - 2 \cdot t_f)}{t_w} = \frac{(250 - 2 \times 9)}{6} = 38,67$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,34$$

$\lambda \leq \lambda_p$; $33,45 \leq 106,34 \rightarrow$ penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 351,9 \\ &= 879652,5 \text{ kgcm} \\ &= 8796,52 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8796,52$$

$$= 7916, \text{ kgm} \geq 5001,01 \text{ kgm... OK !}$$

- b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
(SNI 1729:2015 Bab F Pasal F2.2)
- $L_b = 40 \text{ cm}$ (jarak *shear connector bondex*)

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 2.22 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 110.51 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 351,9 \\ &= 879652,5 \text{ kgcm} \\ &= 8796,52 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 8796,52 \\ &= 7916,866 \text{ kgm} \geq 5001,01 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser (SNI 1729:2015 Bab G pasal G2.1)

$$\frac{(d - 2 \cdot t_f)}{t_w} = \frac{(250 - 2 \times 9)}{6} = 38,67$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$\text{Karena, } \frac{(d-2 \cdot t_f)}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} ; 38,67 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times ((250 - 2 \times 9) \times 6) \times 1 \\ &= 20880 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 20880 \text{ kg} \\ &= 18792 \text{ kg} > 4307,054 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 290 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{310}{360} = 0,861 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} \times \frac{P_u \times a}{24EI_x} (3L^2 - 4a^2) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{11,85939 \times 310^4}{2 \times 10^6 \times 4050} + \frac{(2664,35 + 2246,4) \times 155}{24 \times 2 \times 10^6 \times 4050} (3 \times 310^2 - 4 \times 155^2) \end{aligned}$$

$$= 0,753$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,753 \text{ cm} \leq 0,861 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$

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*) :

- Tipe lift : *Standart – speed 1,0 m/s*
- Merek : SIGMA IRIS NV
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur : 4150 x 2150 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1600 x 1500 mm²
 - Eksternal : 1600 x 1500 mm²
- Dimensi ruang mesin : 4150 x 2150 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 - R₁ = 5450 kg
 - R₂ = 4300 kg

Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

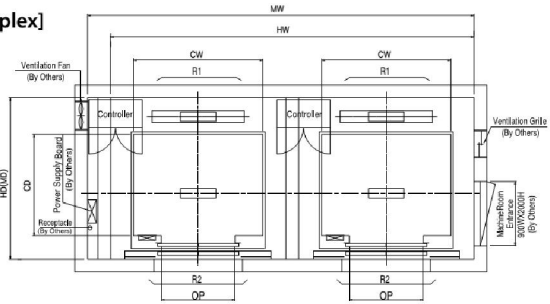
[Standard]

(Unit : mm)

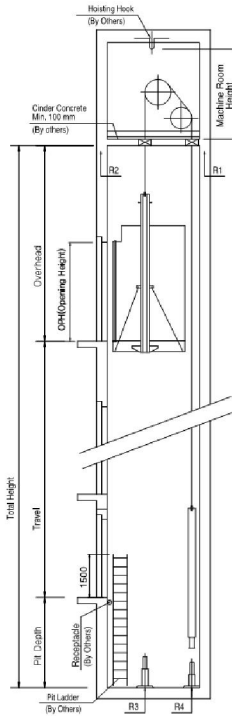
Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load				
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit		
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4	
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	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		1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

Gambar 4. 12 Tabel spesifikasi lift untuk kecepatan 1 m/s

[Duplex]



I Hoistway Section



Gambar 4. 13 Detail Lift Merk Sigma Iris NV

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%

$$K_{LL} = (1 + 50\%) = 1.5$$

$$R_A = 5450 \text{ kg} \times 1,5 = 8175 \text{ kg}$$

$$R_B = 4300 \text{ kg} \times 1,5 = 6450 \text{ kg}$$

Jadi beban yang bekerja pada balok :

$$\begin{aligned} P_U &= R_A + R_B \\ &= 8175 \text{ kg} + 6450 \text{ kg} \\ &= 14625 \text{ kg} \end{aligned}$$

A. Balok Penggantung *Lift*

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 300 × 200 × 8 × 12 dengan data sebagai berikut :

$$W = 56.8 \text{ kg/m} \quad S_x = 771 \text{ cm}^3 \quad r = 18 \text{ mm}$$

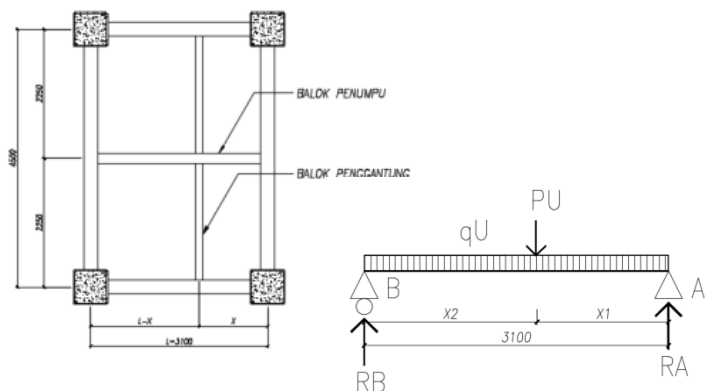
$$A = 72.38 \text{ cm}^2 \quad I_x = 11300 \text{ cm}^4 \quad i_x = 12.50 \text{ cm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad I_y = 1600 \text{ cm}^4 \quad i_y = 4.71 \text{ cm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad d = 294 \text{ mm} \quad t_f = 12 \text{ mm}$$

$$h = 294 - 2 \times (9 + 13) = 234 \text{ mm} \quad Z_x = 822.6 \text{ cm}^3$$

a. Letak balok penggantung *lift* pada balok penumpu *lift*



Gambar 4. 14 Sketsa letak balok penggantung

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ R_A \cdot L - P_u \cdot X_2 &= 0 \\ P_u \cdot X_2 &= 8175 \text{ kg} \cdot 3,1 \text{ m} \\ P_u &= \frac{25342,5 \text{ kgm}}{X_2} \\ \sum M_A &= 0 \\ -R_B \cdot L + P_u \cdot (L - X_2) &= 0 \\ -6450 \cdot 3,1 + \frac{25342,5}{X_2} (3,1 - X_2) &= 0 \\ X_2 &= \frac{25342,5 \cdot 3,1}{(6450 \cdot 3,1) + 25342,5} \\ X_2 &= 1,733 \text{ m} \\ X_1 &= 1,367 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Pembebanan pada balok penggantung *lift*

- Beban mati (Lebar = $X_1/2 + X_2/2 = 1,55 \text{ m}$)

Berat profil balok penggantung <i>lift</i>	= 56,80 kg/m
Berat aspal 2cm	= 43,40 kg/m
Berat plat bondek	= 15,66 kg/m
Berat plat beton 9 cm	= <u>334,8 kg/m</u> +
	= 450,66 kg/m
Berat sambungan, dll(10%)	= <u>45,07 kg/m</u> +
	$q_D = 946,38 \text{ kg/m}$

Beban terpusat lift

$$P_U = 14625 \text{ kg}$$

- Beban hidup

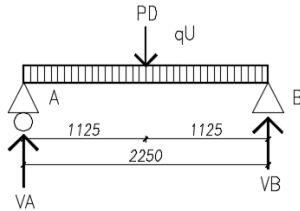
$$q_L = 97,89 \text{ kg/m} \times 1,55 \text{ m} = 151,73 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1378,42 \text{ kg/m}$$

$$P_D = 1,4 P_U = 20475,0 \text{ kg/m}$$

- c. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4. 15 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

Momen Maksimum

$$M_u = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M_u = \frac{1}{8} 1378,42 \times 2,25^2 + \frac{1}{4} 20475,0 \times 2,25$$

$$M_u = 12389,5 \text{ kgm}$$

- Gaya Geser

$$V_u = \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P_u$$

$$V_u = \frac{1}{2} 1378,42 \times 2,25 + \frac{1}{2} 20475,0$$

$$V_u = 11788,2 \text{ kg}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow 8,33 < 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{270}{8} = 33,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow 33,75 < 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 822,6 = 2056500 \text{ kgcm}$
 $= 20565,0 \text{ kgm}$
- Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 20565,0 \text{ kgm}$
 $= 18508,5 \text{ kgm} > 12389,5 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$
- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
 $L_b = 40 \text{ cm}$ (jarak *shear connector bondex*)
 $L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
 $= 1,76 \cdot 4,7 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$
 $= 234,47 \text{ cm}$
 $L_b < L_p$ (bentang pendek)
- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 822,6 = 2056500 \text{ kgcm}$
 $= 20565,0 \text{ kgm}$
- Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 20565,0 \text{ kgm}$
 $= 18508,5 \text{ kgm} > 12389,5 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$

- e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

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

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; \quad C_v = 1,0$$

$$\frac{270}{8} = 33,75 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1\sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1\sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (27,0 \cdot 0,8) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 29160 \text{ kg} > 11788,2 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

f. Kontrol lendutan

$$L = 225 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{225}{240} = 0,937 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5(q_D + q_L) \times L^4}{384 \times E \times I_x} + \frac{1 \times P \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$f = \frac{3(9,4638 + 1,5173) \times 225^4}{384 \times 2000000 \times 11300} + \frac{1 \times 14625 \times 225^3}{48 \times 2000000 \times 11300}$$

$$= 0,170 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = 0,170 \text{ cm} \geq f = 0,937 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

B. Balok Penumpu Lift

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

$$W = 69,2 \text{ kg/m} \quad S_x = 1100 \text{ cm}^3 \quad r = 20 \text{ mm}$$

$$A = 88 \text{ cm}^2 \quad I_x = 18500 \text{ cm}^4 \quad i_x = 15 \text{ cm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad I_y = 3090 \text{ cm}^4 \quad i_y = 5,9 \text{ cm}$$

$$b = 249 \text{ mm} \quad d = 336 \text{ mm} \quad t_f = 12 \text{ mm}$$

$$h = 336 - 2 \times (12) = 312 \text{ mm} \quad Z_x = 1162,8 \text{ cm}^3$$

a. Pembebanan

- Beban mati

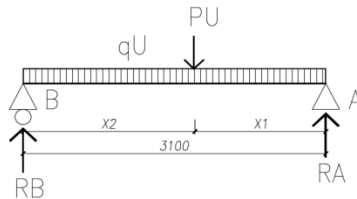
$$\text{Berat profil balok penumpu lift} = 69,20 \text{ kg/m}$$

$$\underline{\text{Berat sambungan, dll(10\%)}} = 6,92 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 76,12 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat akibat reaksi balok penggantung lift
 $P_D = 11788,23 \text{ kg}$
- Beban Kombinasi
 $q_U = 1.4 q_D$
 $= 1.4 (76,12) = 106,57 \text{ kg/m}$
- $P_U = 1.4 P_D$
 $= 1.4 (11788,23) = 16503,5 \text{ kg}$

b. Perhitungan Momen dan Gaya



Gambar 4. 16 Sketsa Balok Penumpu

$$X_1 = 1,367 \text{ m}$$

$$X_2 = 1,733 \text{ m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A \cdot L + P_u \cdot X_2 + \frac{1}{2} q_u \cdot L = 0$$

$$R_A = \frac{16503,5 \cdot 1,733 + \frac{1}{2} 106,57 \cdot 3,1}{3,1}$$

$$R_A = 29109,7 \text{ kg}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B \cdot L - P_u \cdot X_1 - \frac{1}{2} q_u \cdot L = 0$$

$$R_B = \frac{16503,5 \cdot 1,367 + \frac{1}{2} 106,57 \cdot 3,1}{3,1}$$

$$R_B = 23075,3 \text{ kg}$$

$$M_U = P_U \frac{X_1 \cdot X_2}{L} + \frac{1}{8} q_u \cdot L^2$$

$$M_U = 16503,5 \frac{1,367 \cdot 1,733}{3,1} + \frac{1}{8} 106,57 \cdot 3,1^2$$

$$M_U = 12740,3 \text{ kgm}$$

$$V_U \text{ max} = 29109,7 \text{ kg}$$

$$M_U \text{ max} = 12740,3 \text{ kgm}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{350}{2 \times 12} = 10,4$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow 10,4 < 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{312}{8} = 39,0$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow 39,0 < 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1162,8 = 2907000 \text{ kgcm}$$

$$= 29070 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 29070 \text{ kgm}$$

$$= 26163 \text{ kgm} > 12740,3 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 173,3 \text{ cm (jarak terjauh pengekang lateral dari balok penggantung)}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \cdot 5,9 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\
 &= 294,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$L_b < L_p$ (bentang pendek)

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1162,8 = 2907000 \text{ kgcm}$
 $= 29070 \text{ kgm}$
- Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 29070 \text{ kgm}$
 $= 26163 \text{ kgm} > 12740,3 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

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

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{312}{8} = 39,0 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (31,2 \cdot 0,8) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 33696 \text{ kg} > 29109,7 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 310 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{310}{240} = 1,292 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5(q_D) \times L^4}{384 \times E \times I_X} + \frac{P_D \times X_1^2 \times X_2^2}{3 \times E \times I_X \times L}$$

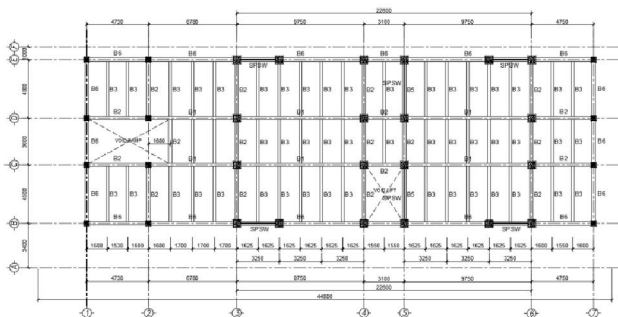
$$f = \frac{5(76,12) \times 310^4}{384 \times 2000000 \times 18500} + \frac{11788,23 \times 136,7^2 \times 173,3^2}{3 \times 2000000 \times 18500 \times 310}$$

$$= 0,195 \text{ cm}$$

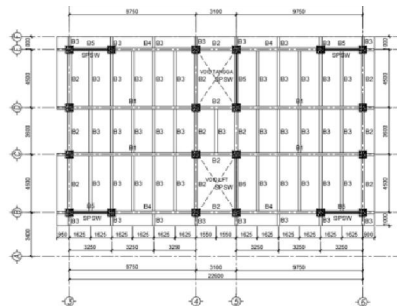
$$f_{ijin} = 1,292 \text{ cm} \geq f = 0,937 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

4.2. Permodelan Struktur

Pada perencanaan permodelan struktur pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan struktur baja dengan dinding geser plat baja (*Steel Plate Shear Wall*) yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral akibat beban gempa. Struktur direncanakan pada gedung *Life Style Hotel* yang berlokasi Jalan Sumatra no.16 Surabaya. Gedung ini direncanakan terdiri dari 14 lantai hotel dan 1 semi basement dengan total tinggi 53,5 m.



Gambar 4. 17 Denah Struktur Gedung Lantai Dasar



Gambar 4. 18 Denah Struktur Gedung Lantai 1 - 13

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 ini dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) dan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.

Permodelan struktur *Life Style Hotel* dilakukan menggunakan program bantu SAP2000. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI 1726:2012 dan SNI 1729:2015.

4.2.1. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dan SNI (1727;2013) dengan rincian sebagai berikut :

4.2.1.1. Beban Mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :

- a. Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- b. Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$ (dari brosur)
- c. Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, dan balok dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3 .
- d. Beban dinding bata ringan 10cm sebesar $59,5 \text{ kg/m}^2$ (dari brosur)
- e. Beban spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- f. Beban aspal sebesar 14 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm

- g. Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 40,0 kg/m².
- h. Beban keramik sebesar 24 kg/m² untuk setiap ketebalan 1 cm
- i. Beban plafon dan penggantung sebesar 18 kg/m².
- j. Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir pada brosur.

4.2.1.2. Beban Hidup

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. 16 Beban Hidup

No.	Keterangan	Satuan	Berat
1	Lantai Atap	kg/m ²	97,89
2	Ruang Pertemuan	kg/m ²	488,44
3	Koridor	kg/m ²	488,44
4	Kamar Hotel dan K.Mandi	kg/m ²	195,79
5	Lobby	kg/m ²	488,44
6	Ruang Makan	kg/m ²	488,44
7	Parkir Kendaraan	kg/m ²	195,79
8	Tangga	kg/m ²	488,44
9	Bordes	kg/m ²	488,44
10	Hujan	kg/m ²	69,95

$$* 1\text{kN/m}^2 = 101,97\text{kg/m}^2$$

Untuk beban hujan (R) didapat dari : (SNI 1727:2013 Pasal 8.3)

$$R = 0,0098 (d_s + d_h) \dots\dots (\text{kN/m}^2)$$

Dimana : d_s = Kedalaman air pada atap rencana
(direncanakan 50mm)

d_g = Tambahan kedalaman air pada atap rencana
(direncanakan 29 mm)

sehingga; $R = 0,0098 (50\text{mm} + 20 \text{ mm}) = 0,69 \text{ kN/m}^2$

4.2.1.3. Beban Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada gedung *Life Style Hotel* ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamis sesuai SNI 1726:2012. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari dinas Pekerjaan Umum.

1. Lantai Tingkat sebagai Diafragma

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa lantai dengan dek metal yang diberi penutup *topping* beton dapat dianggap kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

2. Arah Pembebanan

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

- Gempa Respon Spektrum X :

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

- Gempa Respon Spektrum Y :

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

3. Parameter Respon Spektrum Rencana

a) Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II.

b) Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan Kategori gempa yang didapat maka dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu $I_e = 1$

- c) Menentukan Parameter Percepatan Gempa
 Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada untuk kota Bekasi didapat nilai $S_s = 0,664g$ dan $S_1 = 0,248g$.
- d) Menentukan Klasifikasi Situs
 Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT.

Tabel 4. 17 Nilai N SPT Tanah

Keterangan	Kedalaman	Tebal Lapisan (Fi) (m)	N	Ni	Fi/Ni
	(m)			(Rata-Rata N)	
Lapisan 1	2,50	2,50	23	23	0,11
Lapisan 2	5,00	2,50	17	17	0,15
Lapisan 3	7,50	2,50	8	8	0,31
Lapisan 4	13,50	6,00	25	24,75	0,24
			24		
			28		
			22		
Lapisan 5	16,50	3,00	17	17	0,18
Lapisan 6	21,00	4,50	22	21,5	0,21
			21		
Lapisan 7	30,00	9,00	21	24	0,38
			25		
			21		
			28		
Total		30,00			1,57

$$\bar{N} = \frac{\sum Fi}{\sum (Fi / Ni)} = 19,09$$

Termasuk Klasifikasi situs Kelas = **SD (Tanah Sedang)**

- e) Menentukan Koefisien Situs
Berdasarkan tabel 4 dan 5 pada SNI 1726:2012 dapat diketahui nilai $F_a = 1,269$ dan $F_v = 1,904$ (dari hasil interpolasi)
- f) Menghitung Parameter Percepatan Desain Spektral
Sebelum menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}) dengan persamaan pada SNI 1726:2012 Pasal 6.2 persamaan (5) dan (6). Selanjutnya nilai SDS dan $SD1$ dapat dicari pada SNI 1726:2012 Pasal 6.3 persamaan (7) dan (8).
- $$S_{MS} = F_a \times S_S = 1,269 \times 0,664 \text{ g} = 0,842 \text{ g}$$
- $$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,904 \times 0,248 \text{ g} = 0,472 \text{ g}$$
- $$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,842 \text{ g} = 0,562 \text{ g}$$
- $$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,472 \text{ g} = 0,315 \text{ g}$$
- g) Menentukan Kategori Desain Seismik
Berdasarkan tabel 6 dan 7 pada SNI 1726:2012 dilihat dari kategori resiko yang didapat pada tinjauan sebelumnya maka diketahui bangunan termasuk kategori desain seismik D untuk kedua parameter S_{DS} dan S_{D1} .
- h) Menentukan parameter struktur R , C_d , Ω_0
Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja adalah :
- nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 6,0
 - nilai koefisien modifikasi respon (R) = 7,5
 - nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5
- i) Analisa Model Respon Spektrum
Untuk grafik respons spektrum rencana, penggambaran mengikuti ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4 berikut :

- Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,315}{0,562} = 0,112 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,315}{0,562} = 0,560 \text{ detik}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat $T < T_0$

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

Misalkan saat $T = 0$ detik maka S_a :

$$S_a = 0,562 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,112} \right) = 0,225 \text{ g}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,607 \text{ g}$$

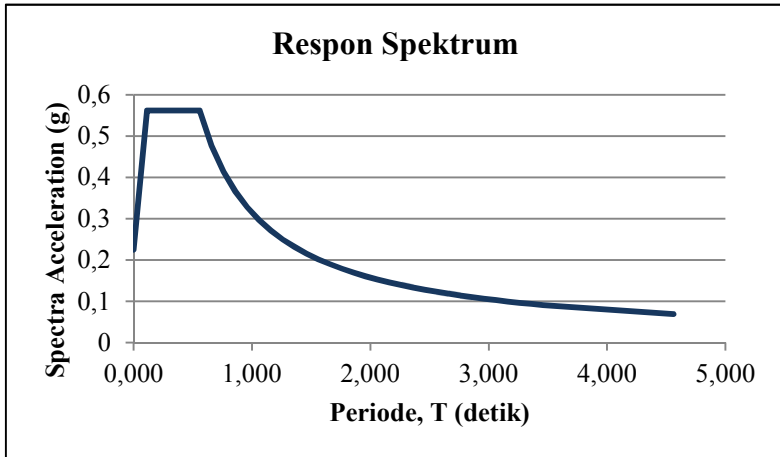
- Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T \geq T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Tabel 4. 18 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra (Sa) berdasarkan ketentuan SNI1726:2012 Pasal 6.4.

T (detik)	T (detik)	S_a (g)
0	0,000	0,225
T_0	0,112	0,562
T_s	0,560	0,562
$T_s + 0,10$	0,660	0,477
$T_s + 0,20$	0,760	0,414
$T_s + 0,30$	0,860	0,366
$T_s + 0,40$	0,960	0,328
$T_s + 0,50$	1,060	0,297
$T_s + 0,60$	1,160	0,271

T	T	S_a
(detik)	(detik)	(g)
Ts + 0,70	1,260	0,250
Ts + 0,80	1,360	0,231
Ts + 0,90	1,460	0,216
Ts + 1,00	1,560	0,202
Ts + 1,10	1,660	0,190
Ts + 1,20	1,760	0,179
Ts + 1,30	1,860	0,169
Ts + 1,40	1,960	0,161
Ts + 1,50	2,060	0,153
Ts + 1,60	2,160	0,146
Ts + 1,70	2,260	0,139
Ts + 1,80	2,360	0,133
Ts + 1,90	2,460	0,128
Ts + 2,00	2,560	0,123
Ts + 2,10	2,660	0,118
Ts + 2,20	2,760	0,114
Ts + 2,30	2,860	0,110
Ts + 2,40	2,960	0,106
Ts + 2,50	3,060	0,103
Ts + 2,60	3,160	0,100
Ts + 2,70	3,260	0,097
Ts + 2,80	3,360	0,094
Ts + 2,90	3,460	0,091
4,00	4,560	0,069



Gambar 4. 19 Grafik Spektal Percepatan Gempa Wilayah Surabaya

4.2.1.4. 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 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL + 1.6 LL + 0.5 R
- 1.2 DL + 1.0E + 1.0LL
- 0.9 DL + 1.0E

Keterangan :

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

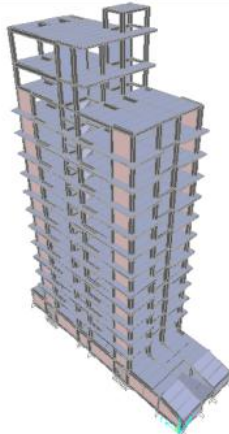
4.2.2. Permodelan Struktur Utama

4.2.2.1. Permodelan 3D pada Program SAP2000

Data gedung yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

Mutu baja	: BJ 41
	f_y : 250 MPa
	f_u : 410 MPa
Mutu beton	: K-300
	f_c' : 25 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E_s)	: 200000 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	: 23500 MPa
Tinggi tiap lantai	: 3,5 m
Tebal pelat atap	: 9 cm
Tebal pelat lantai	: 9 cm
Jenis tanah	: Tanah Sedang (SD)
Faktor keutamaan gedung (I)	: 1

Pemodelan struktur gedung *Life Style Hotel* Surabaya ini dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 4. 20 Permodelan Gedung *Lift Style Hotel* Surabaya

Untuk permodelan struktur dengan menggunakan program bantu SAP2000 serta pembuatan profil Hexagonal castella beam, kolom rectangular concrete fill steel tube (RCFT), dinding geser (Steel Plate Shear Wall) akan dijelaskan secara singkat sebagai berikut.

1. Data Material

Data material pada SAP2000 meliputi data material dari element 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 input data material untuk permodelan gedung *Life Style Hotel* :

The figure shows three screenshots of the SAP2000 Material Property Data dialog boxes. Each dialog box is titled 'Material Property Data' and contains the following information:

- General Data:** Material Name and Display Color (BAJA BJ-41, BAJA BJ-37, and BETON K-300), Material Type (Steel, Steel, and Concrete), and Material Notes (Moddy/Show Notes...).
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume (7849.0476, 7849.0476, and 2403), Mass per Unit Volume (500.3591, 500.3591, and 244.7319), and Units (Kgl. m. C.).
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E (2.03E+10, 2.03E+10, and 2.29E+09), Poisson's Ratio, ν (0.3, 0.3, and 0.2), Coefficient of Thermal Expansion, α (1.170E-05, 1.170E-05, and 1.170E-05), and Shear Modulus, G (7.842E+09, 7.842E+09, and 8.389E+08).
- Other Properties for Steel Materials:** Minimum Yield Stress, F_y (2545205, 2441385, and 3772948), Minimum Tensile Stress, F_u (4180364, 4180364, and 5772948), Effective Yield Stress, F_{ye} (28842195, 2880807, and 2880807), and Effective Tensile Stress, F_{ue} (4989300, 4150444, and 4150444).
- Other Properties for Concrete Material:** Specified Concrete Compressive Strength, f_c (2545205), and a checkbox for Lightweight Concrete (unchecked).

Each dialog box also has a 'Switch To Advanced Property Display' checkbox and 'OK' and 'Cancel' buttons.

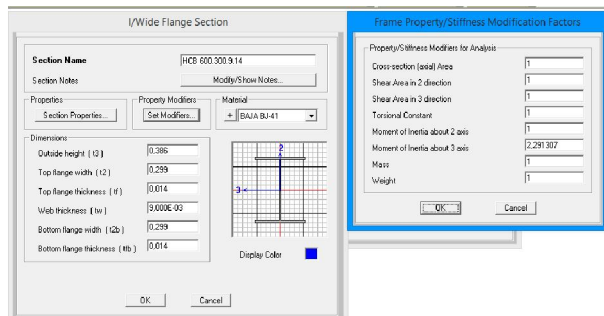
Gambar 4. 21 Data Material Baja BJ-37, BJ-41, dan Beton K-300

2. Data Elemen Struktur

Data elemen struktur adalah data-data elemen struktur yang akan digunakan pada permodelan pada SAP2000v14, misalnya elemen kolom, balok, plat dinding geser baja. Data elemen yang akan di input berupa dimensi dan material dari elemen. Proses menginput data-data elemen struktur dapat dilihat pada gambar berikut :

a) *Hexagonal Castellated Beam (HCB)*

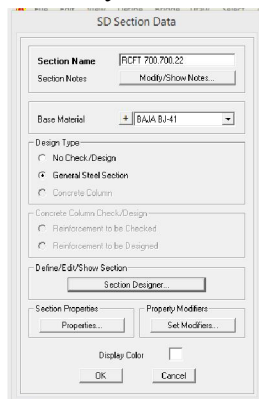
Untuk balok *castella*, buat profil WF asli (sebelum di buat *castella*) kemudian naikan inersia profil tersebut dengan menaikkan *moment of inertia about 3 axis* pada *section modifiers* dengan perbandingan I_x *castella* dibagi I_x WF tersebut.



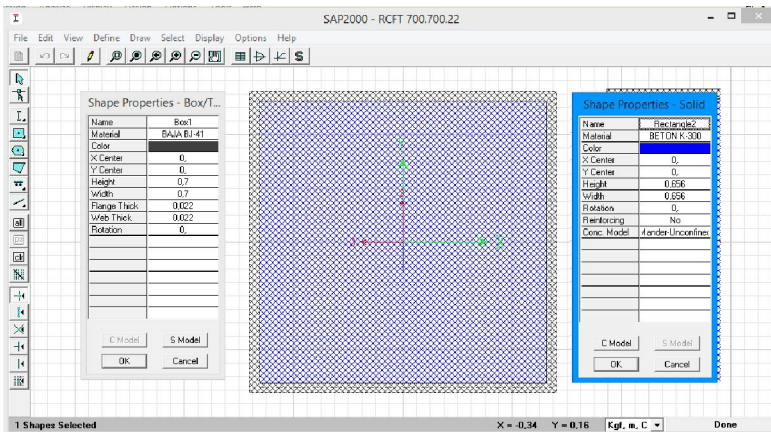
Gambar 4. 22 *Section Properties* untuk Balok HCB

b) *Rectangular Concrete Fill Steel Tube (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.



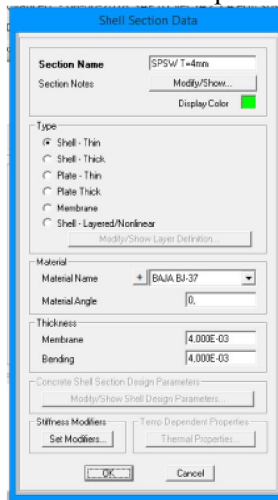
Gambar 4. 23 *Section Properties* untuk Kolom RCFT



Gambar 4. 24 Penggambaran Kolom RCFT dan Data Material

c) *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

Untuk SPSW dibuat seperti pelat pada umumnya digunakan material yang berbeda dari material baja profil lainnya, yaitu menggunakan BJ-37. Untuk type nya dipilih Shell-thin karena merupakan berukuran tipis.



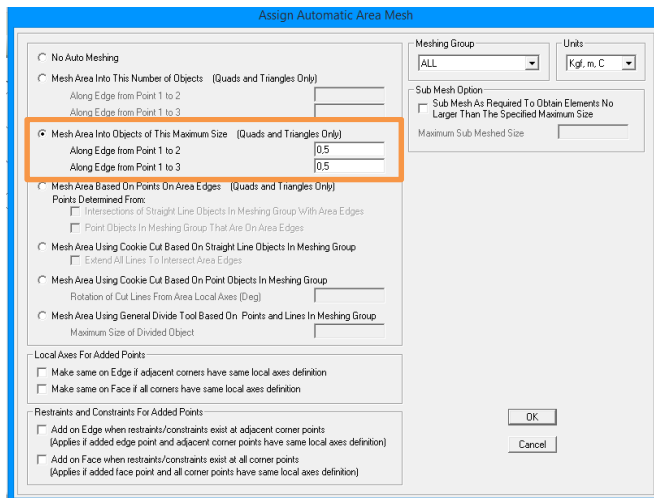
Gambar 4. 25 *Section Properties* untuk SPSW

Elemen *Shell* yang dipakai untuk permodelan dinding geser plat baja perlu dibagi ke dalam pias-pias kecil sejumlah tertentu.

Untuk dinding geser pleat baja lantai 2 - 14 :

- 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

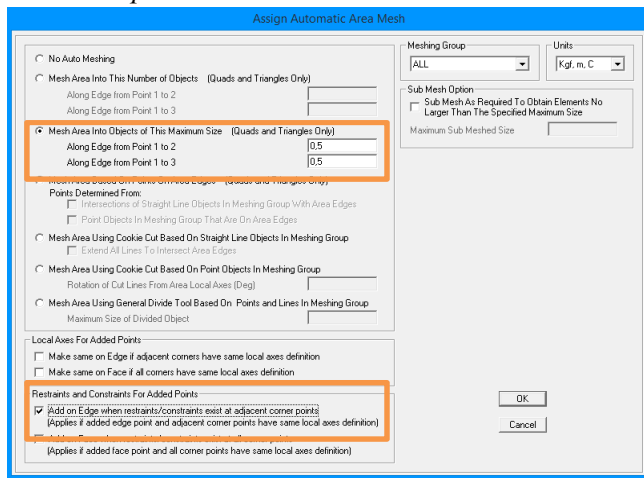
Hal ini dimaksudkan dinding geser di *Meshing* 0.5m x0.5m



Gambar 4. 26 Kotak Dialog *Assign Automatic Area Mesh*

Untuk dinding geser plat baja lantai 1 (dasar) :

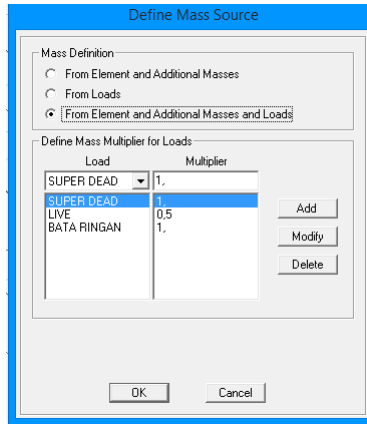
- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 1.
- Langkah selanjutnya sama dengan langkah sebelumnya yaitu dengan membagi dinding geser menjadi pias *Meshing* 0.5m x 0.5m.
- Pada dinding geser lantai dasar diperlukan tumpuan atau jepitan pada bagian dinding gesernya, sehingga pada pembagian pias pada kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh* diaktifkan pilihan *Add on Edge when restraints/contraints exist at adjacent corner point*.



Gambar 4. 27 Kotak Dialog *Assign Automatic Area Mesh* untuk lantai dasar

3. Besaran Massa

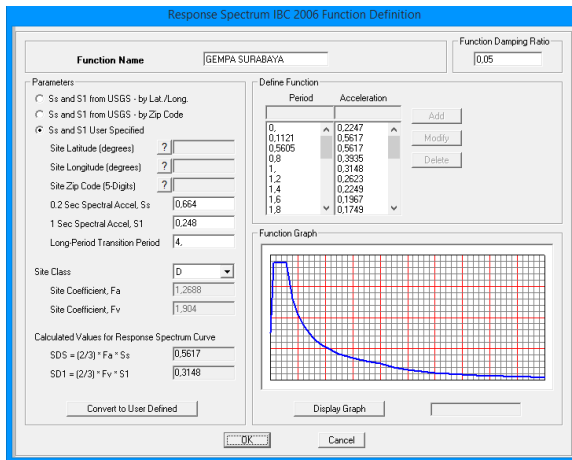
Besaran massa elemen struktur (*mass source*) adalah massa struktur pada SAP 2000v14 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal. Dalam peninjauan pembebanan gempa massa total struktur terdiri dari berat sendiri struktur dan beban hidup yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5



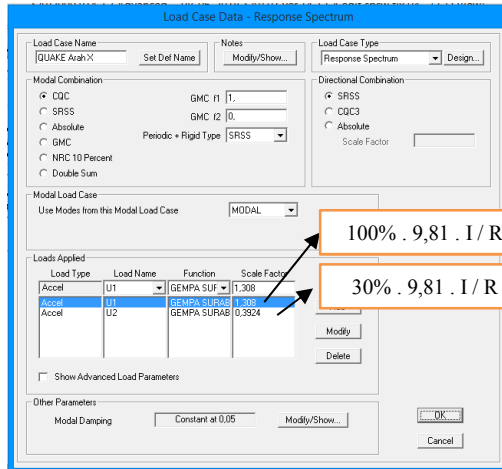
Gambar 4. 28 *Input Mass Source*

4.2.2.2. Input Beban Gempa Dinamis

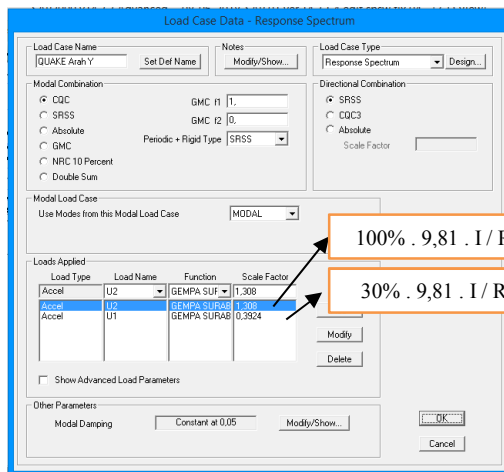
Input beban gempa pada permodelan SAP2000 menggunakan gempa dinamis yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya. Berikut input beban gempa pada SAP2000 menggunakan respon spektrum IBC 2006 (Yang perlu di inputkan adalah S_s , S_1 , dan Kelas Situs) :



Gambar 4. 29 *Input beban gempa respon spektrum*



Gambar 4. 30 Pembebanan gempa dinamis arah X



Gambar 4. 31 Pembebanan gempa dinamis arah Y

4.2.3. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan

SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*Drift*)

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

4.2.3.1. 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 SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel berikut :

Tabel 4. 19 Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,402355	0,557	4,1E-08	6,7E-07
MODAL	Mode	2	1,26995	0,559	0,00118	7,5E-07
MODAL	Mode	3	1,084884	0,559	0,568	1,6E-06
MODAL	Mode	4	0,397988	0,673	0,568	3,1E-06
MODAL	Mode	5	0,382156	0,693	0,568	6,5E-06
MODAL	Mode	6	0,332308	0,693	0,675	6,5E-06
MODAL	Mode	7	0,238424	0,693	0,683	0,00013
MODAL	Mode	8	0,223503	0,693	0,683	0,00013
MODAL	Mode	9	0,223124	0,693	0,683	0,00013
MODAL	Mode	10	0,22298	0,695	0,683	0,00013
MODAL	Mode	11	0,222335	0,695	0,684	0,00013

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	12	0,221722	0,695	0,684	0,00013
MODAL	Mode	13	0,220961	0,695	0,684	0,00013
MODAL	Mode	14	0,220831	0,695	0,685	0,00015
MODAL	Mode	15	0,20257	0,695	0,71	0,00017
MODAL	Mode	16	0,197093	0,733	0,71	0,00053
MODAL	Mode	17	0,192403	0,737	0,711	0,00402
MODAL	Mode	18	0,180558	0,737	0,711	0,00403
MODAL	Mode	19	0,175547	0,737	0,711	0,00403
MODAL	Mode	20	0,162809	0,737	0,712	0,00403
MODAL	Mode	21	0,150581	0,737	0,712	0,00426
MODAL	Mode	22	0,148991	0,737	0,712	0,00448
MODAL	Mode	23	0,139663	0,737	0,724	0,0045
MODAL	Mode	24	0,136153	0,737	0,724	0,00979
MODAL	Mode	25	0,132294	0,737	0,742	0,01
MODAL	Mode	26	0,128605	0,759	0,742	0,01
MODAL	Mode	27	0,116767	0,759	0,742	0,011
MODAL	Mode	28	0,115766	0,759	0,742	0,052
MODAL	Mode	29	0,093943	0,77	0,743	0,053
MODAL	Mode	30	0,092753	0,771	0,755	0,053
MODAL	Mode	31	0,082734	0,771	0,759	0,054
MODAL	Mode	32	0,074739	0,779	0,76	0,054
MODAL	Mode	33	0,065936	0,779	0,769	0,054
MODAL	Mode	34	0,060987	0,789	0,77	0,054
MODAL	Mode	35	0,047527	0,789	0,782	0,054
MODAL	Mode	36	0,044835	0,809	0,782	0,055
MODAL	Mode	37	0,029093	0,888	0,782	0,055
MODAL	Mode	38	0,028124	0,889	0,818	0,055
MODAL	Mode	39	0,015441	0,889	0,951	0,055
MODAL	Mode	40	0,012886	0,967	0,951	0,055

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 96,7% pada moda ke 9 dan partisipasi massa arah Y sebesar 95,1% pada moda ke 40. Maka dapat disimpulkan analisis

struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.2.3.2. Periode Getar Struktur

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, 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 *Life Style Hotel* Surabaya memiliki tinggi 57 m dihitung dari basement. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 57 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0,0488 \times 57^{0,75} = 1,0123 \text{ s}$$

Nilai C_u didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai $S_{D1} = 0,3148$, maka :

$$C_u \times T = 1,4 \times 1,0123 \text{ s} = 1.4173 \text{ s}$$

Berikut data hasil analisa SAP2000 :

Tabel 4. 20 Periode dan frekuensi struktur gedung

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	Freq	Circ Freq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1,402355	0,71309	4,4805	20,074
MODAL	Mode	2	1,26995	0,78743	4,9476	24,479
MODAL	Mode	3	1,084884	0,92176	5,7916	33,542

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	Freq	Circ Freq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	4	0,397988	2,5126	15,787	249,24
MODAL	Mode	5	0,382156	2,6167	16,441	270,32
MODAL	Mode	6	0,332308	3,0093	18,908	357,5
MODAL	Mode	7	0,238424	4,1942	26,353	694,48
MODAL	Mode	8	0,223503	4,4742	28,112	790,3
MODAL	Mode	9	0,223124	4,4818	28,16	792,99
MODAL	Mode	10	0,22298	4,4847	28,178	794,01
MODAL	Mode	11	0,222335	4,4977	28,26	798,63
MODAL	Mode	12	0,221722	4,5101	28,338	803,05
MODAL	Mode	13	0,220961	4,5257	28,436	808,59
MODAL	Mode	14	0,220831	4,5283	28,452	809,54
MODAL	Mode	15	0,20257	4,9366	31,017	962,08
MODAL	Mode	16	0,197093	5,0738	31,879	1016,3
MODAL	Mode	17	0,192403	5,1974	32,656	1066,4
MODAL	Mode	18	0,180558	5,5384	34,799	1211
MODAL	Mode	19	0,175547	5,6965	35,792	1281,1
MODAL	Mode	20	0,162809	6,1422	38,592	1489,4
MODAL	Mode	21	0,150581	6,641	41,726	1741,1
MODAL	Mode	22	0,148991	6,7118	42,172	1778,4
MODAL	Mode	23	0,139663	7,1601	44,988	2023,9
MODAL	Mode	24	0,136153	7,3447	46,148	2129,6
MODAL	Mode	25	0,132294	7,5589	47,494	2255,7
MODAL	Mode	26	0,128605	7,7757	48,856	2386,9
MODAL	Mode	27	0,116767	8,5641	53,81	2895,5
MODAL	Mode	28	0,115766	8,6381	54,275	2945,8
MODAL	Mode	29	0,093943	10,645	66,883	4473,3
MODAL	Mode	30	0,092753	10,781	67,741	4588,9
MODAL	Mode	31	0,082734	12,087	75,945	5767,6
MODAL	Mode	32	0,074739	13,38	84,068	7067,5
MODAL	Mode	33	0,065936	15,166	95,293	9080,7
MODAL	Mode	34	0,060987	16,397	103,03	10614
MODAL	Mode	35	0,047527	21,041	132,2	17477
MODAL	Mode	36	0,044835	22,304	140,14	19639

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	Freq	Circ Freq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	37	0,029093	34,372	215,97	46641
MODAL	Mode	38	0,028124	35,557	223,41	49914
MODAL	Mode	39	0,015441	64,761	406,91	165570
MODAL	Mode	40	0,012886	77,602	487,59	237740

Dari tabel di atas didapat $T = 1,4024$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur gedung *Life Style Hotel* Surabaya masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

4.2.3.3. 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 :

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5617}{\left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,0749$$

Nilai C_s tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,3148}{1,4024\left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,0299 < 0,0749$$

Maka diambil $C_s = 0,0299$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,5617 \times 1 \\ &= 0,0247 \geq 0,01 \text{ (OK...!)} \end{aligned}$$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung *Life Style Hotel* adalah :

Tabel 4. 21 Reaksi dasar struktur gedung

TABLE: Base Reactions				
Output Case	Case Type	Global FX	Global FY	Global FZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
QUAKE Arah X	LinRespSpec	110030,7	40873,8	1105,44
QUAKE Arah Y	LinRespSpec	33030,2	136180,1	1925,91
1 DL + 1 LL	Combination	8,35E-08	7,33E-08	6130702

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 6130702 kg. Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,0299 \times 6130702 \text{ kg} \\
 &= 183492,51 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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

- Untuk gempa arah X :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 110030,7 \text{ kg} &\geq 85\% \times 183492,5 \text{ kg} \\
 110030,7 \text{ kg} &\geq 155968,63 \text{ kg} \text{ (Not OK...!)}
 \end{aligned}$$
- Untuk gempa arah Y :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 136180,1 \text{ kg} &\geq 85\% \times 183492,5 \text{ kg} \\
 136180,1 \text{ kg} &\geq 155968,63 \text{ kg} \text{ (Not OK...!)}
 \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas, analisis gedung Hotel Premier Iin Surabaya 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 arah X :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0.85 \times \frac{0,0299 \times 6130702}{110030,7} = 1,4175$$

Untuk arah Y :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0.85 \times \frac{0,0299 \times 6130702}{136180,1} = 1,1453$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$110030,7 \times 1,4175 \text{ kg} \geq 85\% \times 183492,5 \text{ kg}$$

$$155968,63 \text{ kg} \geq 155968,63 \text{ kg (OK...!)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$136180,1 \text{ kg} \times 1,1453 \geq 85\% \times 183492,5 \text{ kg}$$

$$155968,63 \text{ kg} \geq 155968,63 \text{ kg (OK...!)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur gedung *Life Style Hotel* Surabaya masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

4.2.3.4. Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

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

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 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 plat baja, dari tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai $C_d = 6$ dan dari tabel 2 SNI 03-1726-2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 03-1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx}$$

Dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,020 \times 3,5m$$

$$= 0,07 m$$

$$= 70 mm$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 22 Kontrol Simpangan Akibat Gempa Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simpangan	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	δ_e (mm)	$C_d \cdot \delta_e$ (mm)	$\Delta_i - \Delta(i-1)$ (mm)	Δ_a (mm)	
Basement	0	0	0	0	0	0	Memenuhi
1	3,5	3,5	0,18	1,06	1,06	70	Memenuhi
2	8	4,5	1,86	11,13	10,07	90	Memenuhi
3	11,5	3,5	3,80	22,82	11,69	70	Memenuhi
4	15	3,5	6,03	36,19	13,37	70	Memenuhi
5	18,5	3,5	8,44	50,62	14,42	70	Memenuhi
6	22	3,5	10,94	65,66	15,05	70	Memenuhi
7	25,5	3,5	13,54	81,23	15,56	70	Memenuhi
8	29	3,5	16,16	96,94	15,71	70	Memenuhi

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)	
9	32,5	3,5	18,75	112,52	15,59	70	Memenuhi
10	36	3,5	21,30	127,78	15,26	70	Memenuhi
11	39,5	3,5	23,75	142,51	14,72	70	Memenuhi
12	43	3,5	26,11	156,65	14,14	70	Memenuhi
13	46,5	3,5	28,29	169,73	13,08	70	Memenuhi
14	50	3,5	30,42	182,51	12,79	70	Memenuhi
Lt. Atap	54,5	4,5	32,90	197,41	14,89	90	Memenuhi

Tabel 4. 23 Kontrol Simpangan Akibat Gempa Arah Y

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)	
Basement	0	0	0	0	0	0	Memenuhi
1	3,5	3,5	0,05	0,30	0,30	70	Memenuhi
2	8	4,5	1,189	7,13	6,83	90	Memenuhi
3	11,5	3,5	2,476	14,86	7,72	70	Memenuhi
4	15	3,5	3,931	23,59	8,73	70	Memenuhi
5	18,5	3,5	5,495	32,97	9,38	70	Memenuhi
6	22	3,5	7,115	42,69	9,72	70	Memenuhi
7	25,5	3,5	8,8	52,80	10,11	70	Memenuhi
8	29	3,5	10,477	62,86	10,06	70	Memenuhi
9	32,5	3,5	12,123	72,74	9,88	70	Memenuhi
10	36	3,5	13,713	82,28	9,54	70	Memenuhi
11	39,5	3,5	15,224	91,34	9,07	70	Memenuhi
12	43	3,5	16,699	100,19	8,85	70	Memenuhi
13	46,5	3,5	18,05	108,30	8,11	70	Memenuhi
14	50	3,5	19,212	115,27	6,97	70	Memenuhi
Lt. Atap	54,5	4,5	20,344	122,06	6,79	90	Memenuhi

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Gedung *Life Style Hotel* Surabaya memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.3. Perencanaan Struktur Primer

4.3.1. Balok Induk

4.3.1.1. Perhitungan Balok Induk Bentang 9,75 m

1) Perencanaan Profil

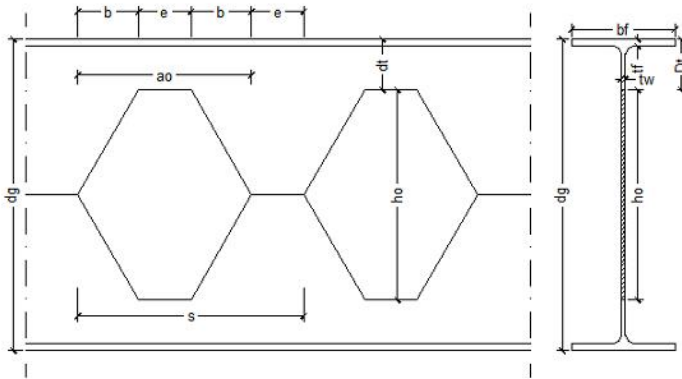
Balok Induk bentang 9,75m direncanakan menggunakan profil asal WF 600x300x12x17 yang kemudian dirubah menjadi profil *Hexagonal castellated beam* (HCB) 900x300x12x17, dengan data- data sebagai berikut:

Tabel 4. 24 Perencanaan Profil Balok Anak Lantai 1- 12

Memanjang (9,75)			
Original		Castellated	
WF 600X300X14X23		HCB 900X300X14X23	
dg = 891	mm	W = 175	kg/m
bf = 302	mm	A = 174,06	cm ²
tw = 14	mm	I _x = 319890,593	cm ⁴
tf = 23	mm	I _y = 10600	cm ⁴
r = 28	mm	r _x = 42,86977902	cm
ho = 594	mm	r _y = 7,803751709	cm
dt = 148,5	mm	S _x = 4620	cm ³
b = 172,26	mm	S _y = 701	cm ³
e = 148,5	mm	Z _x = 7293	cm ³
ao = 493,02	mm	Z _y = 1075,7	cm ³
s = 641,52	mm	J = 322,25	cm ⁴

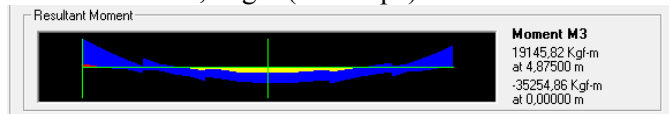
2) Output SAP2000

Diambil Output pada Frame 2532 untuk balok bentang 9,75m

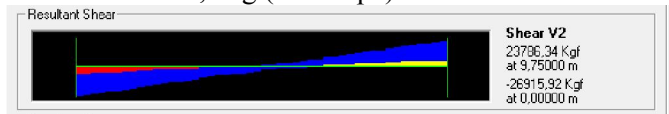


Gambar 4. 32 Detail Balok Castellated

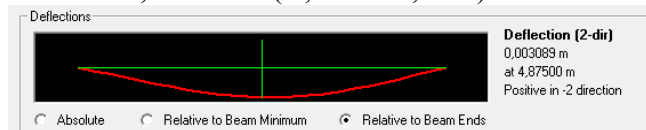
$$M_u = 35254,9 \text{ kgm (Envelope)}$$



$$V_u = 26915,9 \text{ kg (Envelope)}$$



$$f_x = 0,003089 \text{ m (1,2DL + 1,6LL)}$$



Syarat lubang h_o (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$h_o \leq 0,7 d_g$$

$$254 \text{ mm} \leq 0,7 \times 375 \text{ mm}$$

$$254 \text{ mm} \leq 262,5 \text{ mm}$$

Syarat d_t dan d_b (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned} d_t \text{ dan } d_b &\geq 0,15 d_g \\ 60,5 \text{ mm} &\geq 0,15 \times 375 \text{ mm} \\ 60,5 \text{ mm} &\geq 56,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

3) Menghitung nilai I_x dan Z_x Aktual Profil

I_x dan Z_x castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned} I_x &= \left(\frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^3 \right) \\ &= \left(\frac{1}{12} \cdot 302,891^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{302 - 14}{2} \right) \cdot (891 - 2 \times 23)^3 \right) \\ &= 3321163603,50 \text{ mm}^4 = 332116,36 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= \left(\frac{1}{4} \cdot b_f \cdot d_g^2 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^2 \right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \cdot 302,891^2 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{302 - 14}{2} \right) \cdot (891 - 2 \times 23)^2 \right) \\ &= 8528215,5 \text{ mm}^3 = 8528,2 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

I_x dan Z_x castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned} I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} \cdot t_w \cdot h_o^3 \right) \\ &= 332116,36 \text{ cm}^4 - \left(\frac{1}{12} \cdot 14 \text{ mm} \cdot (594 \text{ mm})^3 \right) \\ &= 307664,8 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} \cdot t_w \cdot h_o^2 \right) \\ &= 8528,2 \text{ cm}^3 - \left(\frac{1}{4} \cdot 14 \text{ mm} \cdot (594 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 7293,3 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

I_x castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_{x \text{ rata-rata}} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{332116,36 \text{ cm}^4 + 307664,8 \text{ cm}^4}{2} \\ &= 319890,6 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{319890,6 \text{ cm}^4}{174 \text{ cm}^2}} = 42,87 \text{ cm}$$

4) Kontrol Penampang :

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,56$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Kompak Profil Sayap}$$

- Pelat Badan :

$$\frac{(d_g - 2tf)}{tw} = \frac{(891 - 2 \cdot 23)}{14} = 60,36$$

$$\lambda_{pf} = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} = \frac{1365}{\sqrt{250}} = 86,33$$

$$\frac{(d_g - 2tf)}{tw} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :
Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x f_y \\ &= 8528,2 \text{ cm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 21320500 \text{ kg.cm} = 213205 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :
Jarak penahan lateral (L_b) = 162,5 cm (Jarak antar balok anak)

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 7,8 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 388,5 \text{ cm}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek
 $L_b < L_p$.

Pada saat profil berlubang :

$$\Delta A_s = h_o \times t_w$$

$$= 594 \cdot 14$$

$$= 8316 \text{ mm}^2 = 83,16 \text{ cm}^2$$

(ASCE 3.2 halaman 3316)

$$M_n = M_p - f_y \cdot \Delta A_s \cdot \left(\frac{h_o}{4}\right)$$

$$= 21320500 - 2500 \cdot 83,16 \cdot \left(\frac{59,4}{4}\right)$$

$$= 13013854,9 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 14459838,78 \text{ kg.cm} = 13013854,9 \text{ kg.cm}$$

$$= 130138,55 \text{ kg.m}$$

5) Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 130138,55 \text{ kg.m} \geq M_u = 35254,9 \text{ kg.m} \dots (\text{Ok})$$

6) Kontrol Kuat Geser :

Syarat : (ASCE 4.2 halaman 3319)

$$\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{(891 - 2 \cdot 23)}{14} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}}$$

$$60,36 \leq 86,33$$

$$\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{(891 - 2 \cdot 23)}{14} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$60,36 \leq 69,57$$

Karena $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$ dan $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$ maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat *ASCE 4.2 hal 3319*

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$$

$$\frac{493}{594} \leq 3,0$$

$$0,829 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang (*ASCE 3.3 halaman 3316*)

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 1,4 \cdot 89,1}{\sqrt{3}} = 180047 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+\mu}}{v+\sqrt{3}} \cdot V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{493}{149} = 3,309$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 1,4 \cdot 14,9}{\sqrt{3}} = 30007,8 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+0}}{3,309+\sqrt{3}} \cdot 30007,8 = 14549,29 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \cdot 14549,29 \text{ kg} = 29098,6 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$29098,6 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 180047 = 120031,3 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$26915,9 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 29098,6 = 27643,65 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat *ASCE 4.2 hal 3319*

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d_g}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{493}{594}\right) + \left(\frac{6 \times 594}{891}\right) \leq 5,6$$

$$4,83 \leq 5,6 \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (*ASCE 3.1 halaman 3316*)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{35254,9}{130138,55}\right)^3 + \left(\frac{26915,9}{27643,65}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,943 \leq 1,0 \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$642 \text{ mm} \geq 594 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$642 \text{ mm} \geq 493 \text{ mm} \cdot \frac{\left(\frac{26915,9}{0,9 \times 180047}\right)}{1 - \frac{26915,9}{0,9 \times 180047}}$$

$$642 \text{ mm} \geq 86,66 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

7) Kontrol Lendutan :

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{975}{360} = 4,063 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (fx)

$$fx = 0,3089 \text{ cm}$$

Syarat $f_{ijin} > fx$

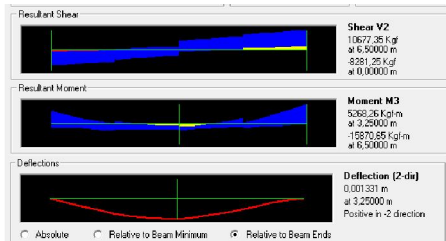
$$0,3089 \text{ cm} > 4,063 \text{ cm} \dots\dots(\text{Ok})$$

Jadi, profil *Hexagonal Castellated Beam 900X300X14X23* dapat digunakan sebagai balok induk pada bentang 9,75 m di lantai 1- lantai atap tersebut.

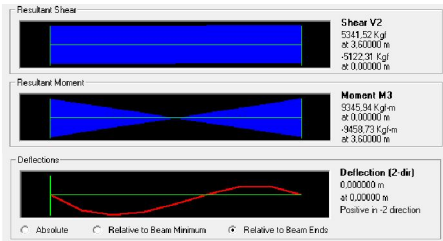
4.3.1.2. Rekap Perhitungan Balok Induk Castella

Tabel 4. 25 Rekap Output SAP2000

Ket. Letak Balok Anak	Profil HCB	Bentang	Gaya Dalam	
			Mu	Vu
		m	Kg.m	Kg
Memanjang bentang 9,75	900.300.14.13	9,75	35254,9	26915,9
Memanjang bentang 6,5	600.300.9.14	6,5	15870,65	10677,35
Melintang bentang 4,5	450.200.8.12	4,5	9458,73	5341,52



Gambar 4. 34 Output SAP2000 bentang 6,5m frame 585



Gambar 4. 33 Output SAP2000 bentang 4,5m frame 2120

Tabel 4. 26 Kontrol Penampang

Ket. Letak Balok Anak	Kontrol Penampang							Kategori Penampang
	Sayap		Badan		Kategori	Tekuk Lateral (cm)		
	λ	λ_p	λ	λ_p	$\lambda \leq \lambda_p$	Lb *	Lp	
Memanjang bentang 9,75	6,5	10,748	60	86,330	kompak	162,5	388,5	Bentang Pendek
Memanjang bentang 6,5	11		61		kompak	162,5	388,5	Bentang Pendek
Melintang bentang 4,5	8,3		52		kompak	40	396,11	Bentang Pendek

*Lb = jarak antar balok anak

Tabel 4. 27 Kapasitas Momen Nominal

Keterangan Letak Balok Anak	Mu	ϕM_n	$\phi M_n > Mu$
	(Kgm)	(Kgm)	
Memanjang bentang 9,75	35092,63	130139	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	15870,65	51822,27	Memenuhi
Melintang bentang 4,5	9458,73	22347,41	Memenuhi

Tabel 4. 28 Kontrol Tekuk Plat Badan

Ket. Letak Balok Anak	$\frac{d_g - 2t_f}{t_w}$	$\frac{1100}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{1365}{\sqrt{F_y}}$	Kontrol	a_o/d_s	Syarat	Kontrol
Memanjang bentang 9,75	60,36	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
Memanjang bentang 6,5	61,22	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK
Melintang bentang 4,5	52,13	69,57	86,33	OK	0,83	< 3	OK

Tabel 4. 29 Kontrol Kuat Geser Nominal

Ket. Letak Balok Anak	V_p	V_{pt}	V_{nt}	V_n	Kontrol	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	$V_{nt} \leq V_{pt}$	$V_n \leq 2/3V_p$
Memanjang bentang 9,75	180047	30007,8	14549,29	29098,6	Memenuhi	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	75214,3	12535,7	6077,95	12155,9	Memenuhi	Memenuhi
Melintang bentang 4,5	50922,3	8487,0	4114,95	8229,9	Memenuhi	Memenuhi

Keterangan Letak Balok Anak	V_u	$\emptyset V_n$	$\emptyset V_n > V_u$
	(Kg)	(Kg)	
Memanjang bentang 9,75	26868,830	27643,65	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	10677,350	11548,10	Memenuhi
Melintang bentang 4,5	5341,520	7406,91	Memenuhi

Tabel 4. 30 Kontrol Parameter Lubang

Keterangan Letak Balok Induk	$ds < 0,7db$	$k_{kontrol}$	$dt > 0,15db$	$k_{kontrol}$	P_o	Kontrol
	Pasal 4.5		Pasal 4.6		$(ao/ds)/(6.ds/db)$	$\leq 5,6$
Memanjang bentang 9,75	594	Ok	148,5	Ok	4,830	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	386	Ok	96,5	Ok	4,830	Memenuhi
Melintang bentang 4,5	294	Ok	73,5	Ok	4,830	Memenuhi

Tabel 4. 31 Persamaan Interaksi Lentur-Geser Balok Anak

Keterangan Letak Balok Anak	μ_u	$\emptyset M_n$	V_u	$\emptyset V_n$	Persamaan Interaksi	Kontrol
	(Kgm)	(Kgm)	(Kg)	(Kg)		< 1
Memanjang bentang 9,75	35092,6	130139	26868,8	27643,7	0,9379	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	15870,7	51822,3	10677,4	11548,1	0,8191	Memenuhi

Keterangan Letak Balok Anak	Mu	$\emptyset M_n$	V_u	$\emptyset V_n$	Persamaan Interaksi	Kontrol
	(Kgm)	(Kgm)	(Kg)	(Kg)		< 1
Melintang bentang 4,5	9458,73	22347,4	5341,52	7406,91	0,4509	Memenuhi

Tabel 4. 32 Kontrol Jarak antar Lubang

Keterangan Letak Balok Anak	s	Kontrol	
	(mm)	$s \geq d_s$	$s \geq \frac{a_o \cdot V_u / \emptyset V_p}{1 - V_u / \emptyset V_p}$
Memanjang bentang 9,75	641,520	Memenuhi	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	416,880	Memenuhi	Memenuhi
Melintang bentang 4,5	317,520	Memenuhi	Memenuhi

Tabel 4. 33 Kontrol Lendutan

Keterangan Letak Balok Anak	f_x	f_{ijin}		Kontrol
	(cm)	syarat	(cm)	
Memanjang bentang 9,75	0,309	240	4,063	Memenuhi
Memanjang bentang 6,5	0,133	240	2,708	Memenuhi
Melintang bentang 4,5	0,026	240	1,875	Memenuhi

4.3.2. Kolom

Pada perencanaan struktur kolom gedung *Life Style Hotel* Surabaya dibedakan menjadi 3 grup kolom. Perbedaan ini berdasarkan dimensi kolomnya. Berikut ketiga grup kolom :

- a. Lantai 1 – Lantai 5 : HSS 700 x 700 x 22 x 22
- b. Lantai 6 – Lantai 10 : HSS 600 x 600 x 22 x 22
- c. Lantai 11 – Lantai 14 : HSS 500 x 500 x 22 x 22

4.3.2.1. Perhitungan Kolom RCFT tipe 1

1) Perencanaan Profil

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1-5. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS

700 × 700 × 25 × 25 dan panjang kolom 450 cm pada lantai 1 dan 350 cm pada lantai 2 – lantai 5. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d &= 700 \text{ mm} & I_x &= 432500 \text{ cm}^4 \\
 b_f &= 700 \text{ mm} & I_y &= 432500 \text{ cm}^4 \\
 t_w &= 22 \text{ mm} & i_x &= 27,40 \text{ cm} \\
 t_f &= 22 \text{ mm} & i_y &= 27,40 \text{ cm} \\
 A_s &= 575,9 \text{ cm}^2 & Z_x &= 12360 \text{ cm}^3 \\
 A_c &= (d \cdot b_f) - A_s = 4324,1 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu Baja = BJ-41
 $f_y = 250 \text{ Mpa}$
 $f_u = 410 \text{ Mpa}$
 Mutu Beton = K-300
 $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

Modulus Elastisitas
 Beton (E_c) = 23500 Mpa
 Baja (E_s) = 200000 Mpa

2) Output SAP2000

Diambil Output pada Frame 324 untuk kolom tinggi 4,5 m

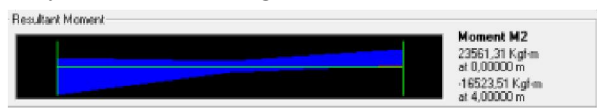
$P_u = 446030,63 \text{ kg}$



$M_{ux} = 16624,14 \text{ kgm}$



$M_{uy} = 23561,31 \text{ kgm}$



- 3) Kontrol Penampang Kolom Komposit
Kontrol luas penampang minimum profil baja
(SNI 02-1729-2002 Pasal 12.2.1 ayat 1)

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{575,9}{4324,1 + 575,9} \times 100\% = 11,75\%$$

11,75% \geq 4%OK!

Kontrol tebal minimum penampang persegi
(SNI 02-1729-2002 Pasal 12.2.1 ayat 1)

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 200000}} = 14,287$$

14,287 mm < 22 mm OK!

Kontrol Penampang Komposit
(SNI 1729 : 2015 Tabel 11.1a dan Tabel 11.1b)

- a) Menahan Aksial

$$\lambda = \frac{bf}{t} = \frac{700}{22} = 31,82$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3,0 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,0 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Sehingga penampang termasuk kompak dan non langsing

- b) Menahan Lentur (sayap)

$$\lambda = \frac{bf}{t} = \frac{700}{22} = 31,82$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3,0 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,0 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Sehingga penampang termasuk kompak dan non langsing

c) Menahan Lentur (badan)

$$\lambda = \frac{d}{t} = \frac{700}{22} = 31,82$$

$$\lambda_p = 3,0 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,0 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,22$$

Sehingga penampang termasuk kompak dan non langsing

4) Kuat Tekan Kolom Komposit

Karena termasuk penampang kompak, maka digunakan rumus sesuai *SNI 1729:2015 Bab I2 pasal 2b*

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

$$P_n = 2500 \times 575,9 \times 0,85 \times 250 \times \left(4324 + 0 \frac{2000000}{235000} \right)$$

$$P_n = 1531637,125 \text{ kg}$$

Dengan $C_2 = 0,85$ (Penampang Pesegi)

$A_{sr} = 0$ (tanpa tulangan)

Kontrol kapasitas Aksial

$$\emptyset P_n > P_u$$

$$0,9 \cdot 1531637,125 \text{ kg} > 449980,29 \text{ kg}$$

$$1378473,413 \text{ kg} > 449980,29 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

5) Kuat Lentur Kolom Komposit

Pada Bab I3 Pasal 4b Persamaan I3-3a SNI 1727:2015 menyebutkan bahwa momen nominal (M_n) sama dengan momen plastis dari penampang (M_p) jika penampang

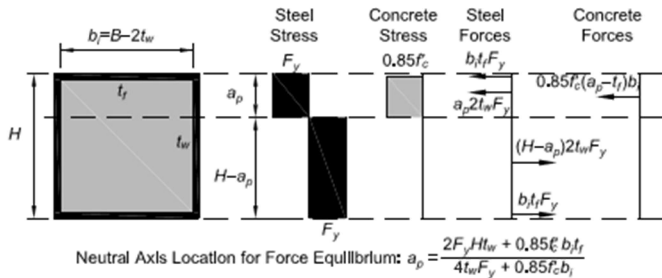
kompak. Momen Plastis (M_p) dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang kolom komposit.

a) Momen Lentur

Untuk menghitung Momen Plastis (M_p) digunakan *AISC 360-2010 "Specification for Structure Steel Buildings"* persamaan C-13-10. Dimana AISC 360-2010 menjadi acuan dalam pembuatan SNI 1729:2015.

$$M_n = M_p$$

$$M_p = C.d$$



Gambar 4. 35 Diagram pada penampang kompak untuk kolom Fill Steel Tube

dimana : d = jarak titik berat diagram tegangan ke garis netral

garis netral diambil ditengan penampang, karena bentuk dari penampang simetris, yaitu = 350 mm

$$a_p = \frac{2 \cdot f_y \cdot H \cdot t_w + 0,85f_c' \cdot b_f \cdot t_f}{4t_w \cdot f_y + 0,85f_c' \cdot b_f}$$

$$a_p = \frac{2 \times 250 \times 700 \times 22 + 0,85 \times 25 \times 700 \times 22}{4 \times 22 \times 250 + 0,85 \times 25 \times 22}$$

$$a_p = 222,779 \text{ mm dari top penampang}$$

$$C_1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot (a_p - t_f) \cdot b_f = 2798860 \text{ N}$$

$$d_1 = \left(\frac{H - a_p - t_f}{2} \right) + \frac{(a_p - t_f)}{2} = 328,0 \text{ mm}$$

$$C_2 = bf \cdot tf \cdot fy = 3608000 \text{ N}$$

$$d_2 = \left(\frac{H - a_p - tf}{2} \right) + \left(a_p - \frac{tf}{2} \right) = 439,4 \text{ mm}$$

$$C_3 = a_p \cdot 2tw \cdot fy = 2450570 \text{ N}$$

$$d_3 = \left(\frac{H - a_p - tf}{2} \right) + \frac{(a_p - tf)}{2} = 328,0 \text{ mm}$$

$$T_1 = (H - a_p) 2tw \cdot fy = 5249430 \text{ N}$$

$$d_4 = \left(\frac{H - a_p - tf}{2} \right) + \frac{(a_p - tf)}{2} = 328,0 \text{ mm}$$

$$T_2 = bf \cdot tf \cdot fy = 3608000 \text{ N}$$

$$d_5 = \left(H - a_p - \frac{tf}{2} \right) + \frac{(a_p - tf)}{2} = 566,6 \text{ mm}$$

$$M_p = C \cdot d$$

$$M_p = 3307130546 \text{ Nmm} = 330713,05 \text{ Kgm}$$

b) Cek terhadap tekuk lokal :

$$L_b = 450 \text{ cm} - 89,1 \text{ cm} = 360,9 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 27,4 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 1363,98 \text{ cm}$$

Karena $L_b < L_p$, maka termasuk bentang pendek

$$M_n = M_p = 330713,05 \text{ kgm}$$

c) Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 330713,05 \text{ kgm} = 297642,75 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$297642,75 \text{ kgm} > 23561,3 \text{ kgm} \dots \text{OK!}$$

6) Kuat Lentur dan Aksial Orde kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek P- Δ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

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

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

a. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

M_1	= 278,02 kg.m	P_1	= 892061,2 kg
M_2	= 1484,4 kg.m	L	= 3,609 cm
M_{nt}	= 1484,4 kg.m	P_{nt}	= 446030,6 kg
M_{lt}	= 16624,1 kg.m	P_{lt}	= 446030,6 kg
P_{Story}	= 446030,6 kg	kg Δ_h	= 1,70 mm
H	= 3636,55 kg		

Perhitungan Komponen B_1

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 432500}{(1 \times 360,9)^2} = 52436304,4 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M1}{M2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{278,02}{1484,4} \right) = 0,5251$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$B_1 = \frac{0,5251}{1 - 1 \left(\frac{892061,2}{52436304,4} \right)} = 0,53 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B_2

$$R_m = 1 - 0,5 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) = 1 - 0,5 \left(\frac{892061,2}{446030,6} \right) = 0,7$$

$$P_{e\ story} = R_m \frac{H.L}{\Delta H} = 0,7 \frac{3636,55 \times 3,609}{0,0017} = 5404127,2 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{Story}}{P_{e\ Story}} \right)} \leq 1$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \left(\frac{1 \times 446030,6}{5404127,2} \right)} = 1,09 \geq 1$$

Sehingga, digunakan B_2 adalah 1,09

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 1484,4 + 1,09 \times 16624,1 \\ &= 19604,0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan pembesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 19604,0 kg.m

b. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

M_1	= 12942,4 kg.m	P_1	= 892061,2 kg
M_2	= 15084,9 kg.m	L	= 3,609 cm
M_{nt}	= 15084,9 kg.m	P_{nt}	= 446030,6 kg
M_{lt}	= 23561,3 kg.m	P_{lt}	= 446030,6 kg
P_{Story}	= 446030,6 kg	Δ_h	= 1,045 mm
H	= 10008,4 kg		

Perhitungan Komponen B_1

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 432500}{(1 \times 360,9)^2} = 52436304,4 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{12942,4}{15084,9} \right) = 0,2568$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$B_1 = \frac{0,2568}{1 - 1 \left(\frac{892061,2}{52436304,4} \right)} = 0,26 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B_2

$$R_m = 1 - 0,5 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) = 1 - 0,5 \left(\frac{892061,2}{446030,6} \right) = 0,7$$

$$P_{e\text{ story}} = R_m \frac{H \cdot L}{\Delta H} = 0,7 \frac{10008,4 \times 3,609}{0,001045} = 24188275 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{Story}}{P_{e Story}} \right)} \leq 1$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \left(\frac{1 \times 446030,6}{24188275} \right)} = 1,02 \geq 1$$

Sehingga, digunakan B_2 adalah 1,02

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{uy} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 15084,9 + 1,02 \times 23561,3 \\ &= 39088,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 39088,8 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 446030,6 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,09 \text{ kg} \\ P_{lt} &= 446030,6 \text{ kg.m} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 446030,6 + 1,98 \times 446030,6 = 932186,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

7) Kontrol Interaksi Aksial Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 19604,0 \text{ kg.m} & P_n &= 1531637,1 \text{ kg} \\ M_{uy} &= 39088,8 \text{ kg.m} & M_n &= 330713,05 \text{ kg.m} \\ P_r &= 932186,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,9 \times 1531637,125 = 1378473,4 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{932186,2 \text{ kg}}{1378473,4 \text{ kg}} = 0,676 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi I* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$0,852 \leq 1,0 \dots \text{OK!}$$

maka kolom CFT dengan dimensi profil HSS 700.700.22.22 dapat digunakan.

4.3.2.2. Rekap Perhitungan Kolom RCFT

Tabel 4. 34 Kontrol Komposit

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 (HSS.700.700.22)	11,753 %	Oke	14,28	25	Oke	
Tipe 2 (HSS.600.600.22)	13,553 %	Oke	12,24	25	Oke	
Tipe 3 (HSS.500.500.22)	15,528 %	Oke	10,21	22	Oke	

Tabel 4. 35 Kontrol Penampang

Kontrol Penampang

Tabel 11.1a dan Tabel 11.1b SNI 1729:2015

Keterangan	Kontrol Penampang							
	Aksial				Lentur			
	λ	λ_p	λ_r	Keterangan	λ	λ_p	λ_r	Keterangan
Tipe 1	32	63,922	84,853	Kompak	32	63,922	84,853	Kompak
Tipe 2	27			Kompak	27			Kompak
Tipe 3	23			Kompak	23			Kompak

Tabel 4. 36 Kontrol Momen Kolom CFT

Tipe	Mn		ϕ Mn	Mu	Keterangan
	Nmm	kgm	kgm	kgm	
Tipe 01	3,3E+09	330713	297642	23561,3	Memenuhi
Tipe 02	2,4E+09	237474	213727	22584,8	Memenuhi
Tipe 03	1,6E+09	163843	147459	18185,4	Memenuhi

Tabel 4. 37 Momen Arah X Orde 2

$$\alpha = 1 \quad K1 = 1 \quad \tau b = 1$$

Tipe	Cm	Pe1	B1		RM	Pe stry		B2	Mru _x
			hit	pkai		hit	pkai		Kgm
Tipe 01	0,505262	57940601	0,51	1,00	0,7	6359610,5	1,08	1,08	21316,2
Tipe 02	0,308827	67602245	0,31	1,00	0,7	2424480,5	1,12	1,12	6396
Tipe 03	0,325343	32478772	0,33	1,00	0,7	1670037,6	1,06	1,06	5011

Tabel 4. 38 Momen Arah Y Orde 2

$$\alpha = 1 \quad K1 = 1 \quad \tau b = 1$$

Tipe	Cm	Pe1	B1		RM	Pe stry		B2	Mru _y
			hit	pkai		hit	pkai		Kgm
Tipe 01	0,252146	57940601	0,26	1,00	0,7	26588821	1,02	1,02	41971,8
Tipe 02	0,237089	67602245	0,24	1,00	0,7	15666119	1,02	1,02	37132,8
Tipe 03	0,22273	32478772	0,22	1,00	0,71456	13483304	1,01	1,01	29630

Tabel 4. 39 Aksial Orde 2

Tipe Kolom	Pnt	Plt	B2	Pr
				Kg
Tipe 01	449980,3	449980,3	1,0761	934223,7
Tipe 02	259417,6	259417,6	1,1198	549918,5
Tipe 03	80474,93	89125,81	1,0564	174625,3

Tabel 4. 40 Kontrol Interaksi Kolom CFT

Tipe Kolom	Pu/ ϕ Pn	Interaksi		Kontrol
		$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right)$	$\frac{Pu}{2 \cdot \phi Pn} + \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right)$	
Tipe 01	0,609	0,622	Tidak Berlaku	Memenuhi
Tipe 02	0,427	0,440	Tidak Berlaku	Memenuhi
Tipe 03	0,191	Tidak Berlaku	0,114218708	Memenuhi

4.3.4. Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

Dinding geser plat baja (*Steel Plate Shear Wall*) di desain menggunakan peraturan *AISC Design Guide 20: Steel Plate Shear Walls*. Dengan tebal rencana pelat SPSW 6 mm. Dan desain rencana untuk *HBE* dan *VBE* adalah sebagai berikut (SPSW pada arah sumbu Y) :

HBE = WF 600X300X12X17

VBE = HSS 700X700X22

Mutu pelat = BJ-37

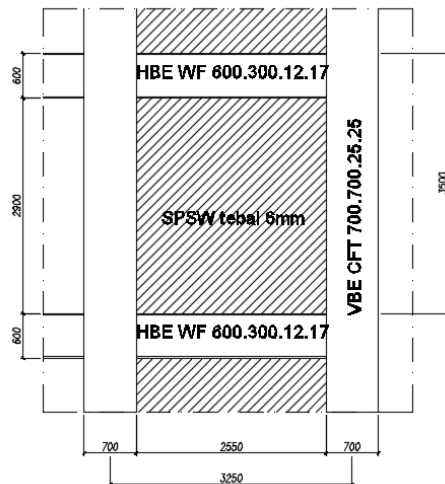
$f_{y_{\text{pelat}}}$ = 240 Mpa

$f_{u_{\text{pelat}}}$ = 370 Mpa

Mutu profil = BJ-41

$f_{y_{\text{profil}}}$ = 250 Mpa

$f_{u_{\text{profil}}}$ = 410 Mpa



Gambar 4. 36 Steel Plate Shear Wall

4.3.4.1. Kontrol Plat SPSW

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser plat baja dan pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu

$$\begin{aligned} V_u &= 5865,8434 \text{ kg} \\ \text{Panjang HBE (L)} &= 325 \text{ cm} \\ \text{Tinggi VBE (h)} &= 350 \text{ cm} \end{aligned}$$

- 1) Tebal Dinding Geser (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 3-20)

Untuk perencanaan tebal pelat awal, diasumsikan sudut geser (α) = 30°

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$t_w = \frac{\phi V_n}{0,90 \times 0,42 \times f_y \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)}$$

$$t_w = \frac{5865,8434}{0,90 \times 0,42 \times 2400 \times 325 \times \sin(2.30)}$$

$$t_w = 0,02297 \text{ cm}$$

$$t_w \geq t_{w_{\min}}$$

$$0,6\text{cm} \geq 0,02297 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$

- 2) Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 2-1)

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

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{0,6 \cdot 325}{2 \cdot 646}}{1 + 0,6 \cdot 350 \left[\frac{1}{174,5} + \frac{350^3}{360 \cdot 432500 \cdot 325} \right]}$$

$$\tan \alpha = 0,8371$$

$$\alpha = 39,93^\circ$$

$$\text{Syarat : } 30^\circ < \alpha < 55^\circ$$

$$30^\circ < 39,93 < 55^\circ \dots \text{OK!}$$

- 3) Kekuatan Geser Aktual SPSW

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times 2400 \times 0,6 \times 325 \times \sin(2.39,93)$$

$$\phi V_n = 113552,06 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat : } \phi V_n > V_u \\ 113552,06 > 5865,8434 \dots \text{ OK!}$$

4.3.4.2. Kontrol Balok HBE

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF 600 × 300 × 12 × 17.

$$\begin{array}{llll} W & = 137 \text{ kg/m} & r & = 28 \text{ mm} & h_w & = 582 \text{ (2.17)} \\ A & = 174,5 \text{ cm}^2 & Z_x & = 3782 \text{ cm}^3 & & = 548 \text{ mm} \\ t_w & = 12 \text{ mm} & i_y & = 6,63 \text{ cm} & b_f & = 300 \text{ mm} \\ t_f & = 17 \text{ mm} & I_x & = 103000 \text{ cm}^4 & & \\ d & = 582 \text{ mm} & I_y & = 7670 \text{ cm}^4 & & \end{array}$$

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

$$q_u = R_y \cdot f_y (t_w \cos^2 \alpha_1 - t_w \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1,5 \cdot 2400 (0,6 \cdot \cos^2 39,93 - 0,6 \cdot \cos^2 39,93)$$

$$q_u = 0$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$L_h = L - 2 \left[\frac{1}{2} (d_c + d_b) \right]$$

$$L_h = 325 - 2 \left[\frac{1}{2} (700 + 582) \right]$$

$$L_h = 197 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{0 \times 1,97^2}{8} = 0$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi.

$$M_u = 0 + 3513,29 = 3513,29 \text{ kgm}$$

2) Gaya aksial pada balok (HBE)

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

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) w h_c$$

$$P_{HBE(VBE)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2400 \times [\sin^2(39,93) \times 0,6 \times (291,8) + \sin^2(39,93) \times 0,6 \times (291,8)]$$

$$P_{HBE(VBE)} = 259689,12 \text{ kg}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2400 \times [0,6 \cdot \sin^2(2 \times 39,93) - 0,6 \cdot \sin^2(2 \times 39,93)] \times (325 - 0,7)$$

$$P_{HBE(web)} = 0$$

Nilai $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] = 0$ karena dimensi *SPSW* lantai 1 dan atasnya sama.

Nilai P_{HBE} pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah :

$$P_{HBE} = 259689,12 \text{ kg} + \frac{1}{2} \times 0$$

$$P_{HBE} = 259689,12 \text{ kg}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = 1.00$$

- Karena nilai $B_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$P_r = P_u = 259689,12 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ &= 1 \times 3513,29 \\ &= 3513,29 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- 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.

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1.1R_y f_y Z_{RBS} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2400 \times (2/3 \times 3782) \\ &= 10401633 \text{ kgcm} \\ &= 104016,33 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2400 \times 174,5 \\ &= 436250 \text{ kg} \\ \frac{P_u}{P_y} &= \frac{259689,12}{436250} = 0,595 > 0,2 \\ M_{pr}^* &= \frac{9}{8} M_{pr} \left[1 - \frac{P_{uHBE}}{P_y} \right] \\ M_{pr}^* &= \frac{9}{8} 104016,33 \left[1 - \frac{259689,12}{436250} \right] \\ &= 47360,1539 \text{ kgm} \end{aligned}$$

V_{ug} yang merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output SAP 2000. $V_{ug} = 1152,11 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{2 \times 47360,1539}{3,25} + 1152,11 \\ &= 30296,8201 \text{ kg} \end{aligned}$$

4) Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \cdot 17} = 8,82$$

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

$\lambda < \lambda_p = 8,82 < 10,75 \rightarrow$ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{548}{12} = 45,67$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,768 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p = 45,67 < 106,35 \rightarrow$ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 3782 = 9456030 \text{ kgcm} \\ &= 94560,3 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 94560,3$$

$$= 85104,27 \text{ kgm} > 3513,29 \text{ kgm... OK!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga

$$L_b = 162,5 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 6,63 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 330 \text{ cm}$$

$L_b < L_p = 162,5 < 330 \rightarrow$ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 3782 = 9456030 \text{ kgcm}$$

$$= 94560,3 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 94560,3$$

$$= 85104,27 \text{ kgm} > 3513,29 \text{ kgm... OK !}$$

5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{548}{12} = 45,67$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71,005$$

$K_v = 5$ (tanpa pengekang transversal) *SNI 1729-2015 Bab G pasal G2*

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

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

$$= 0,6 \times 2500 \times ((58,2 - 2 \times 1,7) \times 1,2) \times 1,00$$

$$= 98640,0 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 98640,0$$

$$= 88776,0 \text{ kg} > 30296,8201 \text{ kg ... OK !}$$

6) Kekuatan Tekan Balok (HBE)

(*SNI 1729-2015 Bab E pasal E3*)

$$L = 325 \text{ cm}$$

$$K_c = 1,00$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r_{min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 2000000}{\left(\frac{1 \times 325}{6,63}\right)^2} = 8214,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{fy}{F_e} = \frac{2500}{8214,67} = 0,304$$

karena $\frac{fy}{F_e} = 0,304 < 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan:

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{fy}{F_e} \right] \times fy = 0,658^{0,304} \times 2500$$

$$= 2201 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 2201 \times 174,5 = 384074,5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 384074,5$$

$$= 345667,05 \text{ kg} > 259689,12 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- 7) Interaksi aksial dan lentur balok (HBE)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{259689,12}{345667,05} = 0,751 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{3513,29}{85104,27} = 0,0413$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,788 < 1,0 \dots \text{OK!}$$

- 8) Kontrol momen interaksi balok (HBE) terhadap SPSW

$$I_{HBE} \geq 0,003 \frac{(\Delta t_w) L^4}{h}$$

$$103000 \geq 0,002 \frac{\Delta t_w \times L^4}{h}$$

$$103000 \geq 0,0 \dots \text{OK!}$$

- 9) Kontrol ketebalan pelat badan balok (HBE)

$$t_{wHBE} \geq \frac{t_w R_y f_y}{f_y^{HBE}}$$

$$1,2 \geq \frac{0,6 \times 1,5 \times 2400}{2500}$$

$$1,2 \text{ cm} \geq 0,864 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$

Balok $600 \times 300 \times 12 \times 17$ aman digunakan untuk balok (HBE) komponen *SPSW*.

4.3.4.3. Kontrol Kolom VBE

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS $700 \times 700 \times 22 \times 22$ dengan mutu inti beton $f_c = 25$ MPa dan panjang kolom 350 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} d & = 700 \text{ mm} & I_x & = 432500 \text{ cm}^4 \\ b_f & = 700 \text{ mm} & I_y & = 432500 \text{ cm}^4 \\ t_w & = 22 \text{ mm} & i_x & = 27,40 \text{ cm} \\ t_f & = 22 \text{ mm} & i_y & = 27,40 \text{ cm} \\ A_s & = 575,9 \text{ cm}^2 & Z_x & = 12360 \text{ cm}^3 \end{array}$$

1) Gaya aksial pada kolom (*VBE*)

$$P_u = 203239,63 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$\begin{aligned} E_m &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u \\ &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin(2 \times 39,93) \times 0,6 \times 350 \times 2] \\ &\quad + (2 \times 30296,8201) \\ &= 482023,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ total}} &= 203239,63 + 482023,36 \\ &= 685262,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = 1.0$$

Karena nilai $B_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u = 685262,99 \text{ kg}$$

2) Momen pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(web)} &= R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left(\frac{h_c^2}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2400 \times [\sin^2(39,93) \times 0,6 \times \left(\frac{(291,8)^2}{12} \right)] \\
 &= 6577889,2 \text{ kgcm} \\
 &= 65778,892 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen lentur pada kondisi kolom (*VBE*) mengalami tekan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1 R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{104016,33}{1,1 \times 1,5} + 30296,8201 \times \left(\frac{58,2}{2} + \frac{70}{2} \right) \\
 &= 8246046,2 \text{ kgcm} \\
 &= 82460,462 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\
 &= 0,5 \times 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{0}{1439750} = 0 < 0,2$$

$$M_{pr}^* = (1,1 \times R_y \times f_y \times Z) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{P_u HBE}{P_y} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr}^* &= (104016,33) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{0}{1439750} \right) \right] \\
 &= 104016,33 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{104016,33}{1,1 \times 1,5} + 30755,1799 \times \left(\frac{58,2}{2} + \frac{70}{2} \right) \\
 &= 8246046,2 \text{ kgcm} \\
 &= 82460,462 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 &= 0,5 \times (82460,462 + 82460,462) \\
 &= 82460,462 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 65778,892 + 82460,462 \\
 &= 14239,35 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Nilai $B_1 = 1$,faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\
 &= 1,00 \times 14239,35 \\
 &= 14239,35 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 297641,75 \text{ (dari perhitungan Kolom CFT)} \\
 &= 297641,75 \text{ kgm} > 14239,35 \text{ kgm... OK!}
 \end{aligned}$$

3) Gaya geser pada kolom (VBE) akibat $SPSW$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2400 \times [\sin^2(39,93) \times 0,6 \times 291,8] \\
 &= 135254,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{148239,35 + 82460,462}{291,8} \right) \\
 &= 39530,469 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(web)} \\
 &= 39530,469 + 135254,75 \\
 &= 174785,22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (*VBE*)

Pada struktur dinding geser (*SPSW*) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan $f_c=25$ MPa

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 25} = 14$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 65.241$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 \leq 65.241 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

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

$$P_n = 2500 \times 575,9 \times 0,85 \times 250 \times \left(4324 + 0 \frac{2000000}{235000} \right)$$

$$P_n = 1531637,125 \text{ kg}$$

- 5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{650}{25} = 26$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.005$$

$K_v = 5$ (tanpa pengekang transversal) *SNI 1729-2015 Bab G pasal G2*

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times (65 \times 2,2) \times 1,00 \\ &= 462000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \times 462000,0 \\ &= 415800 \text{ kg} > 174785,22 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- 6) Interaksi aksial dan lentur kolom (*VBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{685262,99}{1531637,125} = 0,526 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{148239,35}{297641,75} = 0,498$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,969 < 1,0 \dots \text{OK!}$$

4.3.5. Kontrol *Strong Column Weak Beam*

Kontrol strong column weak beam didesain sesuai SNI-03-1729-2002 pasal 15.7.6. HBK yang ditinjau pada sambungan balok dan kolom lantai 2 As D-4. Dimana pada As tersebut terjadi gaya aksial terbesar pada kolom (HSS 700.700.22), dan momen terbesar pada balok (HCB.900.300.12.17).

A. Menghitung M*pc

$$\sum M^*_{pc} = \sum Z_c \left(f_{yc} - \frac{N_{uc}}{A_g} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Z_c &= 12.360 \text{ cm}^3 \\ f_{yc} &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ f'_{c} &= 250 \text{ kg/cm}^2 \\ N_{uc} &= 446.030,63 \text{ kg} \\ A_{g_{baja}} &= 575,90 \text{ cm}^2 \\ A_{g_{beton}} &= 4324,1 \text{ cm}^2 \\ \text{Rasio} &= 11,753 \% \text{ untuk baja} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M^*_{pc} &= 2 \times \left(12360 \left[\left(2500 - \frac{11,75\% \times 446030,63}{575,90} \right) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \left(250 - \frac{88,25\% \times 446030,63}{4324,1} \right) \right] \right) \\ &= 63479641,97 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

B. Menghitung M*pb

$$\sum M^*_{pb} = \sum (1,1 R_y f_y Z + M_y)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Z_1 &= 7293 \text{ cm}^3 \text{ (HCB.900.300.12.17)} \\ Z_2 &= 1205 \text{ cm}^3 \text{ (HCB.450.200.8.12)} \\ f_{yc} &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ R_y &= 1,5 \\ M_y &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M^*_{pb} &= 2 \times ((1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 7293 + 0)) + \\ &\quad 2 \times ((1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 1205 + 0)) \\ &= 61341371,44 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

C. Kontrol Strong Column Weak Beam

$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} > 1,0 ; \frac{63479641,97}{61341371,44} = 1,035$$

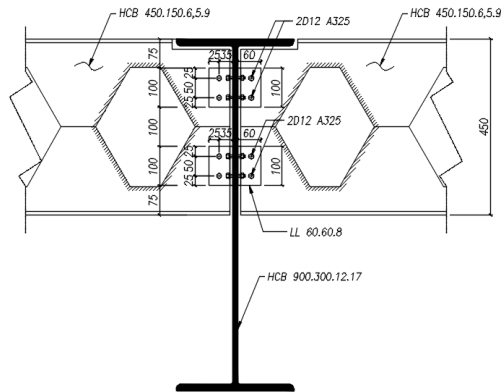
1,035 > 1,0 ... **OK!**

4.4. Sambungan

4.4.1. Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar $V_u = 5160,1265$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $65 \times 65 \times 8$



Gambar 4. 37 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

- Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,13 \\ &= 6997,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,65 \times 4100 \\ &= 5756,40 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{5160,1265}{5756,40} = 0,90, \text{ dipasang 4 buah}$$

- Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,13 \\ &= 6997,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,65 \times 4100 \\ &= 5756,40 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{5160,1265}{5756,40} = 0,90, \text{ dipasang 4 buah}$$

- Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ke tepi (*SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5*)

$$s_1 = 1,5 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 78 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s_1 = 25 \text{ mm}$$

Jarak antar baut (*SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5*)

$$s = 3 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 78 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s = 50 \text{ mm}$$

Sehingga panjang profil siku = 100 mm

- Kontrol siku penyambung

$$L = 10 \text{ cm}$$

Kontrol leleh

$$A_g \text{ siku} = 9,03 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ø.fy.Ag} = 0,9 \times 2500 \times 9,03 = 2031,75 \text{ kg}$$

Kontrol patah

$$A_e = U \cdot A_n,$$

dimana nilai $U = 0,75$ (SNI 1729:2015 Pasal J4 :1b)

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - n(db+2)tp \\ &= 9,03 - (2-0,5)(1,2+0,2)0,8 \\ &= 6,79 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.fu.A_e &= 0,75 \times 4100 \times 6,79 \times 0,75 \\ &= 18791,325 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Geser Blok

$$\begin{aligned} 0,6.fu.A_{nv} &= 0,6 \times 4100 \times ((2,5+5,0)-1,5 \times (1,2+0,2)) \times 0,8 \\ &= 10627,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} fu.A_{nt} &= 4100 \times ((6,0 - 3,5) - 0,5(1,2+0,2)) \times 0,8 \\ &= 5904 \end{aligned}$$

Karena $fu.A_{nt} < 0,6.fu.A_{nv}$, maka sesuai SNI 1729:2015 Bab J Pasal J4 : 3

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times 0,6.fu.A_{nv} + fy.A_{gt} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,32 + 2500 \times (2,5 \times 0,8) \\ &= 11720,4 \text{ kg} > 5160,1265 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

4.4.2. Sambungan Balok Tangga – Balok penumpu (Bordes)

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Profil balok utama tangga didesain menggunakan WF 200×100×5,5×8 dan balok penumpu tangga menggunakan WF 250×125×6×9.

Dari perhitungagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 2259,368 \text{ kg}$. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $60 \times 60 \times 8$

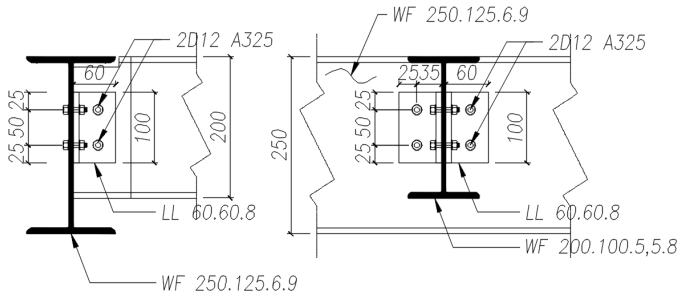
- Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\emptyset \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$



Gambar 4. 38 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,13 \\ &= 6997,89 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,55 \times 4100 \\ &= 4870,80 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{2259,368}{4870,80} = 0,46 \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku

Direncanakan :

$$\emptyset_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,13 \\ &= 6997,89 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\emptyset.Rn = \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\
 &= 4870,80 \text{ kg (menentukan !)} \\
 n &= \frac{2259,368}{4870,80} = 0,46 \text{ dipasang 2 buah}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ke tepi (*SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5*)

$$s_1 = 1,5 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 78 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s_1 = 25 \text{ mm}$$

Jarak antar baut (*SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5*)

$$s = 3 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 78 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s = 50 \text{ mm}$$

Sehingga panjang profil siku = 100 mm

- Kontrol siku penyambung

$$L = 10 \text{ cm}$$

Kontrol leleh

$$A_g \text{ siku} = 9,03 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset.fy.A_g = 0,9 \times 2500 \times 9,03 = 2031,75 \text{ kg}$$

Kontrol patah

$$A_e = U \cdot A_n,$$

dimana nilai $U = 0,75$ (*SNI 1729:2015 Pasal J4 :1b*)

$$A_n = A_g - n(\text{db}+2)\text{tp}$$

$$= 9,03 - (2-0,5)(1,2+0,2)0,8$$

$$= 6,79 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset.fu.A_e = 0,75 \times 4100 \times 6,79 \times 0,75$$

$$= 18791,325 \text{ kg}$$

- Kontrol Geser Blok

$$0,6.f_u.A_{nv} = 0,6 \times 4100 \times ((2,5+5,0)-1,5 \times (1,2+0,2)) \times 0,8$$

$$= 10627,2 \text{ kg}$$

$$f_u.A_{nt} = 4100 \times ((6,0 - 3,5) - 0,5(1,2+0,2)) \times 0,8$$

$$= 5904$$

Karena $f_u.A_{nt} < 0,6.f_u.A_{nv}$, maka sesuai *SNI 1729:2015 Bab J Pasal J4 : 3*

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \times 0,6.f_u.A_{nv} + f_y.A_{gt} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,32 + 2500 \times (2,5 \times 0,8) \\ &= 11720,4 \text{ kg} > 2259,368 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

4.4.3. Sambungan Balok penumpu – Kolom

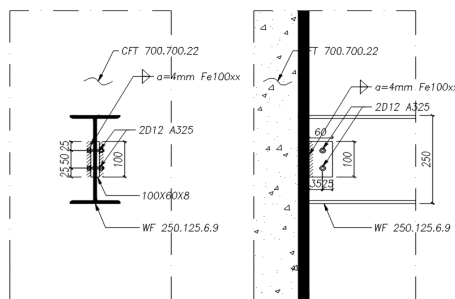
Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Profil balok penumpu tangga didesain menggunakan WF 250×125×6×9.

Dari perhitungannya sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar $V_u = 4307,0542 \text{ kg}$. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

- Kontrol plat sambung yang digunakan (*SNI 1729:2015 Tabel K1.2*)

$$\begin{aligned}t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS}) \\ &= \frac{4100}{2500} \times 2.2 \\ &= 3,608 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai $t_p = 0,8 \text{ cm}$



Gambar 4. 39 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\emptyset \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat Geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,13 \\ &= 6997,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,60 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{4307,0542}{5313,60} = 0,81 \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung

Direncanakan menggunakan las F_{e100xx} :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 8 mm

Panjang pelat sambung $l_{we} = 100 \text{ mm}$

Digunakan ketebalan las $w = 4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 5,656 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0,6 (100 \times 70,33) \times (1,0 + 0,5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 4218,00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4218,00 \times 5,656 \\ &= 17892,75 \text{ kg} > 4307,0542 \text{ kg ... OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol siku penyambung

$$L = 10 \text{ cm}$$

Kontrol leleh

$$A_g \text{ siku} = 9,03 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset.f_y.A_g = 0,9 \times 2500 \times 9,03 = 2031,75 \text{ kg}$$

Kontrol patah

$$A_e = U \cdot A_n$$

dimana nilai $U = 0,75$ (SNI 1729:2015 Pasal J4 :1b)

$$A_n = A_g - n(db+2)tp$$

$$= 9,03 - (2-0,5)(1,2+0,2)0,8$$

$$= 6,79 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset.f_u.A_e = 0,75 \times 4100 \times 6,79 \times 0,75$$

$$= 18791,325 \text{ kg}$$

Kontrol Geser Blok

$$0,6.f_u.A_{nv} = 0,6 \times 4100 \times ((2,5+5,0)-1,5 \times (1,2+0,2)) \times 0,8$$

$$= 10627,2 \text{ kg}$$

$$f_u.A_{nt} = 4100 \times ((6,0 - 3,5) - 0,5(1,2+0,2)) \times 0,8$$

$$= 5904$$

Karena $f_u.A_{nt} < 0,6.f_u.A_{nv}$, maka sesuai SNI 1729:2015 Bab J Pasal J4 : 3

$$\emptyset T_n = \emptyset \times 0,6.f_u.A_{nv} + f_y.A_{gt}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,32 + 2500 \times (2,5 \times 0,8)$$

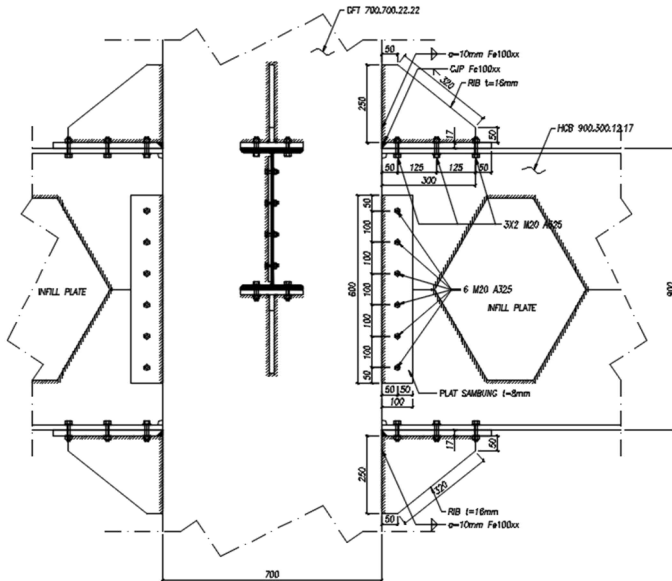
$$= 11720,4 \text{ kg} > 5160,1265 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

4.4.4. Sambungan Balok Induk – Kolom

Sambungan menghubungkan balok profil *Hexagonal castellated beam* $900 \times 300 \times 14 \times 23$ dengan kolom komposit CFT dengan profil HSS $700 \times 700 \times 22 \times 22$ dengan mutu inti beton = 25 MPa.

Sambungan direncanakan menjadi 2 jenis sambungan yaitu:

- a) Sambungan Pen Tipe Geser
- b) Sambungan Rigid dengan las dan baut



Gambar 4. 40 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- a. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja (PL=100 kg) saat proses pengelasan.

• Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 1$$

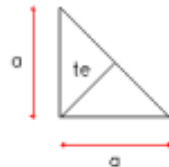
- Sambungan Las

$$a = 4 \text{ mm}$$

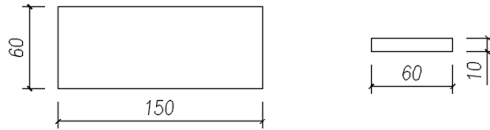
$$l_w = 150 \text{ mm}$$

Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)



- Pelat Sambung



$$t_p = 10 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm}$$

• Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Untuk bentang balok 9,75 m

Berat sendiri profil = 175 kg/m

Beban pekerja = 100 kg

$P_u (1,2DL + 1,6 LL) = 1,2 (175 \times 9,75) + 1,6 \times 100$
 $= 2207,5 \text{ kg}$

$V_u = \frac{1}{2} P_u$

$= \frac{1}{2} \times 2207,5 \text{ kg} = 1103,75 \text{ kg}$

• Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 12 mm $\rightarrow A = 1.131 \text{ cm}^2$

Ketebalan plat sambung = 10 mm

Kuat Geser baut

$\emptyset \cdot V_n = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$

$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,13$

$= 3498,9488 \text{ kg}$

Kuat tumpu baut

$\emptyset \cdot R_n = \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$

$= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1,0 \times 4100$

$= 8856,00 \text{ kg (menentukan !)}$

$n = \frac{1103,75}{3498,9488} = 0,81$ dipasang 2 buah

- Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ke tepi (*SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5*)

$$s1 = 1,5 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s1 = 25 \text{ mm}$$

Jarak antar baut (*SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5*)

$$s = 3 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s = 100 \text{ mm}$$

Sehingga panjang pelat sambung = 150 mm

- Kontrol Pelat penyambung

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

Kontrol leleh

$$A_g \text{ pelat} = 6,0 \times 1,0 = 6,0 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset.fy.A_g = 0,9 \times 2500 \times 6,0 = 13500 \text{ kg}$$

Kontrol patah

$$A_e = U \cdot A_n,$$

dimana nilai $U = 0,75$ (*SNI 1729:2015 Pasal J4 :1b*)

$$A_n = A_g - n(\text{db}+2)\text{tp}$$

$$= 6,0 - (2-0,5)(1,2+0,2)1,0$$

$$= 3,20 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset.f_u.A_e = 0,75 \times 4100 \times 3,20 \times 0,75$$

$$= 5400 \text{ kg}$$

Kontrol Geser Blok

$$0,6.f_u.A_{nv} = 0,6 \times 4100 \times ((2,5+10,0)-1,5 \times (1,2+0,2)) \times 1,0$$

$$= 25584,0 \text{ kg}$$

$$f_u.A_{nt} = 4100 \times ((6,0 - 3,5) - 0,5(1,2+0,2)) \times 1,0$$

$$= 7380,0$$

Karena $f_u.A_{nt} < 0,6.f_u.A_{nv}$, maka sesuai *SNI 1729:2015 Bab J Pasal J4 : 3*

$$\emptyset T_n = \emptyset \times 0,6.f_u.A_{nv} + f_y.A_{gt}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 10,4 + 2500 \times (2,5 \times 1,0)$$

$$= 31834 \text{ kg} > 1103,75 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $a = 4$ mm (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times a) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.4) \times 15 \\ &= 4,24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0,6 (100 \times 70,33) (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} 0) \\ &= 4218,00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75F_{nw}A_{we} \\ &= 0.75 \times 4218,00 \times 4,24 \\ &= 13419,567 \text{ kg} > 1103,75 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

- b. Sambungan rigid dengan alat sambung las dipasang sebagai penunpu beban aktual.

- Gaya dalam yang bekerja pada sambungan

Gaya geser dari SAP 2000

$$Mu = 35254,86 \text{ kgm}$$

$$Vu = 26915,92 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sendi plastis, berdasarkan pasal 15.7.2.3 SNI 03-1729:2002 kuat geser perlu terfaktor (Vu) harus ditentukan berdasarkan kuat geser akibat beban kombinasi ditambah dengan gaya geser yg dihasilkan dari momen lentur sebesar $1,1 R_y f_y Z$ dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Mu' &= 1,1 R_y f_y Z_x \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 7293 \\ &= 30084819 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu' &= Mu' / L \\ &= 30084819 / 975 \end{aligned}$$

$$= 30856,225 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = V_u + V_u'$$

$$= 57772,145 \text{ kg}$$

- Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = M20 = 2,0 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 1$$

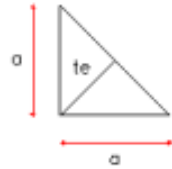
- Sambungan Las

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$l_w = 400 \text{ mm}$$

Keterangan :

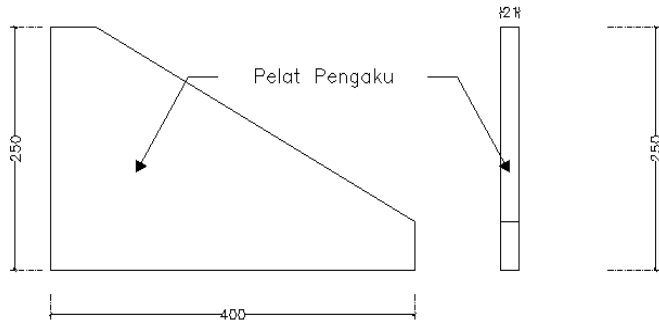
a (ketebalan kaki las sudut)



- Pelat Pengaku

$$t_p = 15 \text{ mm} \quad t_s \text{ (pengaku)} = 16 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 302 \text{ mm} \quad b_s \text{ (pengaku)} = 250 \text{ mm}$$



Berdasarkan SNI 1729:2015 Bab G Pasal G3.3 lebar dan tebal pelat pengaku direncanakan sebagai berikut :

Persyaratan 1

$$\begin{aligned} bs &> 1/3 bf - 1/2 tw \\ 250 &> 1/3.302 - 1/2.12 \\ 250 &> 94,7 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Persyaratan 2

$$\begin{aligned} \frac{bs}{ts} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{250}{16} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 15,6 &\leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Sambungan baut untuk sambungan momen

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14 \\ &= 9719,3023 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 22140,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_u &= M_u / d \\ &= 35254,86 / 0,89 \\ &= 39567,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{39567,74}{9719,30} = 4,07 \text{ dipasang 6 buah}$$

- Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ke tepi

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5)

$$\begin{aligned} s_1 &= 1,5 db \text{ s/d } 12 tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil } s_1 = 50 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5)

$$s = 3 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

Diambil $s = 125 \text{ mm}$

Sehingga panjang plat = 400 mm

- Sambungan baut untuk sambungan geser balok

Kuat geser baut

$$\emptyset.Vn = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14$$

$$= 9719,3023 \text{ kg (menentukan !)}$$

Kuat tumpu baut

$$\emptyset.Rn = \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 20 \times 1,5 \times 4100$$

$$= 22140,00 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = V_u + V_u'$$

$$= 57772,145 \text{ kg}$$

$$n = \frac{57772,145}{39719,30} = 5,94 \text{ dipasang } 6 \text{ buah}$$

- Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ke tepi

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5)

$$s_1 = 1,5 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 30 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

Diambil $s_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5)

$$s = 3 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

Diambil $s = 100 \text{ mm}$

Sehingga panjang plat = 600 mm

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $a = 6$ mm (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times a) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.6) \times 60 \\ &= 25,45 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0,6 (100 \times 70,33) (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} 0) \\ &= 4218,00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

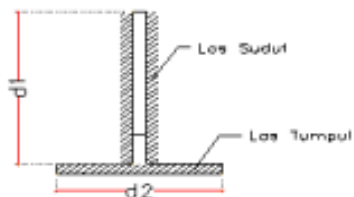
$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4218,00 \times 25,45 \\ &= 80517,402 \text{ kg} > 57772,145 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- 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 :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \\ l_w &= 4 \times d_1 + 2 \times d_2 \\ &= 4 \times 25 + 2 \times 30 \\ &= 160 \text{ cm} \end{aligned}$$



- Las Sudut

$$\begin{aligned} te &= 2 \times 0,707 \times a \\ &= 2 \times 0,707 \times 1,0 = 1,41 \text{ cm} \end{aligned}$$

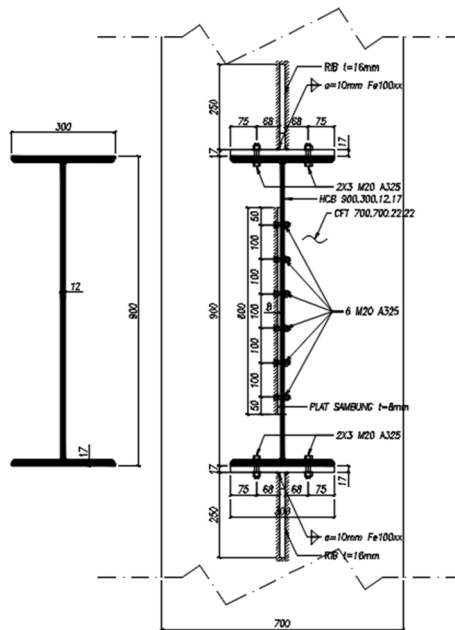
$$\begin{aligned} R_n &= F_{nw} \times t_e \\ &= 4218 \times 1,41 = 5964,25 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

- Las Tumpul

$$t_e = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nw} \times t_e \\ &= 4218 \times 1,0 = 4218,0 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n \text{ total}} &= 5964,25 + 4218,0 \\ &= 10182,25 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 41 Letak Sambung Las pada Sambungan Balok-Kolom

- Geser Sentris pada sambungan las

$$f_v = \frac{V_u}{l_w} = \frac{57772,145}{160} = 360,175 \text{ Kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 f_v &< \varnothing R_n \\
 360,175 &< 0,75 \cdot 10182,25 \text{ kg} \\
 360,175 &< 7636,689 \text{ kg} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Geser Lentur pada sambungan las

$$f_H = \frac{Mu}{S} = \frac{3525486}{1024,73} = 3440,528 \text{ Kg/cm}$$

dimana :

$$S_1' = \frac{d_1^2}{6} = 104,17 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 4 \times S_1' = 416,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = \frac{d_2^2}{6} = 152,01 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times S_2' = 608,03 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{total}} &= S_1 + S_2 \\
 &= 416,7 + 608,03 = 1024,73 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &= \sqrt{f_v^2 + f_H^2} = \sqrt{360,175^2 + 3440,528^2} \\
 &= 3459,329 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

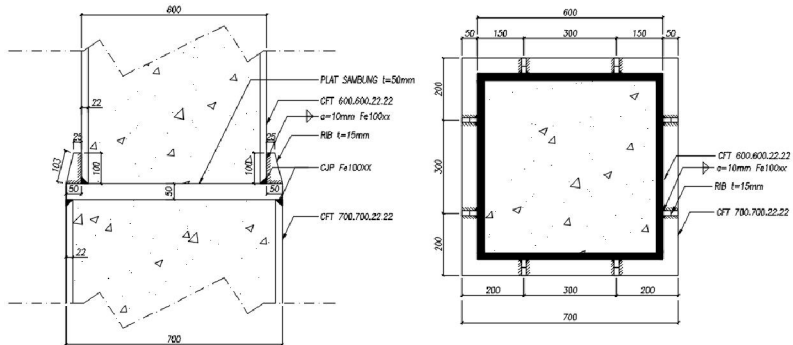
$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &< \varnothing R_n \\
 3459,329 &< 0,75 \cdot 10182,25 \text{ kg} \\
 3459,329 &< 7636,689 \text{ kg/cm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

4.4.5. Sambungan Kolom – Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 5 ke lantai 6 dimana terdapat perubahan dimensi kolom CFT dan dipilih kolom yang terletak pada posisi dinding geser (*SPSW*). Sambungan direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . 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.

$$\begin{aligned} f_u &= 410 \text{ Mpa} \\ f_y &= 250 \text{ Mpa} \\ f_{u100XX} &= 7033 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_{c'} &= 25 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



Gambar 4. 42 Sambungan Kolom dengan Kolom

- Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) \gamma_w h_c + \sum \left[\frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right]$$

Nilai E_m diperhitungkan berdasarkan perhitungan sebelumnya

$$E_m = P_u = 482023,36 \text{ kg}$$

- Momen pada sambungan

$$M_u = M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)}$$

$$M_{VBE(web)} = 65778,892 \text{ kgm}$$

$$M_{VBE(HBE)} = 82460,462 \text{ kgm}$$

$$M_u = 148239,35 \text{ kgm}$$

- Gaya geser pada sambungan

$$V_{VBE(HBE)} = \sum \frac{1}{2} \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right)$$

$$= 39530,469 \text{ kg}$$

- Sambungan las pada kolom
Kolom HSS 700 x 700 x 22 x 22.
Kolom HSS 600 x 600 x 22 x 22.
Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$= \frac{148239,35}{600} \pm 482023,36$$

$$= 729088,95 \text{ kg (tekan) menentukan !}$$

$$= -234957,8 \text{ kg (tarik)}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

Sesuai *SNI 1729:2015 tabel J2.5 Bab J Pasal J2 : 4* , nilai
 $F_{nw} = F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$$F_{nw} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_{nh} = 0,75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0,75 \times 4100 \times (0,707 \times 2,2 \times 487,9)$$

$$= 1105796,1 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{39530,469}{1105796,1} \right)^2 + \left(\frac{729088,95}{1105796,1} \right)^2 \leq 1$$

$$0,436 \leq 1 \dots \text{OK!}$$

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 :

$$\begin{aligned} f_{p\max} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \\ &= 12,75 \text{ MPa} = 127,50 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

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 :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{482023,36}{70 \times 70} = 98,372 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan :

$$\begin{aligned} f_p &\leq f_{p\max} \\ 98,372 &\leq 127,50 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas
Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= f_p \left(\frac{c^2}{2} \right) = 98,372 \left(\frac{15^2}{2} \right) \\ &= 11066,86 \text{ kgcm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai c diambil terbesar dari m, n. dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} m &= \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{70 - 0,95 \cdot 60}{2} = 6,5 \text{ cm} \\ n &= \frac{B - 0,95 bf}{2} = \frac{70 - 0,8 \cdot 60}{2} = 11 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \cdot b f} = \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{60 \times 60} = 15 \text{ cm}$$

Keterangan :

λ = diambil konservatif adalah 1

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$M_{pl} \leq \phi b M_p$$

$$M_{pl} \leq \phi b \left(\frac{t p^2}{4} \right) f_y$$

$$t p \geq \sqrt{\frac{4 \times M_{pl}}{\phi b \times f_y}}$$

$$t p \geq \sqrt{\frac{4 \times 11066,86}{0,9 \times 2500}}$$

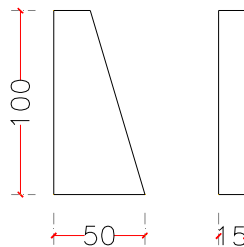
$$t p \geq 4,44 \text{ cm ; digunakan } t p = 5,0 \text{ cm}$$

sehingga tepal pelat landas (tp) direncanakan sebesar 50 mm atau 5 cm

Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :



$$t_s = 15 \text{ mm} \quad b_s = 100 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Bab G Pasal G3.3 lebar dan tebal pelat pengaku direncanakan sebagai berikut :

Persyaratan

$$\frac{bs}{ts} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$6,67 \leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

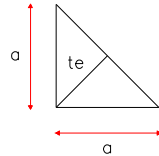
- **Kuat Sambungan Las**

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

Tegangan Putus Las $F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$l_w = 150 \text{ mm}$$



Keterangan :

$a =$ (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0,707 \times a) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 1,0) \times 15 \\ &= 21,21 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \Theta) \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 21,21 \\ &= 67097,835 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi R_n$$

$$39530,469 < 67097,835 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

4.4.6. Sambungan Dinding Geser Plat 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.

Tebal Plat SPSW (t_w) = 6 mm $\alpha = 39,933^\circ$
 Tebal Profil CFT (*VBE*) = 22 mm $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$
 Tebal flans profil (*HBE*) = 17 mm $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

- Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

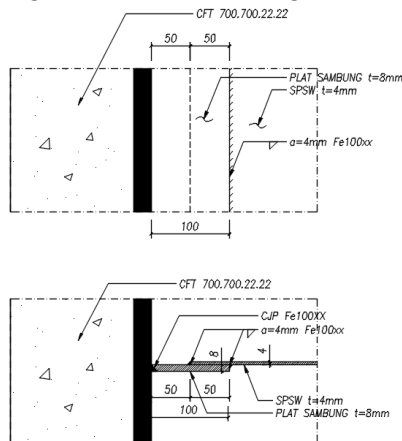
Digunakan las dengan mutu $F_{e100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$
 (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall Persamaan. 3-86*)

$$W_{(HBE)} = \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]}$$

$$= \frac{1,5 \times 240 \cos(39,933) \times 6 \times \sqrt{2}}{0,75 \times 0,6 \times 703,0 [1 + 0,5 \cos^{1,5}(39,933)]}$$

$$= 5,54 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis $t = 6$ mm. Jadi digunakan las sudut dengan tebal $a = 6$ mm.



Gambar 4. 43 Sambungan Dinding Geser dengan Kolom

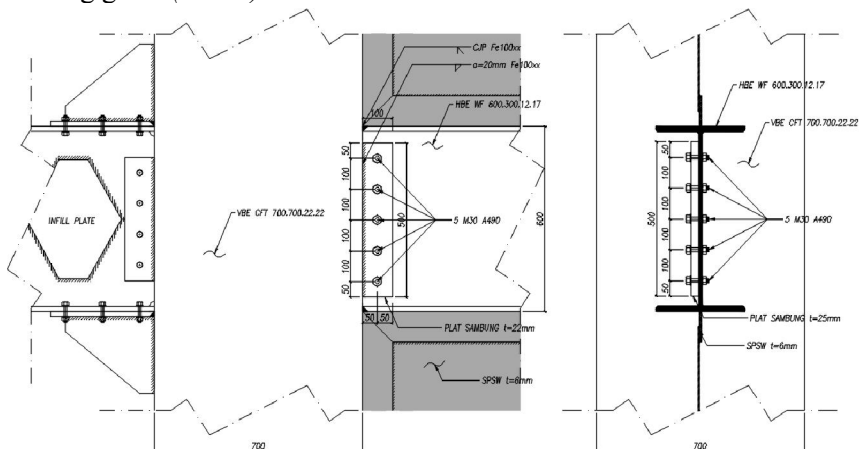
- Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)
Digunakan las dengan mutu $F_{e100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$
(*AISC:20 Steel Plate Shear Wall Persamaan. 3-86*)

$$\begin{aligned}
 W_{(HBE)} &= \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\
 &= \frac{1,5 \times 240 \cos(39,933) \times 6 \times \sqrt{2}}{0,75 \times 0,6 \times 703,0 [1 + 0,5 \cos^{1,5}(39,933)]} \\
 &= 5,54 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis $t = 6 \text{ mm}$. Jadi digunakan las sudut dengan tebal $a = 6 \text{ mm}$.

4.4.7. Sambungan Balok (*HBE*) – Kolom (*VBE*) pada Dinding Geser Plat Baja (*SPSW*)

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil WF 600 × 300 × 12 × 17 dengan kolom (*VBE*) komposit CFT dengan profil HSS 700 x 700 x 22 x 22 dengan mutu inti beton = 25 MPa pada dinding geser (*SPSW*).



Gambar 4. 44 Sambungan HBE dan VBE pada Dinding Geser

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan
Gaya geser dari perhitungan gaya geser balok HBE
 $V_u = 30296,82 \text{ kg}$

- Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{HBE(VBE)} = 259689,12 \text{ kg}$$

$$N_{coll} = 5865,8434 \text{ kg (gaya geser SPSW)}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_u &= P_{HBE(VBE)} - N_{coll} \\ &= 259689,12 - 5865,8434 \\ &= 253823,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u &= N_{coll} + P_{HBE(VBE)} \\ &= 5865,8434 + 5865,8434 \\ &= 265554,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

(menentukan)

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih menentukan.

- Direncanakan menggunakan :

Mutu baja plat sambung	= BJ41	
Diameter baut	= M30 mm	→ A = 7,07 cm ²
Mutu Baut	= A490	
	$f_{ub} = 10350 \text{ kg/cm}^2$	
Jumlah baut (n)	= 5 buah	
Ketebalan plat sambung	= 25 mm	

- Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ke tepi

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5)

$$s_1 = 1,5 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 45 \text{ mm s/d } 300 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

Diambil $s_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5)

$$S = 3 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 90 \text{ mm s/d } 300 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

Diambil $s = 100 \text{ mm}$

Panjang pelat sambung = 500 mm

- Kontrol Leleh dan Patah pada Pelat Sambung
- Kontrol Leleh

Kontrol panjang tekuk $Kl/r \leq 25$, $f_{cr} = f_y$

$$\phi_y V_n = 1.00(0.6)f_y tL$$

$$= 1,00 \times (0,6) \times 2500 \times 2,5 \times 50$$

$$= 187500 \text{ kg}$$

$$\phi_c N_n = 0.90f_y tL$$

$$= 0,90 \times 2500 \times 2,5 \times 50$$

$$= 281250 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{30296,82}{187500} \right)^2 + \left(\frac{265554,96}{281250} \right)^2 \leq 1$$

$$0,92 \leq 1 \dots \mathbf{OK!}$$

- Kontrol patah pada plat sambung

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t$$

$$= (2,5 \times 50) - 5 \times (3,2 + 0,15) \times 2,5$$

$$= 110,75 \text{ cm}^2$$

$$\phi_y V_n = 0.75(0.6)f_u A_{nv}$$

$$= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 110,75$$

$$= 204333,75 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{204333,75}{187500}\right)^2 + \left(\frac{265554,96}{281250}\right)^2 \leq 1$$

$$0,91 \leq 1 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol Kuat Geser dan Kuat Tumpu pada Baut
- Kuat Geser

$$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{30296,82^2 + 265554,96^2}$$

$$= 267277,63 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = \phi n f_u^t A_b$$

$$= 0,75 \times 5 \times 10350 \times 7,07$$

$$= 274349,4 \text{ kg} > 267277,63 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$1.2l_c = 1,2 (s1 - \frac{1}{2}(db + 1,5\text{mm}))$$

$$= 1,2 (50 - \frac{1}{2}(30 + 1,5))$$

$$= 41,1 \text{ mm}$$

$$2.4d_b = 2,4 \cdot 30$$

$$= 72 \text{ mm} > 41,1 \text{ mm}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\phi R_n = \phi \times 1,2l_c \times t \times f_u$$

$$= 0,75 \times 4,11 \times 2,5 \times 4100$$

$$= 31595,625 \text{ kg}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$1.2l_c = 1,2 (s - \frac{1}{2}(db + 1,5 \text{ mm}))$$

$$= 1,2 (100 - \frac{1}{2}(30 + 1,5))$$

$$= 101,1 \text{ mm}$$

$$2.4d_b = 2,4 \cdot 30$$

$$= 72 \text{ mm} < 101,1 \text{ mm}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4db \times t \times f_u \\ &= 0,75 \times 10,11 \times 2,5 \times 4100 \\ &= 55350 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk kelompok baut vertikal,

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 31595,625 + (5 \times 55350) \\ &= 308345,63 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal, semua baut $2.4d_b > 1.2L_c$

Direncanakan jarak baut ke tepi (s_2) = 50 mm

$$\begin{aligned}1.2L_c &= 1,2 (s_2 - \frac{1}{2}(db + 1,5\text{mm})) \\ &= 1,2 (50 - \frac{1}{2}(30 + 1,5)) \\ &= 41,1 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2.4d_b &= 2,4 \cdot 30 \\ &= 72 \text{ mm} > 41,1 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4db \times t \times f_u \\ &= 0,75 \times 10,11 \times 2,5 \times 4100 \\ &= 55350 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nh} &= 5 \times 55350 \\ &= 276750 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{204333,75}{308345,63} \right)^2 + \left(\frac{265554,96}{276750} \right)^2 \leq 1$$

$0,93 \leq 1 \dots \text{OK!}$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $a = 20$ mm dan mutu las F_{e100XX}

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times a) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 2,0) \times 50 \\ &= 70,7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6F_{EXX}(1,0 + 0,5\sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times 7030 \times (1,0 + 0,5\sin^{1,5} 90) \\ &= 4218,0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0,75F_{nw}A_{we} \\ &= 0,75 \times 4218,0 \times 70,7 \\ &= 223659,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6F_{EXX}(1,0 + 0,5\sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times 7030 \times (1,0 + 0,5\sin^{1,5} 90) \\ &= 6327,0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0,75F_{nw}A_{we} \\ &= 0,75 \times 6327,0 \times 70,7 \\ &= 335489,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{204333,75}{223659,45} \right)^2 + \left(\frac{265554,96}{335489,18} \right)^2 \leq 1$$

$$0,64 \leq 1 \dots \mathbf{OK!}$$

- Kontrol sambungan *HBE* dengan *VBE* terhadap momen.
- Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1.1R_y Z_b \left(f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g} \right) \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 3782 \left(2500 - \frac{259689,12}{174,5} \right) \\
 &= 1310093,1 \text{ kgcm} \\
 &= 13100,931 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u \cdot d_{\max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{1310093,1 \cdot 58,2}{58,2^2} = 22510,191 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Ukuran Las
Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e70XX} .

$$l_{we} = b_f \text{ profil} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times a) \times l_{we} \\
 &= (0,707 \times 1,5 \times 30) \\
 &= 31,82 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times (100 \times 70,33) \times 31,82 \\
 &= 150970,13 \text{ kg} > T_u = 22510,191 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 4R_{nh} \\
 &= 4 \times 150970,13 \text{ kg} \\
 &= 603880,52 \text{ kg} > v_u = 30296,82 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}
 \end{aligned}$$

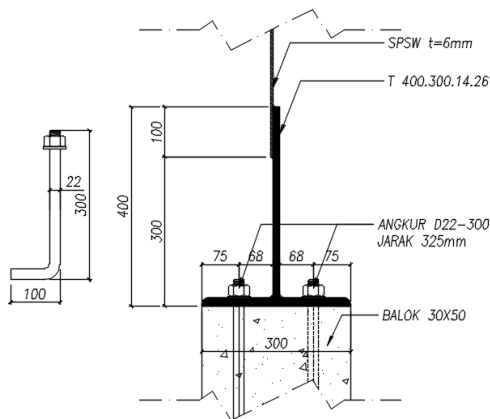
$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_{nh}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{30296,82}{603880,52}\right)^2 + \left(\frac{22510,191}{150970,13}\right)^2 \leq 1$$

$$0,025 \leq 1 \dots \text{OK!}$$

4.4.8. Sambungan Dinding Geser (SPSW) – Balok Beton

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan dinding geser lantai 1 dengan balok. Profil T 400 × 300 × 10 × 16 berhubungan langsung dengan balok beton sehingga digunakan angkur sebagai penyambung dan *grouting* agar tidak terjadi rembesan air yang menyebabkan korosi. Digunakan angkur dengan diameter $d = 2,2$ cm dan jarak $s = 325$ mm. Sudut tarik aktual SPSW pada lantai 1 (α) = 37,2°.



Gambar 4. 45 Sambungan Balok HBE dengan Balok

- Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$V_u = \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w s$$

$$= \frac{1}{2} 2500 \cdot \sin(2 \cdot 37,2^\circ) 0,6 \cdot 32,5$$

$$= 22529,4 \text{ kg}$$

- Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w s \\ &= 2500 \cdot \cos^2(37,2^\circ) 0,6 \cdot 32,5 \\ &= 29723,387 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur $d = 22$ mm dengan $f_u = 8250$ kg/cm²

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 f_{ub} (0.5 A_b) \\ &= 0,75 \times 8250 \times (0,5 \times (0,25 \times \pi \times 2,20^2)) \\ &= 11760,356 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah Angkur (n)

$$\begin{aligned} n &= \text{Panjang balok (L)} / \text{jarak (s)} \\ &= 325 / 32,5 \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2T_u + C_v V_u}{n} &= \frac{2 \times 29723,387 + 1,25 \times 22529,42}{10} \\ &= 8760,8549 \text{ kg} < 11760,356 \text{ kg} \dots \text{ OK!} \end{aligned}$$

- Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam balok diperhitungkan sebagai berikut:

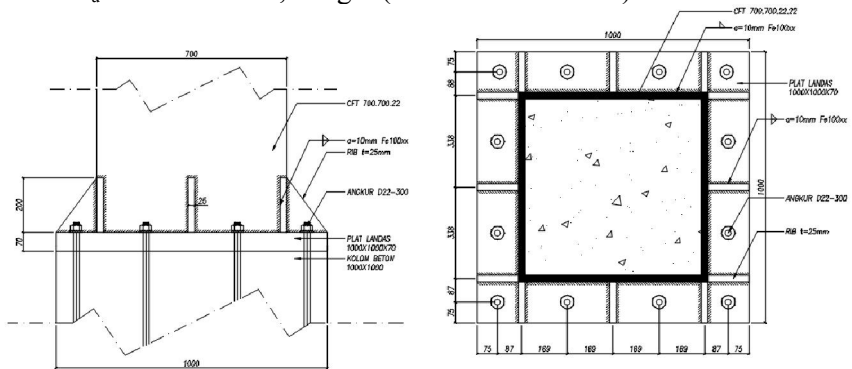
$$\begin{aligned} L &\geq \left[\frac{2V_u + (4V_u^2 + 6d \cdot f'c'(M_u + V_u(5cm)))^{1/2}}{d \cdot f'c'} \right] \\ L &\geq \left[\frac{2 \cdot 22529,42 + (4 \cdot 22529,42^2 + 6 \cdot 40 \cdot 250(0 + 22529,42(5cm)))^{1/2}}{40 \cdot 250} \right] \end{aligned}$$

$$L \geq 13,889 \text{ cm} \rightarrow \text{diambil } L = 30,00 \text{ cm}$$

4.4.9. Sambungan Kolom - Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan $t_p = 70$ mm. Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 932186,2 \text{ kg (dari gaya aksial Kolom)} \\
 V_u &= 10008,41 \text{ kg (dari gaya geser Kolom)} \\
 M_u &= 39088,83 \text{ kgm (dari momen Kolom)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 46 Sambungan Kolom dengan Base Plate

- Sambungan Las pada End Plate

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil HSS 700.700.22.22 dengan asumsi $t_e = 1.00$ cm sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 A_w &= 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2 \\
 I_x = I_y &= 432500 \text{ cm}^4 \\
 S_x = S_y &= 12360 \text{ cm}^3 \\
 f_{uw} &= \phi 0.6 F_{e100XX} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times (100 \times 70,33) \\
 &= 3164.85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat P_u :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{932186,2}{280} + \frac{39088,83}{12360} \\
 &= 3332,399 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat V_u :

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\ &= \frac{10008,41}{280} + \frac{39088,83}{12360} \\ &= 38,907 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\ &= \sqrt{3332,399^2 + 38,907^2} \\ &= 3332,626 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned} t_e &= f_{total} / f_{uw} \\ &= 3332,626 / 3164,85 \\ &= 1,053 \text{ cm} \\ a &= t_e / 0,707 \\ &= 1,053 / 0,707 \\ &= 1,489 \text{ cm} \approx 1,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol syarat tebal kaki las untuk $t_p = 22 \text{ mm}$:

Tebal minimum = $t_{sirip} = t_p = 6 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} a_{\max} &= 1,41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p \\ &= 18,08 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 15 \text{ mm}$

- Perhitungan *base plate*

Direncanakan :

Diameter Angkur (db) = 22 mm

Luas Angkur (Ab) = 3,801 cm²

Dimensi *base plate*

$$N = 1000 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Luas } \textit{base plate} (A2) = 10000 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas profil (A1)} = 575,9 \text{ cm}^2$$

- Penentuan Kategori

Eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{39088,83}{932186,2}$$

$$= 0,04193 \text{ m} = 41,93 \text{ mm}$$

$$\frac{N}{6} = \frac{1000}{6} = 166,7 \text{ mm}$$

Karena nilai $\frac{N}{6} > \frac{M_u}{P_u}$, maka termasuk kategori B

- Tegangan Tumpuan pada Beton

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot B \sqrt{\frac{A2}{A1}}$$

$$= 0,6 \cdot 0,85 \cdot 250 \cdot 100 \sqrt{\frac{10000}{575,9}}$$

$$= 53129,612 \text{ kg/cm}$$

$$f_p = \frac{P_u}{B \cdot Y} \quad \text{dimana nilai } Y = (N - 2e)$$

$$= \frac{932186,2}{100 \cdot (100 - 2 \times 4,193)} = 101,75 \text{ kg/cm}^2$$

- Tebal Pelat Landas

$$t_p = 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot (N - 2e) \cdot f_y}}$$

Dimana, nilai c diambil terbesar dari m , n , dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = 168 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = 168 \text{ mm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d bf} = 175 \text{ mm}$$

Keterangan :

λ = diambil konservatif adalah 1

$$tp = 1,49 \times 17,5 \cdot \sqrt{\frac{932186,2}{100(100 - 2 \times 4,193)2500}}$$

$$= 5,26 \text{ cm}$$

Digunakan tebal pelat $tp = 6,0 \text{ cm}$

- Perhitungan Angkur
Dipakai baut angkur A325 Ø22 mm ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot V_n &= V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,2^2) \cdot 1 \\ &= 11760,356 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot R_n &= R_d = 2,4 \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2,2 \cdot 6,0 \cdot 4100 \\ &= 97416,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser V_{ux} dan V_{uy})

$$n = \frac{Vu}{\phi_f \cdot Vn} = \frac{10008,41}{11760,36} = 0,851 \text{ buah}$$

dipakai 12 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi

- Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam balok diperhitungkan sebagai berikut:

$$L \geq \left[\frac{2V_u + (4V_u^2 + 6d \cdot f_c'(M_u + V_u(5cm)))^{1/2}}{d \cdot f_c'} \right]$$

$$= \left[\frac{2 \cdot 10008,41 + (4 \cdot 10008,41^2 + 6 \cdot 70 \cdot 250(3908883 + 10008,41(5cm)))^{1/2}}{70 \cdot 250} \right]$$

$$L \geq 38,003 \text{ cm} \rightarrow \text{diambil } L = 40,00 \text{ cm}$$

4.5. Bangunan Bawah

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada *Life Style Hotel* Surabaya ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Dalam sub bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan dan perencanaan poer (pile cap), Kolom basement, balok dan sloof, serta pelat dinding basement dan pelat lantai basement. Karena bangunan bawah dari gedung ini menggunakan struktur beton, maka untuk nilai parameter struktur $R = 7,0$; $C_d = 5,5$; $\Omega_0 = 2,5$.

4.5.1. Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Sehingga kita bisa merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

4.5.2. Daya Dukung Tanah

Perhitungan tegangan ijin tanah berdasarkan dari data SPT dengan menggunakan perhitungan dari buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi oleh Suyono Sosrodarsono, penerbit PT. Pradnya Paramita tahun 2000, Jakarta.

Data Perencanaan :

- Diameter tiang bor = 500 mm
- Jarak pusat antar tiang = 1,5 m
- Kedalaman tiang = 12 m untuk tipe P1, P2, P3
= 18 m untuk tipe P4

1. Harga N rata-rata dari tanah pondasi pada ujung tiang

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

Dengan :

N_1 = harga N pada ujung tiang

N_2 = harga rata-rata pada jarak 4D dari ujung tiang

2. Gaya geser maksimum dinding tiang

Hitung besarnya intensitas gaya geser dinding tiang (*friction*) berdasarkan jenis tanah yang ada dan jenis pondasi tiang yang digunakan

Tabel 4. 41 Intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan: t/m²)

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

(Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa hal.102)

Gaya geser maksimum dinding tiang ($U \sum l_i f_i$) yang terjadi adalah

$$U \sum l_i f_i = \pi D \text{ friction}$$

Dimana :

D = Diameter tiang (m)

friction = intensitas gaya geser dinding tiang

3. Daya dukung ujung tiang

Hitung besarnya daya dukung ujung tiang ($q_d \cdot A$)

$$\frac{q_d}{N} = 20$$

$$q_d = 20 \cdot N$$

$$q_d \cdot A = 20 \cdot N \cdot A$$

$$q_d \cdot A = 20 \times N \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

4. Daya dukung ultimate (R_u)

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum l_i f_i$$

Tabel 4. 42 Rekap Perhitungan Daya Dukung Tanah Ultimate

Depth	Ket	N-SPT	(N1+N2)	Friction	S Friction	Bearing	Pu	Pijin	Pijin
m	S / C		2	Ton/m ²	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
								SF= 3,00	SF= 2,00
0	S	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	S	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	C	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Depth	Ket	N- SPT	(N1+N2)	Friction	S Friction	Bearing	Pu	Pijin	Pijin
m	S / C		2	Ton/m ²	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
								SF= 3,00	SF= 2,00
3	C	20	15	10	15,708	117,810	133,518	44,506	66,759
4	C	17	17,75	8,5	29,060	139,408	168,468	56,156	84,234
5	C	13	13,625	6,25	38,877	107,010	145,888	48,629	72,944
6	C	8	9,125	4	45,160	71,668	116,828	38,943	58,414
7	C	17	14,375	8,25	58,119	112,901	171,020	57,007	85,510
8	C	25	22,875	12	76,969	179,660	256,629	85,543	128,314
9	S	25	24,625	12	95,819	193,404	289,223	96,408	144,611
10	S	24	24,125	12	114,668	189,477	304,145	101,382	152,073
11	S	26	25,5	12	133,518	200,277	333,794	111,265	166,897
12	S	28	27,5	12	152,367	215,984	368,352	122,784	184,176
13	S	25	25,75	12	171,217	202,240	373,457	124,486	186,728
14	S	22	22,75	11	188,496	178,678	367,174	122,391	183,587
15	S	20	20,125	9,75	203,811	158,061	361,872	120,624	180,936
16	S	17	17,625	8,5	217,163	138,426	355,589	118,530	177,795
17	C	20	18,875	9,75	232,478	148,244	380,722	126,907	190,361
18	C	22	21,375	11	249,757	167,879	417,635	139,212	208,818
19	C	22	21,625	10,75	266,643	169,842	436,485	145,495	218,243
20	C	21	21,125	10,5	283,136	165,915	449,051	149,684	224,526
21	C	21	21	10,5	299,629	164,934	464,563	154,854	232,282
22	C	21	21	10,5	316,123	164,934	481,056	160,352	240,528
23	C	23	22,5	11,5	334,187	176,715	510,902	170,301	255,451
24	C	25	24,5	12	353,036	192,423	545,459	181,820	272,730
25	C	23	23,5	11,5	371,101	184,569	555,669	185,223	277,835

Depth	Ket	N- SPT	(N1+N2)	Friction	S Friction	Bearing	Pu	Pijin	Pijin
m	S / C		2	Ton/m ²	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
								SF= 3,00	SF= 2,00
26	C	21	21,5	10,5	387,594	168,861	556,455	185,485	278,227
27	C	24	23,25	12	406,444	182,605	589,049	196,350	294,524
28	C	27	26,25	12	425,293	206,167	631,460	210,487	315,730
29	C	26	26,25	12	444,143	206,167	650,310	216,770	325,155
30	C	25	25,25	12	462,992	198,313	661,305	220,435	330,653

*Karena terdapat semi basement hingga kedalaman 2m, maka nilai N-SPT hingga kedalaman 2m dihilangkan.

4.5.3. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

4.5.3.1. Pile Cap tipe 1

A. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan = 459,46 ton
- Daya dukung tanah = 122,784 ton

Maka daya dukung satu tiang dipakai sebesar 122,784 Ton

Perhitungan jarak tiang (D = 500 mm)

$$S = 3D = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

Direncanakan pondasi dengan 1 tiang pancang. Jarak dari as ke tepi adalah 0,75 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :

$$n = 1$$

$$m = 1$$

$$E_k = 1 - \left(\arctan \frac{500}{1500} \right) \left[\frac{(1-1)1 + (1-1)12}{90 \times 1 \times 1} \right]$$

$$= 1,0$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman 12 meter dari perhitungan yang ditabelkan, didapat nilai daya dukung satu tiang pancang dalam kelompok:

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 122,784 \text{ ton (1,0)} = 122,784 \text{ ton}$$

B. Perhitungan daya dukung pondasi akibat beban

Untuk perhitungan daya dukung pondasi beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000.

1. Tentukan letak masing-masing pondasi

x = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu x

y = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu y

	AS	B-7
	Label	29
P1	x (m)	0
	y (m)	0

2. Hitung daya dukung pondasi akibat beban

Untuk perhitungan penulangan lentur daya dukung pondasi beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000 dengan kombinasi beban sementara.

$$V = 58,934 \text{ Ton}$$

$$M1 = 4,392 \text{ Ton m}$$

$$M2 = 3,478 \text{ Ton m}$$

Daya dukung yang terjadi pada P1 :

$$\frac{V}{n} = \frac{58,934}{1} = 58,934 \text{ Ton}$$

$$\frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} = \frac{3,478 \times 0}{\sum 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2} = 0$$

$$\frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} = \frac{4,392 \times 0}{\sum 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2} = 0$$

$$P_{\text{akibat beban (P1)}} = \frac{V}{n} + \frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M2 \times x_i}{\sum x^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 58,934 \text{ Ton} + 0 + 0 \\
 &= 58,934 \text{ Ton} \\
 P_{\text{akibat daya dukung tanah}} &= 122,784 \text{ ton} > P_{\text{akibat beban}} (P1)
 \end{aligned}$$

C. Kontrol geser pons 2 arah akibat kolom

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom seperti oleh karena itu, keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\
 &= 2(b_{\text{kolom}}+d)+2(h_{\text{kolom}}+d) \\
 &= 2(500+719) + 2(500 + 719) = 4876 \text{ mm} \\
 d &= 800 - 70 - 22/2 = 719 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 0,8 \sqrt{25} \times 4876 \times 719 \\
 &= 7151921,76 \text{ N} \\
 \text{b. } V_c &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,083 \left(\frac{30 \times 719}{4876} \right) 0,8 \sqrt{25} \times 4876 \times 719 \\
 &= 7476811,976 \text{ N} \\
 \text{c. } V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,33 \times 0,8 \sqrt{25} \times 4876 \times 719 = 5784642,6 \text{ N} \\
 &\text{(Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $5784642,6 \text{ N} = 578,4643 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned}
 V_c & \geq P_{\text{kolom}} \\
 578,4643 \text{ Ton} & \geq 58,934 \text{ Ton} \\
 578,4643 \text{ Ton} & \geq 58,934 \text{ Ton} \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

D. Kontrol geser pons akibat 1 pancang

$$\begin{aligned}
 \beta & = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\
 & \quad (\text{daerah beban terpusat}) = 500/500 = 1 \\
 b_o & = (0,25 \times \pi \times (500 + 719)) + (2 \times 750) \\
 & = 2357,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } V_c & = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c & = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 0,8 \sqrt{25} \times 2357,4 \times 719 = 3457740 \text{ N} \\
 \text{b. } V_c & = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c & = 0,083 \left(\frac{30 \times 719}{4876} + 2 \right) 0,8 \sqrt{25} \times 2357,4 \times 719 \\
 & = 6274392,038 \text{ N} \\
 \text{c. } V_c & = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c & = 0,33 \times 0,8 \sqrt{25} \times 2357,4 \times 719 = 2796701,49 \text{ N} \\
 & \text{(Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 2796701,49 N = 279,6702 Ton

$$\begin{aligned}
 V_c & \geq P_{\text{max}} \\
 279,6702 \text{ Ton} & \geq 58,934 \text{ Ton} \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan penulangan pile cap

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

- Data Perencanaan

- Dimensi poer = 1,5 m x 1,5 m x 0,8m
- Jumlah tiang pancang = 1 buah
- Dimensi kolom = 50 cm x 50 cm
- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan utama = 22 mm
- Selimut beton (p) = 70 mm
- ϕ = 0,8

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 719 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 697 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

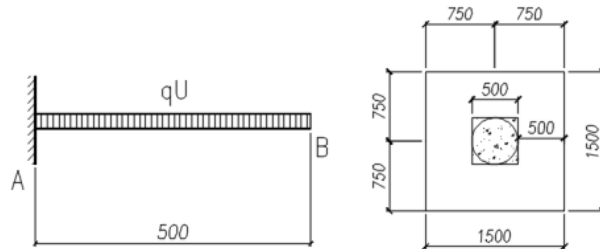
$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 1,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 1 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 5400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \cdot (\text{jarak as tiang ke tepi poer} + \text{jarak as tiang ke tepi kolom}) \\ &= 5400 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = 3600000,0 \text{ Nmm (dari hitungan mektek)}$$

Perletakan Jepit-bebas



Gambar 4. 47 Permodelan pilecap P1

Karena dimensi arah X dan arah Y sama, maka beban yang bekerja disamakan.

$$q = \text{Lebar pilecap} \times \text{tebal pilecape} \times \text{BJ beton} \\ = 1,5 \times 0,8 \times 2400 = 2880 \text{ kg/m}$$

Panjang bentang adalah panjang dari sisi luar kolom – sisi luar pilecap

$$L = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

Karena tiang pancang berada tepat pada as kolom, maka gaya angkat akibat tiang pancang ditiadakan.

$$(P1 = 0) \quad (Lp = -0,25 \text{ m})$$

$$Mu = -\frac{1}{2} \cdot qU \cdot L^2 + P1 \cdot Lp \\ = -\frac{1}{2} \cdot 2880 \cdot 0,5^2 + 0 \\ = -360 \text{ kgm} = -3600000 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ = 0,027$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b \\ = 0,75 \cdot 0,027 \\ = 0,020$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

- Penulangan Poer Arah X

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3600000 \text{ Nmm}}{0,8} = 4500000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{4500000 \text{ Nmm}}{1500 \text{ mm} \cdot (719 \text{ mm})^2} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,0058}{400}} \right] \\ &= 0,0000145 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0000145 < 0,020 \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$\text{maka, } \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1500 \text{ mm} \cdot 719 \text{ mm} \\ &= 3774,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2 h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 800 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1600 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D22

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} \\ S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{377,475 \text{ mm}^2} \\ S &= 151,1 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan D22-150

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 3801,327 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Penulangan Poer Arah Y

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3600000 \text{ Nmm}}{0,8} = 4500000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{4500000 \text{ Nmm}}{1500 \text{ mm} \cdot (719 \text{ mm})^2} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,0058}{400}} \right] \\ &= 0,0000145 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0000145 < 0,020 \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$\text{maka, } \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1400 \text{ mm} \cdot 719 \text{ mm} \\ &= 3523,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2 h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 800 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1600 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D22

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{377,45 \text{ mm}^2}$$

$$S = 151,1 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Maka penulangan pilecap arah sumbu Y dipasang tulangan D22-150

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 3801,327 \text{ mm}^2$$

Karena hanya terdapat 1 kolom pada pilecap tipe 1, maka untuk tulangan atas digunakan tulangan susut.

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{susut}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0018 \cdot 1500 \text{ mm} \cdot 719 \text{ mm}$$

$$= 1941,3 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2 h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 800 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1600 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{1941,3 \text{ mm}^2}$$

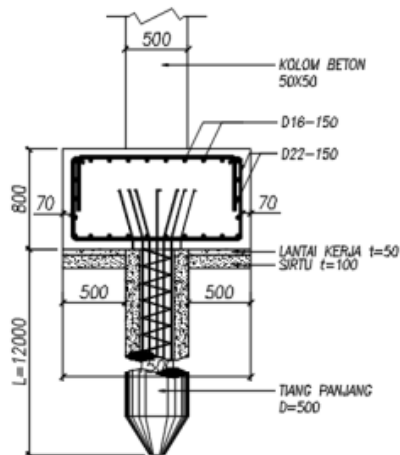
$$S = 155,35 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Maka penulangan poer bagian atas dipasang tulangan D16-150

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 2010,619 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \dots \text{OK!}$$



Gambar 4. 48 Penulangan Pilecap tipe P1

4.5.3.2. Pile Cap Tipe 3

A. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan = 459,46 ton
- Daya dukung tanah = 122,784 ton

Maka daya dukung satu tiang dipakai sebesar 122,784 Ton

Perhitungan jarak tiang ($D = 500$ mm)

$$S = 3D = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$S1 = 1,5D = 750 \text{ mm} = 0,75 \text{ m}$$

$$b = 3000 \text{ mm} \quad h = 6000 \text{ mm}$$

$$t = 1000 \text{ mm}$$

Direncanakan pondasi tiang dengan 6 tiang pancang. Jarak dari as ke tepi adalah 0,75 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :

$$n = 2$$

$$m = 4$$

$$E_k = 1 - \left(\text{arc tan} \frac{500}{1500} \right) \left[\frac{(2-1)4 + (4-1)2}{90 \times 2 \times 4} \right]$$

$$= 0,744$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman 12 meter dari perhitungan yang ditabelkan, didapat nilai daya dukung satu tiang pancang dalam kelompok:

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 122,784 \text{ ton} (0,744) = 91,346 \text{ ton}$$

B. Perhitungan daya dukung pondasi akibat beban

Untuk perhitungan daya dukung pondasi beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000.

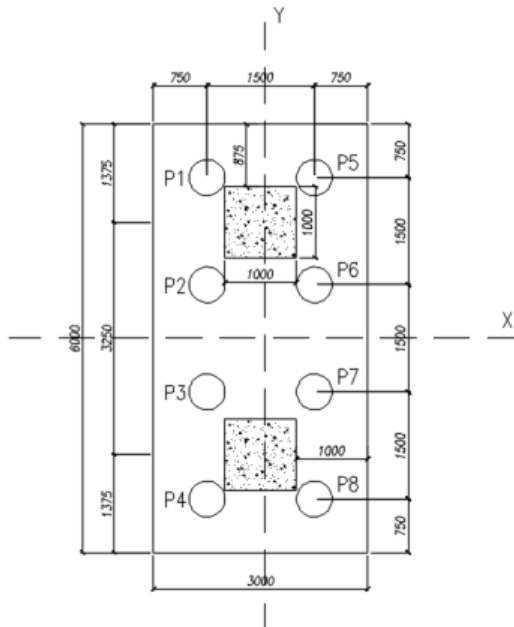
1. Tentukan letak masing-masing pondasi

x = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu x

y = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu y

Tabel 4. 43 Koordinat letak tiang pancang pad pilecap P3

AS		E 6-6'		
Label		6 - 35		
Tiang Pancang	x (m)	y (m)	x ² (m ²)	y ² (m ²)
P1	-0,75	2,25	0,5625	5,0625
P2	-0,75	0,75	0,5625	0,5625
P3	-0,75	-0,75	0,5625	0,5625
P4	-0,75	-2,25	0,5625	5,0625
P5	0,75	2,25	0,5625	5,0625
P6	0,75	0,75	0,5625	0,5625
P7	0,75	-0,75	0,5625	0,5625
P8	0,75	-2,25	0,5625	5,0625
Jumlah			4,50	22,50



Gambar 4. 49 Geometri grup tiang pancang dalam pilecap P3

2. Hitung daya dukung pondasi akibat beban

Untuk perhitungan penulangan lentur daya dukung pondasi beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000 dengan kombinasi beban sementara. Dikarenakan terdapat lebih dari satu kolom dalam pilecap, maka perlu dicari nilai eksentrisitas akibat beberapa kolom tersebut.

Tabel 4. 44 Reaksi Kolom Joint 6

Kombinasi	Gaya Dalam				
	P (kg)	V_x (kg)	V_y (kg)	M_x (kgm)	M_y (kgm)
1D + 1L	17043,3	2041,6	-1563	7886,2	-4547,3
1D +0,7 Ex + 0,75L	233798	4444,7	-4867	10375	-7679,9
1D +0,7 Ey + 0,75L	287768	3121,4	-3392	11507	-6103,4

Tabel 4. 45 Reaksi Kolom Joint 35

Kombinasi	Gaya Dalam				
	P (kg)	V _x (kg)	V _y (kg)	M _x (kgm)	M _y (kgm)
1D + 1L	190602	12923	-11731	-13606	-9046,2
1D +0,7 Ex + 0,75L	246769	18987,6	-21356	-18707	-12871
1D +0,7 Ey + 0,75L	286817	16496,5	-18258	-19351	-11239

Mencari Nilai eksentrisitas untuk dua kolom.

Dimana :

$$\Sigma M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$\Sigma M_y = M_y + V_x \cdot d$$

$$e = L/2 - x$$

$$x = (P_i \cdot L) / (P_i + P_{ii})$$

$$V_x = V_{xi} + V_{xii}$$

$$V_y = V_{yi} + V_{yii}$$

$$\Sigma M_x = \Sigma M_{xi} + \Sigma M_{xii}$$

$$\Sigma M_y = \Sigma M_{yi} + \Sigma M_{yii} + P \cdot e$$

L = jarak antar kolom = 3,25 m
d = tebal pilecap = 1,0 m

Tabel 4. 46 Perhitungan P, M_x dan M_y akibat 2 kolom

Kombinasi		1D + 1L	1D +0,7 Ex + 0,75L	1D +0,7 Ey + 0,75L
Gaya Dalam				
Joint 6	ΣM _x	6323,33	5507,86	8115,41
	ΣM _y	-2505,67	-3235,2	-2981,91
Joint 35	ΣM _x	-25337,7	-40063,52	-37609,75
	ΣM _y	3876,86	6116,12	5257,02
Eksentrisitas (e)		0,0907	0,04386	-0,00269
P (P _i + P _{ii})		361040,3	480566,87	574584,81
V _x		14964,68	23432,31	19617,93
V _y		-13294,2	-26223,83	-21650,04
ΣM _x		-19014,4	-34555,66	-29494,34
ΣM _y		34137,27	23958,81125	729,75125

Digunakan yang terbesar dari ketiga kombinasi yaitu 1D + 0,7Ex + 0,75L :

$$P = 480566,87 \text{ kg} = 480,567 \text{ ton}$$

$$M_x = 34555,66 \text{ kg.m} = 34,556 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 23958,8113 \text{ kg.m} = 23,959 \text{ ton.m}$$

Daya dukung yang terjadi pada P1 :

$$\frac{P}{n} = \frac{480,567}{8} = 60,071 \text{ Ton}$$

$$\frac{M_x \times y_i}{\sum y^2} = \frac{34,556 \times 2,25}{22,5} = 3,456$$

$$\frac{M_y \times x_i}{\sum x^2} = \frac{23,959 \times (-0,75)}{4,5} = -3,993$$

$$P_{\text{akibat beban (P1)}} = \frac{P}{n} + \frac{M_x \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M_y \times x_i}{\sum x^2}$$

$$= 60,071 \text{ Ton} + 3,456 + (-3,993)$$

$$= 59,533 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 91,346 \text{ ton} > P_{\text{akibat beban (P1)}}$$

Tabel 4. 47 Rekap perhitungan P tiang akibat beban

Tiang Pancang	P akibat beban (ton)	P ijin Tanah (ton)
P1	59,533	91,346
P2	57,230	91,346
P3	54,926	91,346
P4	52,622	91,346
P5	67,520	91,346
P6	65,216	91,346
P7	62,912	91,346
P8	60,608	91,346

C. Kontrol geser pons 2 arah akibat kolom

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom seperti oleh karena itu, keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah ini :

b_o = Keliling penampang kritis

$$= 2(b_{kolom}+d)+2(h_{kolom}+d)$$

$$= 2(1000+919) + 2(1000 + 919) = 7676 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 70 - 22/2 = 919 \text{ mm}$$

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$= 1000 / 1000 = 1$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

a.
$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 0,8 \sqrt{25} \times 7676 \times 919$$

$$= 14390657,76 \text{ N}$$

b.
$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{30 \times 919}{7676} + 2 \right) 0,8 \sqrt{25} \times 7676 \times 919$$

$$= 13095845,58 \text{ N}$$

c.
$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \times 0,8 \sqrt{25} \times 7676 \times 919 = 11639502,68 \text{ N}$$

(Menentukan)

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $11639502,68 \text{ N} = 1163,9503 \text{ Ton}$

V_u yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\
 &= (3000 \cdot 1000) - [(1000+919)(1000+919)] \\
 &= 14317439 \text{ mm}^2 \\
 Q_u &= P_u / (b \cdot h) \\
 &= 480,567 / (3000 \cdot 6000) \\
 &= 2,6698 \times 10^{-5} \text{ T/mm}^2 \\
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 2,6698 \times 10^{-5} \cdot 14317439 \\
 &= 382,249 \text{ Ton} \\
 V_c &\geq V_u \\
 1163,9502 \text{ Ton} &\geq 382,2493 \text{ Ton} \\
 1163,9502 \text{ Ton} &\geq 382,2492 \text{ Ton} \dots \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

D. Kontrol geser pons akibat grup pancang

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\
 &\quad (\text{daerah beban terpusat}) = 1000/1000 = 1 \\
 b_o &= (\pi \times (500 + 919)) \\
 &= 4457,9199 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\begin{aligned}
 a. \quad V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 0,8 \sqrt{25} \times 4457,9 \times 919 = 8357530 \text{ N} \\
 b. \quad V_c &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,083 \left(\frac{30 \times 719}{4876} \right) 0,8 \sqrt{25} \times 4457,9 \times 919 \\
 &= 11132121,66 \text{ N} \\
 c. \quad V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d
 \end{aligned}$$

$$V_c = 0,33 \times 0,8\sqrt{25} \times 4457,9 \times 919 = 6759766,96 \text{ N}$$

(Menentukan)

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $6759766,96 \text{ N} = 675,9767 \text{ Ton}$

$$V_c \geq V_u$$

$$675,9767 \geq 382,2493 \text{ Ton} \dots \text{ (OK)}$$

E. Perhitungan penulangan pile cap

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

- Data Perencanaan

- Dimensi poer = 3,0 m x 6,0 m x 1,0 m
- Jumlah tiang pancang = 8 buah
- Dimensi kolom = 100 cm x 100 cm
- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan utama = 22 mm
- Selimut beton (p) = 70 mm
- ϕ = 0,8

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 919 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 897 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi pada poer adalah :

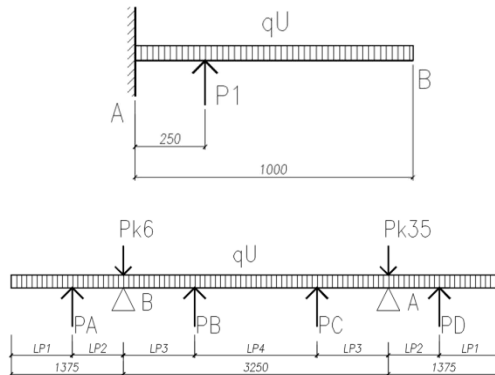
$$M_{u_x} = 568649939 \text{ Nmm}$$

$$M_{u_y} = 711980273 \text{ Nmm}$$

(Momen terbesar dari hitungan mektek yang terjadi akibat 2 kolom dan 1 kolom)

Perletakan Jepit – bebas untuk arah X (1 kolom)

Perletakan sendi – sendi untuk arah Y (2 kolom)



Gambar 4. 50 Permodelan untuk pilecap P3

- Penulangan Lentur arah X :

$$q = \text{panjang pilecap} \times \text{tebal pilecape} \times \text{BJ beton}$$

$$= 6,0 \times 1,0 \times 2400 = 14400 \text{ kg/m}$$

Panjang bentang adalah panjang dari sisi luar kolom – sisi luar pilecap

$$L = \frac{1}{2} \cdot 3,0 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 1,0 \text{ m} = 1,0 \text{ m}$$

Beban terpusat (P) adalah penjumlahan nilai P pada tiang pancang di baris tersebut.

$$P = P5 + P6 + P7 + P8$$

$$= 256,25597 \text{ Ton} = 256255,97 \text{ kg}$$

$$L_p = 0,25 \text{ m}$$

$$M_u = -\frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + P1 \cdot L_p$$

$$= -\frac{1}{2} \cdot 14400 \cdot 1,0 + 256255,97 \cdot 0,25$$

$$= 56864,994 \text{ kgm} = 568649939 \text{ Nmm}$$

- Penulangan Lentur arah Y :

$$q = \text{lebar pilecap} \times \text{tebal pilecape} \times \text{BJ beton}$$

$$= 3,0 \times 1,0 \times 2400 = 7200 \text{ kg/m}$$

Panjang bentang adalah panjang dari sisi luar pilecap – sisi luar pilecap

$$L = 3,25 + 2 \cdot 1,375 \text{ m} = 6,0 \text{ m}$$

Beban terpusat (P) adalah penjumlahan nilai P pada tiang pancang di baris tersebut.

$$P_A = P1 + P5$$

$$= 127,053 \text{ Ton} = 127052,85 \text{ kg}$$

$$P_B = P2 + P6$$

$$= 122,445 \text{ Ton} = 122445,43 \text{ kg}$$

$$P_C = P3 + P7$$

$$= 117,838 \text{ Ton} = 117838,01 \text{ kg}$$

$$P_D = P4 + P8$$

$$= 113,231 \text{ Ton} = 113230,59 \text{ kg}$$

$$Lp_1 = 0,750 \text{ m} \quad Lp_3 = 0,825 \text{ m}$$

$$Lp_2 = 0,625 \text{ m} \quad Lp_4 = 1,500 \text{ m}$$

$$Mu = 72601,78 \text{ kg.m} = 711980273 \text{ Nmm (Tarik)}$$

$$Mu = -25769,94 = -252716813 \text{ Nmm (Tekan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,027$$

$$= 0,020$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

- Penulangan Pilecap Arah X

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{568649939 \text{ Nmm}}{0,8} = 710812423,8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{710812423,8 \text{ Nmm}}{3000 \text{ mm} \cdot (919 \text{ mm})^2} = 0,2805$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,2805}{400}} \right] \\ &= 0,00071 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,00071 < 0,020 \text{ (tidak memenuhi)}$$

maka, $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 3000 \text{ mm} \cdot 919 \text{ mm} \\ &= 9649,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2 h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 800 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1600 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D22

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s}{\rho_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{9649,5 \text{ mm}^2} \\ S &= 118,2 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka penulangan pilecap arah sumbu X dipasang tulangan D22-100

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 3000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 11403,981 \text{ mm}^2 > A_{S\text{perlu}} \dots \text{OK!}$$

- Penulangan Pilecap Arah Y

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7 \cdot 1198027 \text{ Nmm}}{0,8} = 889975341,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{889975341,3 \text{ Nmm}}{6000 \text{ mm} \cdot (919\text{mm})^2} = 0,1756$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,1756}{400}} \right]$$

$$= 0,00044$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,00044 < 0,020 \text{ (tidak memenuhi)}$$

maka, $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 919 \text{ mm}$$

$$= 19299 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2 h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 800 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1600 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D22

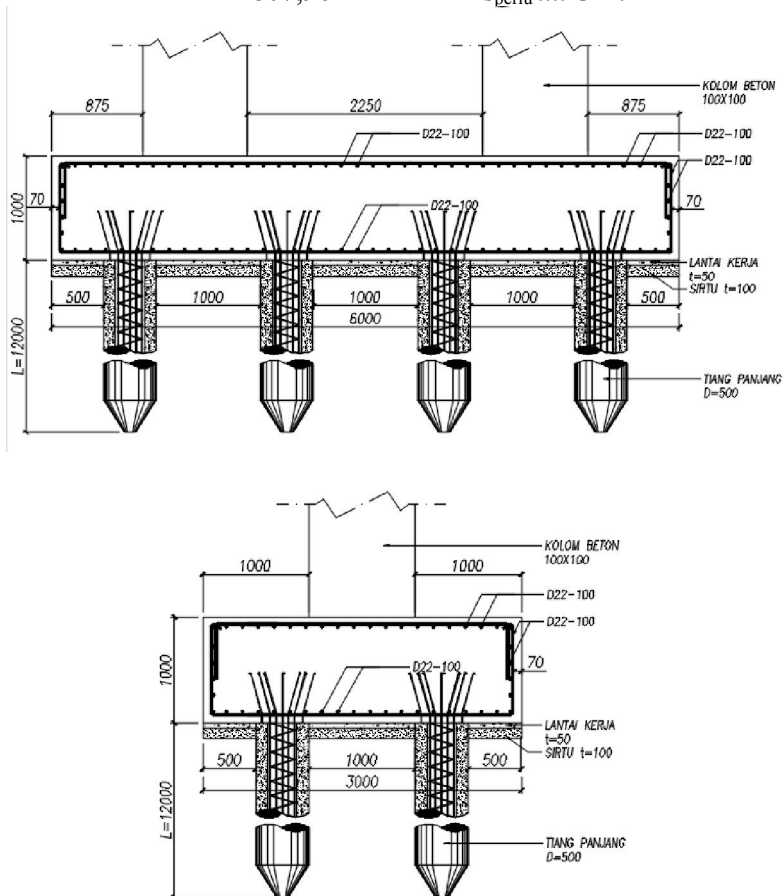
$$S = \frac{A_s}{\rho_{\text{perlu}}}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 6000 \text{ mm}}{19299 \text{ mm}^2}$$

$$S = 118,2 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Maka penulangan pilecap arah sumbu Y dipasang tulangan D22-100

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 6000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\
 &= 22807,96 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 51 Penulangan Pilecap tipe P3

4.5.3.3. Rekap Perhitungan Pile Cap

Tabel 4. 48 Rekap Perhitungan Pile Cap

Pile Cap	Dimensi			Σ Tiang Pancang	Kedalaman	Tulangan	
	P	L	T			Arah X	Arah Y
	(m)	(m)	(m)	Buah	(m)		
P1	1,5	1,5	0,8	1	12	D22-150	D22-150
P2	3,0	3,0	1,0	4	12	D22-150	D22-150
P3	6,0	3,0	1,0	8	12	D22-150	D22-150
P4	6,9	5,1	1,0	12	18	D22-150	D22-150

4.5.4. Perencanaan Balok dan Sloof

4.5.4.1. Perhitungan balok 40 X 60

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi balok : } b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 600 \text{ mm} \\
 A_{cp} &= 240000 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2(b \cdot h) = 2000 \text{ mm} \\
 \text{Mutu bahan : } f'_c &= 25 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{Selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Tul. sengkang} &= D13 \\
 \text{Tul. utama} &= D19 \\
 \text{Tinggi efektif (d)} &= 600 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 537,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

A. Output SAP2000 pada Frame 711

$$\begin{aligned}
 P_u &= 100,491 \text{ kN} \\
 T_u &= 1,7366 \text{ kNm} \\
 M_{tR} &= 52,1685 \text{ kNm} \\
 M_{tL} &= 96,2266 \text{ kNm} \\
 M_l &= 10,9286 \\
 V_{uR} &= 107,366 \text{ kN} \\
 V_{uL} &= 194,429 \text{ kN} \\
 V_{uR} &= 80,03 \text{ kN} \\
 V_{uL} &= 146,185 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Tulangan Torsi

- Cek kebutuhan tulangan torsi

$Tu_{min} > Tu \rightarrow$ Tidak memerlukan tulangan torsi

$Tu_{min} < Tu \rightarrow$ Memerlukan tulangan torsi

(SNI 2847:2017 Pasal 11.5.1)

$$Tu_{min} = \phi \times 0,083\lambda\sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$Tu_{min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$= 9000000 \text{ Nmm}$$

(SNI 2847:2017 Pasal 11.5.2)

$$Tu_{max} = \phi \times 0,33\lambda\sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$Tu_{max} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$= 36000000 \text{ Nmm}$$

$Tu_{min} > Tu = 9000000 \text{ Nmm} > 1736600 \text{ Nmm}$

Dimana $\phi = 0,75$ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.(3))

Tidak memerlukan tulangan torsi, sehingga digunakan tulangan torsi minimum.

- Cek kecukupan penampang menahan momen puntir

(SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1(a))

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{Vc}{bw \times d} + 0,66\sqrt{f'c} \right)$$

Dimana :

$$A_{oh} = (b - 2ts - \phi_{geser})(h - 2ts - \phi_{geser})$$

$$= (400 - 2.40 - 13)(600 - 2.40 - 13)$$

$$= 155649 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \left((b - 2ts - \phi_{geser}) + (h - 2ts - \phi_{geser}) \right)$$

$$= 2 \left((400 - 2.40 - 13) + (600 - 2.40 - 13) \right)$$

$$= 1604 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\left(\frac{194429}{400 \times 537,5}\right)^2 + \left(\frac{1736600 \times 1604}{1,7 \times 155649^2}\right)^2} = 0,904$$

$$0,75 \left(\frac{194429}{400 \times 537,5} + 0,66\sqrt{25}\right) = 3,153 > 0,904 \dots \text{OK!}$$

- Penulangan torsi longitudinal

Tulangan minimum torsi (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.5.3)

$$A_{l_{min}} = \frac{0,42\sqrt{f_c'}A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right)P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

Dengan $\left(\frac{A_t}{s}\right)$ didapat dari SNI 2847: 2013 Pasal 11.5.3.6

$$T_n = \frac{2A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana $A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 132302 \text{ mm}^2$
 $\theta = 45^\circ$ untuk non prategang

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta} = \frac{1736600/0,75}{2 \times 132302 \times 400 \times \cot 45}$$

$$= 0,02188$$

$$A_{l_{min}} = \frac{0,42\sqrt{25} \times 240000}{400} - (0,02188)1604 \frac{400}{400}$$

$$A_{l_{min}} = 1214,19 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_{l_{min}}}{4} = \frac{1214,19}{4} = 303,727 \text{ mm}^2$$

Maka masing sisi samping (kanan dan kiri) balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $607,455 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi samping)

Direncanakan dengan D16

$$n = \frac{303,727}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 3,021 \approx 4,0 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 4 D 16

C. Perhitungan Tulangan Lentur

- Penulangan Lentur Tumpuan

$$M_u = 96,2266 \text{ kNm} = 96226600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{96226600}{0,9} = 106918444,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 f'_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \frac{0,85 f'_c \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= 0,75 \frac{0,85 \times 25 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 \times 400} \right)}{400} = 0,020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{bd^2} \\ &= \frac{106918444,4}{400 \times 537,5^2} = 0,925 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,824 \times 0,925}{400}} \right) \\ &= 0,00237 \end{aligned}$$

$\rho_s < \rho_{\min}$ dipakai $\rho_{\min} = 0,0035$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\ &= \frac{100491}{400} = 251,2275 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 400 \times 537,5 \\ &= 752,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A'_s &= 0,5 A_s \\ &= 0,5 \times 251,2275 \\ &= 125,613 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s1}' &= 0,50 \times A_s \\ &= 376,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 251,2275 + 752,5 \\ &= 1003,7275 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D19 ($A_s = 1134,115 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 125,613 + 376,25 \\ &= 501,863 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D19 ($A_s = 850,59 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Lentur Lapangan

$$M_u = 10,9186 \text{ kNm} = 10918600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{10918600}{0,9} = 12131777,78 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824 \\
\rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035 \\
\rho_{\max} &= 0.75 \rho_{balance} \\
&= 0.75 \frac{0.85 f_c' \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= 0.75 \frac{0.85 \times 25 \times 0.85}{400} \left(\frac{600}{600 \times 400} \right) = 0,020 \\
R_n &= \frac{M_n}{bd^2} \\
&= \frac{12131777,78}{400 \times 537,5^2} = 0,105 \\
\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,824 \times 0,105}{400}} \right) \\
&= 0,00026 \\
\rho_{\delta} &< \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{\min} = 0,0035
\end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\
&= \frac{100491}{400} = 251,2275 \text{ mm}^2 \\
A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\
&= 0.0035 \times 400 \times 537,5 = 752,5 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A'_s &= 0.5 A_s \\
 &= 0.5 \times 251,2275 \\
 &= 125,613 \text{ mm}^2 \\
 A_{s1}' &= 0.50 \times A_s \\
 &= 376,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 251,2275 + 752,5 \\
 &= 1003,7275 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

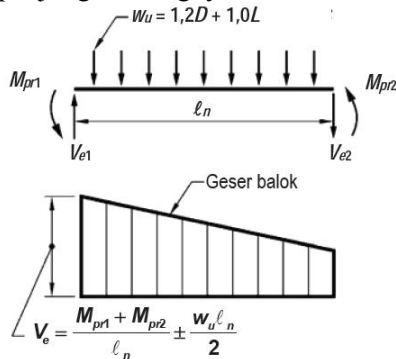
Digunakan tulangan 4D19 ($A_s = 1134,115 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 125,613 + 376,25 \\
 &= 501,863 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D19 ($A_s = 850,59 \text{ mm}^2$)

D. Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI-2847-2013 pasal 21.5.4.1 bahwa gaya geser desain V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antar muka-muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin M_{pr} , bekerja pada muka joint dan komponen tersebut dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor di sepanjang bentangnya.



- Nilai Gaya Geser pada Balok

Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan akibat beban gravitasi terfaktor.

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \pm \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

Menghitung Probable Moment Capacities (Mpr)

Mpr1 (Kekuatan lentur 1)

Mpr1 diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pakai tulangan tarik 4 D19 = 1134,1149 mm²

$$a = \left(\frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = \left(\frac{1134,115 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} \right)$$

$$= 70,048 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_s \times f_y \times 1,25 \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1134,115 \times 400 \times 1,25 \left(537,5 - \frac{70,048}{2} \right)$$

$$= 299179328 \text{ Nmm}$$

Mpr 2 (Kekuatan lentur 2)

Mpr2 diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pakai tulangan tekan 3 D19 = 850,586 mm²

$$a = \left(\frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = \left(\frac{850,586 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} \right)$$

$$= 52,54 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = A_s \times f_y \times 1,25 \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 850,586 \times 400 \times 1,25 \left(537,5 - \frac{52,54}{2} \right)$$

$$= 228294571 \text{ Nmm}$$

Menghitung gaya geser (Vu)

$$Vu = \frac{299179328 + 228294571}{6500 - 1000} + 146185$$

$$= 242089,345 \text{ N}$$

Dimana Vug diambil gaya geser akibat gravity load terbesar dari Vug Kiri atau Vug kanan.

- Pembagian wilayah geser balok

Dalam perhitungan tulangan geser (senggang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang
- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

3. Penulangan Geser Tumpuan

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vc = 0,17\lambda\sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1})$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 400 \times 537,5 = 182750 \text{ N}$$

$$Vs \text{ min} = 0,33b \cdot d \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5.3})$$

$$= 0,33 \times 400 \times 537,5 = 71666,7 \text{ N}$$

$$Vs \text{ max} = 0,66\sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.4.7.9})$$

$$= 0,66 \times \sqrt{25} \times 400 \times 537,5 = 716666,67 \text{ N}$$

$$2Vs \text{ max} = 2 \times 716666,67 = 1433333,33 \text{ N}$$

- Penulangan Geser Balok

Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

Kondisi 1 (Tidak perlu tulangan geser)

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$242089,345 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 182750 \text{ N}$$

$$242089,345 \text{ N} \leq 68531,25 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 2 (Tulangan geser minimum)

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

$$68531,25 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 182750 \text{ N}$$

$$68531,25 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 137062,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 3 (Tulangan geser minimum)

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$137062,5 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 0,75(182750 + 71666,7)$$

$$137062,5 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 190812,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 4 (Tulangan geser)

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$190812,5 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 0,75(182750 + 71666,7)$$

$$190812,5 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 674562,5 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi 5 (Tulangan geser)

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$674562,5 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 0,75(182750 + 143333,3)$$

$$674562,5 \text{ N} \leq 242089,345 \text{ N} \leq 1212062,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{242089,345 - 0,75 \times 182750}{0,75}$$

$$V_s \text{ perlu} = 140035,79 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D13 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser adalah :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = (0,25 \pi 13^2) \times 2 \text{ kaki}$$

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

- Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$S_{perlu} = \frac{265,465 \times 400 \times 537,5}{140035,79}$$

$$S_{perlu} = 427,952 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan dipasang jarak 100 mm

- Kontrol jarak spasi tulangan geser berdasarkan *kondisi 4*
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5 dan syarat tulangan geser untuk SRPMK SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2 sebagai berikut :

$$S_{\max} = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} < 537,5/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 268,75 \text{ mm atau } 600 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

Cek Persyaratan SRPMK

$$\begin{aligned} \text{a) } S_{\text{pakai}} &< \frac{d}{4} \\ 100\text{mm} &< \frac{537,5}{4} \\ 100\text{mm} &< 134,375 \text{ mm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

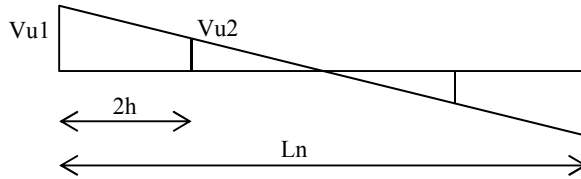
$$\begin{aligned} \text{b) } S_{\text{pakai}} &< 6 \times D \text{ lentur} \\ 100\text{mm} &< 6 \times 19 \\ 100\text{mm} &< 114 \text{ mm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } S_{\text{pakai}} &< 150 \text{ mm} \\ 100\text{mm} &< 150 \text{ mm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Digunakan D13-100 untuk sengkang pada tumpuan

4. Penulangan Geser Tumpuan

Gaya geser diperoleh dari metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :



$$\frac{Vu_2}{\frac{1}{2}ln - 2h} = \frac{Vu_1}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 (\frac{1}{2}ln - 2h)}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu_2 = \frac{242089,345 \times (\frac{1}{2} 5500 - 2 \times 600)}{\frac{1}{2} 5500}$$

$$Vu_2 = 99162,995 \text{ N}$$

- Penulangan Geser Balok
Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)
Kondisi 1 (Tidak perlu tulangan geser)

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$99162,995 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 182750 \text{ N}$$

$$99162,995 \text{ N} \leq 68531,25 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 2 (Tulangan geser minimum)

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$68531,25 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 182750 \text{ N}$$

$$68531,25 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 137062,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 3 (Tulangan geser minimum)

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$137062,5 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 0,75(182750 + 71666,7)$$

$$137062,5 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 190812,5 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi 4 (Tulangan geser)

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$$

$$190812,5 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 0,75(182750 + 716667)$$

$$190812,5 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 674562,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 5 (Tulangan geser)

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$674562,5 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 0,75(182750 + 1433333)$$

$$674562,5 \text{ N} \leq 99162,995 \text{ N} \leq 1212062,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 3**.

$$V_s \text{ perlu} = \frac{b \cdot d}{3}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{400 \times 537,5}{3}$$

$$V_s \text{ perlu} = 71666,7 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D13 mm dengan 2 kaki jarak 250 mm, maka luasan tulangan geser adalah :

$$A_{v \text{ min}} = \frac{b \cdot s}{3 f_y} = \frac{400 \times 250}{3 \times 400} = 79,3651 \text{ mm}^2$$

A_v pakai :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = (0,25 \pi 13^2) \times 2 \text{ kaki}$$

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ min}} < A_{v \text{ pakai}}$$

$$79,365 \text{ mm}^2 < 265,465 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{ OK!}$$

- Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$S_{perlu} = \frac{265,465 \times 400 \times 537,5}{140035,79}$$

$$S_{perlu} = 427,952 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan dipasang jarak 250 mm

- Kontrol jarak spasi tulangan geser berdasarkan *kondisi 3*
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5 sebagai berikut:

$$S_{\max} = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} < 537,5/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} < 268,75 \text{ mm atau } 600 \text{ mm ... OK!}$$

untuk Tumpuan digunakan : D13 – 100

untuk Lapangan digunakan : D13 – 250

TYPE BALOK	B1		
LANTAI	TUMP	LAP	TUMP
LANTAI 1			
UKURAN BALOK	400 X 600		
TULANGAN ATAS	4 D19	3 D19	4 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	D13-100	D3-250	D13-100

Gambar 4.52 Penulangan Balok Daerah Tumpuan dan Lapangan

4.5.4.2. Rekap Perhitungan

Tabel 4. 49 Rekap Perhitungan Balok dan Sloof

Balok	Dimensi		Tulangan				
	P	L	Torsi	Lentur		Geser	
	(cm)	(cm)		Tump	Lap	Tump	Lap
B1	40	60	4D16	4D19	3D19	D13-100	D13-250
B2	30	40	2D16	3D19	2D19	D13-75	D13-150
S1	40	60	4D16	4D19	3D19	D13-100	D13-250
S2	30	40	2D16	3D19	2D19	D13-75	D13-150

4.5.5. Perencanaan Kolom Pedestal

4.5.5.1. Perhitungan Kolom 100 X 100

A. Data perencanaan kolom :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$A_g = 1000000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

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

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = D 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1000 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22)$$

$$= 927 \text{ mm}$$

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil SAP2000 pada frame 310.

$$P_u = 505327,44 \text{ kg}$$

$$V_u = 9528,81 \text{ kg}$$

$$M_{uX} = 17645,76 \text{ kgm}$$

$$M_{uY} = 25099,22 \text{ kgm}$$

B. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan kolom, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut :

1. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom melebihi $A_g f_c' / 10$ (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1).

$$P_u = 505327,44 \text{ kg} = 4952,21 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} = \frac{1000 \times 1000 \times 25}{10} = 2500000 \text{ N} = 2500 \text{ kN}$$

$$P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{10} = 4952,21 \text{ kN} > 2500 \text{ kN} \dots \text{OK!}$$

2. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.1)
1000 mm > 300 mm ... **OK!**

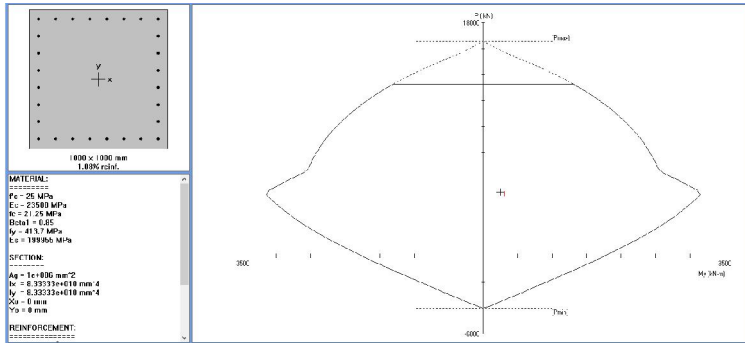
3. Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.2)

$$\frac{1000}{1000} = 1 > 0,4 \dots \text{OK!}$$

C. Penulangan Lentur pada Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu PCACOL dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,08 \%$



Gambar 4. 53 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn

Didapatkan konfigurasi penulangan 28-D22 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,08\%$ atau 0,0108 sehingga nilai $0,01 < 0,0108 < 0,06$ telah terpenuhi.

$$A_s = 0,0108 \times 1000 \times 927 \\ = 10011,6 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 28D22, $A_s = 10836 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

D. Penulangan Geser Kolom

- Nilai Gaya Geser pada Kolom

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u} \\ V_e = \frac{299179328 + 228294571}{3500} = 150,7068 \text{ kN}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

Sesuai *SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.2*, V_c dapat diabaikan dalam menahan gaya geser apabila :

$$V_e > \frac{1}{2} V_u$$

$$150,7068 \text{ kN} > 0,5 \cdot 95,2881 \text{ kN}$$

$$150,7068 \text{ kN} > 47,644 \text{ kN} \dots \text{OK!}$$

$$P_u < (A_g \cdot f_c') / 20$$

$$5053,274 \text{ kN} < (1000000 \cdot 25)/20$$

$$5053,274 \text{ kN} < 1250 \text{ kN} \dots \text{Not OK!}$$

Sesuai *SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2*, untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{5053274}{14 \times 1000000} \right) 1\sqrt{25} \times 1000 \times 926$$

$$= 1065520 \text{ N}$$

- Penulangan Geser pada Kolom

1. Cek kebutuhan tulangan geser

Kondisi 1 (Tidak perlu tulangan geser)

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

$$150706,8 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1065520 \text{ N}$$

$$150706,8 \text{ N} \leq 399570,1 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Termasuk dalam kondisi 1 dimana tidak perlu tulangan geser, tetapi dalam pelaksanaan tetap dipasang tulangan sebesar tulangan geser minimum.

2. Tulangan geser minimum

Direncanakan D13-200 sengkang 4 kaki.

$$V_{s_{\min}} = 0,33b \cdot d \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5.3})$$

$$= 0,33 \times 1000 \times 926 = 305580 \text{ N}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{b \cdot s}{3 f_y} = \frac{1000 \times 200}{3 \times 400} = 166,67 \text{ mm}^2$$

Untuk syarat SRPMK, $A_{v_{\min}}$ tidak boleh kurang dari A_{sh} (*SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4*)

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c f_c'}{f_y t} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \text{ dan } A_{sh} = 0,09 \frac{s \cdot b_c f_c'}{f_y t}$$

Dengan : s = jarak sengkang

b_c = Lebar penampang dari tul. transversal

Ag = Luas Penampang

Ach = Luas Penampang sampai tul.transfersal

Syarat jarak (s) untuk tumpuan (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3)

- $\frac{1}{4} 1000 = 250 \text{ mm}$
- $6 \cdot \phi_{\text{lentur}} = 132 \text{ mm}$
- $100 + ((350 - 292) / 3) = 119,33 \text{ mm}$

Dipakai s = 100 mm

$$Ash = 0,3 \frac{100.950.25}{400} \left[\left(\frac{1000.1000}{(1000 - 50)(1000 - 50)} \right) - 1 \right]$$

$$= 182,306 \text{ mm}^2$$

$$Ash = 0,09 \frac{100.950.25}{400} = 506,25 \text{ mm}^2$$

Av pakai :

$$Av = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$Av = (0,25 \pi 13^2) \times 4 \text{ kaki}$$

$$Av = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$Av_{\min} < Av_{\text{pakai}}$$

$$166,67 \text{ mm}^2 < 530,929 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{ OK!}$$

- Perencanaan jarak perlu tulangan geser

$$S_{\text{perlu}} = \frac{Av \times f_{yt} \times d}{V_s \text{ min}}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{530,929 \times 400 \times 926}{305580}$$

$$S_{\text{perlu}} = 643,551 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan dipasang jarak 200 mm untuk lapangan

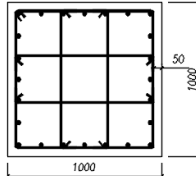
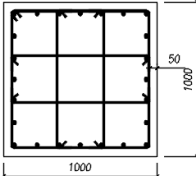
- Kontrol jarak spasi tulangan geser berdasarkan *kondisi 1*
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5 sebagai berikut:

$$S_{\max} = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} < 926/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} < 462,5 \text{ mm atau } 600 \text{ mm} \quad \dots \text{ OK!}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser D13 – 100 untuk tumpuan dan D13 – 200 untuk lapangan, sengkang 4 kaki.

TYPE KOLOM	K1	
LANTAI	TUMP	LAP
LANTAI G TINGGI 3,5M		
UKURAN KALOM	1000 X 1000	
TULANGAN LENTUR	28 D22	28 D22
SENGKANG	D13-100	D13-200

Gambar 4. 54 Penulangan Kolom Pedestal

E. Kontrol Panjang Penyaluran

Sesuai *SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2* , panjang penyaluran dalam kondisi tekan untuk D22 :

$$l_d = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} d_b$$

Dimana : $\lambda = 1$ (*SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4(d)*)

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

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

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$l_d = \frac{0,24 \cdot 400}{1 \sqrt{25}} 22$$

$$l_d = 422,4 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan $l_d = 500 \text{ mm}$

4.5.5.2. Rekap Perhitungan

Tabel 4. 50 Rekap Perhitungan Kolom Pedestal

Kolom	Dimensi		Tulangan		
	Panjang	Lebar	Lentur	Geser	
	(cm)	(cm)		Tump	Lap
K1	100	100	28 D22	4 D13-100	4 D13-200
K2	50	50	12 D22	2 D13-100	2 D13-200

4.5.6. Perencanaan Dinding Basement

4.5.6.1. Pembebanan pada Dinding Basement

Pembebanan pada dinding basement di modelkan sebagai beban terpusat pada titik berat dari distribusi bebannya. Tinggi basement adalah 3,5 m tetapi tidak sepenuhnya tertanam dalam tanah.

1. Direncanakan

- Tinggi tanah (H) = 2,0 m
- Tinggi Air (H_{air}) = 0,0
- γ = 1,717 gr/cc = 1717 kg/m³
- cu = 0,65 kg/cm² = 6500 kg/m²
- \emptyset = 0°
- Ka = 1

$$Ka = \frac{1 - \sin(\emptyset)}{1 + \sin(\emptyset)} = \frac{1 - \sin(0)}{1 + \sin(0)} = 1$$

- q_u (beban merata) = 10193,68 kg/m²

Beban merata di dapat dengan korelasi dari tabel korelasi bowles untuk N-SPT 23 di kedalaman 2,0 m

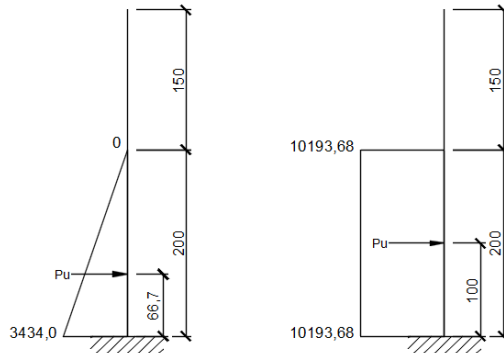
$$q_u = 100 \text{ kN/m}^2 = 10193,68 \text{ kg/m}^2$$

2. Pembebanan

Pembebanan dibagi menjadi 2, yaitu beban akibat tekanan tanah dan air (Q_{statis}) dan beban akibat q_u ($Q_{\text{surcharge}}$).

- $Q_{\text{statis}} = \gamma \cdot Ka \cdot H$
 $= 1717 \cdot 1 \cdot 2 = 3434,0 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 - Q_{\text{surchance}} &= q_u \cdot K_a \\
 &= 10193,68 \cdot 1 = 10193,68 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 55 Diagram tegangan untuk Q statis dan Q surcharge

Tabel 4. 51 Rekap Input Beban pada Dinding basement

Bentang (m) \ Jarak (m)	0,667	1,00
	Beban (Kg)	
	Pu_{statis}	$Pu_{\text{surchance}}$
6,50	22321,00	172273,191
4,75	16311,50	125891,947
4,73	16242,82	125361,876
4,50	15453,00	119266,055
3,60	12362,40	95412,8440
3,39	11641,26	89847,0948
3,25	11160,50	86136,5953
3,10	10645,40	82161,0601

4.5.6.2. Perhitungan Dinding Basement pada Bentang 6,5 m

Dinding basement menggunakan beton bertulang K-300 dengan $f_c' = 25$ Mpa. Dinding basement direncanakan dengan ketebalan 250 mm. Dimana berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 22.6.6.3 yang mengatakan bahwa tebal dinding basment tidak boleh kurang dari 190 mm.

1. Direncanakan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 Mpa
- Mutu Tulangan
Lentur (f_y) = 400 Mpa
Geser (f_y) = 400 Mpa
- Panjang Basement = 6500 mm
- Tinggi Basement = 3500 mm
- Tebal Basement = 250 mm
- Tebal selimut = 40 mm
- \emptyset tul. Horizontal = D19
- \emptyset tul. Vertikal = D19
- Tebal efektif (d) = 185 mm

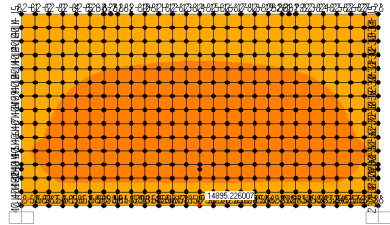
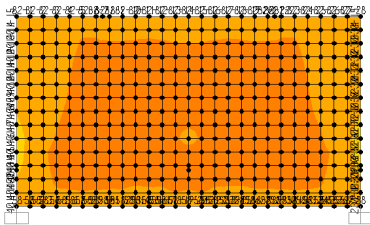
2. Output SAP2000

$$M_{lx} = 16457,22 \text{ kgm/m}$$

$$M_{ly} = 14898,36 \text{ kgm/m}$$

$$M_{tx} = 9250,35 \text{ kgm/m}$$

$$M_{ty} = 11884,61 \text{ kgm/m}$$



Gambar 4. 56 Outut SAP2000 Dinding Basement Arah X dan Y

3. Perhitungan Tulangan

$$t_p = 250 \text{ mm}$$

$$b_p = 1000 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 19 \text{ mm}$$

$$d_x = 250 - 40 - 19/2 = 200,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 250 - 40 - 19 - 19/2 = 181,5 \text{ mm}$$

Contoh perhitungan pada lapangan arah X (Mlx)

$$Rn = \frac{Mn}{bp \times dx^2} = \frac{\left(\frac{16457,22}{0,9}\right) \times 10000}{1000 \times 200,5} = 4,5487$$

$$m = \frac{fy}{0,85fc'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$= 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right]$$

$$= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 4,548}{400}} \right] = 0,01295$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,01295 < 0,020 \text{ (memenuhi)}$$

$$As = \rho_{perlu} \cdot bp \cdot dx$$

$$= 0,01295 \cdot 1000 \cdot 220,5 = 2596,494 \text{ mm}^2$$

Tabel 4. 52 Rekap Perhitungan Pelat Dinding Basement

Nama Elemen	Mn (Nmm/m)	Rn	ρ_{perlu}	As (mm ²)
Lapangan X	182858000	4,5486	0,012950	2596,5
Lapangan Y	165537333	5,0251	0,014557	2642,1
Tumpuan X	102781666	2,5567	0,006831	1369,6
Tumpuan Y	132051222	4,0086	0,011203	2033,3

Digunakan As pakai : D19 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot bp/s \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 1000/200 \\ &= 2835,287 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.5.6.3. Perhitungan Dinding Basement / Shearwall pada Bentang 3,25 m

Dinding basement menggunakan beton bertulang K-300 dengan $f_c' = 25$ Mpa. Dinding basement direncanakan dengan ketebalan 250 mm. Dimana berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 22.6.6.3 yang mengatakan bahwa tebal dinding basement tidak boleh kurang dari 190 mm.

1. Direncanakan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 Mpa
- Mutu Tulangan
 - Lentur (f_y) = 400 Mpa
 - Geser (f_y) = 400 Mpa
- Panjang Basement = 6500 mm
- Tinggi Basement = 3500 mm
- Tebal Basement = 250 mm
- Tebal selimut = 40 mm
- \emptyset tul. Horizontal = D19
- \emptyset tul. Vertikal = D19
- Tebal efektif (d) = 185 mm

2. Output SAP2000

$$\begin{aligned} \text{Aksial (Pu)} &= 137,7595 \text{ kN/m} = 137759,5 \text{ N/m} \\ \text{Momen (Mu)} &= 847,5418 \text{ kNm/m} = 847541780 \text{ Nmm/m} \\ \text{Geser (Vu)} &= 1968,869 \text{ kN/m} = 1968869 \text{ N/m} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan Lapis Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 ; paling sedikit dua tiral tulangan harus digunakan pada suatu dinding jika :

$$\begin{aligned} Vu &> 0,17A_{cv}\lambda\sqrt{f_c'} \\ 1968869 \text{ N/m} &> 1381250 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Dimana A_{cv} = Luas netto penampang dinding geser
 $= 6500 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 1625000 \text{ mm}^2$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 ; Dinding lebih dari tebal 250 mm, kecuali dinding basement, harus mempunyai tulangan untuk setiap arah dipasang dalam dua lapis sejajar dengan muka dinding.

Berdasarkan dua pasal diatas, maka diperlukan 2 lapis tulangan untuk dinding basement.

4. Perhitungan Tulangan Horizontal

- Batas kuat geser dinding basement
(SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.4)

$$Vu \leq Vn_{max}$$

$$Vu \leq \phi 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c'}$$

$$1968869 \text{ N} \leq 3217500 \text{ N} \dots \text{OKE}$$

- Penulangan basement arah horizontal
(SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.1)

Direncanakan : $D = 19 \text{ mm}$

$s = 200 \text{ mm}$

$n = 2 \text{ kaki}$

$$Vn = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'c'} + \rho_t f_y)$$

dimana $\alpha_c = h_w/l_w \leq 1,5 = 0,25$

$= h_w/l_w \geq 2,0 = 0,17$

$h_w/l_w = 3500 / 6500 = 0,54 < 1,5$ digunakan $\alpha_c = 0,25$

$$\rho_t = \frac{A_s}{t \times s}$$

$$\rho_t = \frac{\frac{1}{4} \pi \times 19^2 \times 2}{250 \times 200} = 0,011341 \geq 0,0025 \dots \text{OK}$$

$$Vn = 1625000(0,25 \times 1\sqrt{25} + 0,011341 \times 400)$$

$$Vn = 5641798,29 \text{ N} > 1968869 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Jadi, digunakan tulangan horizontal 2D19 – 200

5. Persyaratan Elemen Pembatas

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6 .2 penentuan elemen pembatas didasarkan pada :

$$c \geq \frac{lw}{600 \times \left(\frac{\delta_u}{hw}\right)}$$

Dimana : c = jarak serat tekan terjauh ke sumbu netral.

δ_u = simpangan desain (mm) Output SAP

lw = panjang dinding (mm)

hw = tinggi dinding (mm)

nilai c di dapat dari perbandingan persamaan segitiga direncanakan tulangan vertikal 56 D19 (dua lapis)

$$\frac{1}{2}lw \times c^2 = n \times As \times (d - c)$$

$$\frac{1}{2}6500 \times c^2 = 56/2 \times (0,25 \times \pi \times 19^2) \times (185 - c)$$

$$0 = 3250c^2 + 7938,8c - 1464709,5$$

$$0 = c^2 + 2,443c - 450,68$$

Dengan menggunakan rumus ABC didapat nilai :

$$c1 = 20,043 \text{ mm (digunakan)}$$

$$c2 = -22,49 \text{ mm}$$

$$20,043 \geq \frac{6500}{600 \times \left(\frac{198,228}{3500}\right)}$$

$$20,043 \geq 191,278 \text{ (Tidak diperlukan elemen pembatas)}$$

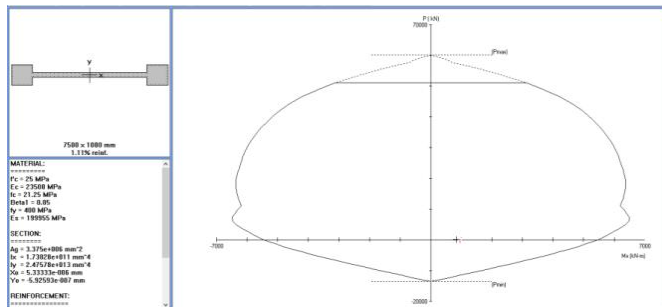
6. Perhitungan Tulangan Vertikal

Dengan menggunakan program bantu PCA Col didapatkan :

Tulangan : D19

Jumlah (n) : 56 buah (2 lapis tulangan)

Rasio tul : 1,11 %



Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	137.0	847.0	5488.7	6.480

*** Program completed as requested! ***

Gambar 4. 57 Output PCA Col pada Dinding Basement

7. Spasi Tulangan

Jarak Spasi tulangan didesain berdasarkan SNI 2874:2013 Pasal 21.9.2.1 dimana :

$$L = 6500 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$c = 40 \text{ mm}$$

$$n = 28 \text{ buah}$$

- Dimensi terpanjang

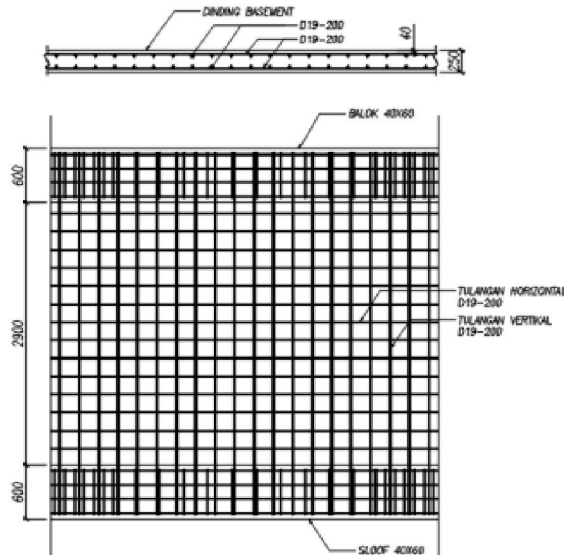
$$s = \frac{L - 2c - nD}{n - 1} = \frac{6500 - 2 \times 40 - 28 \times 19}{28 - 1}$$

$$= 218 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

- Dimensi terpendek

$$s = \frac{b - 2c - nD}{n - 1} = \frac{250 - 2 \times 40 - 2 \times 19}{2 - 1}$$

$$= 132 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \dots \text{OK}$$



Gambar 4. 58 Penulangan Dinding Basement

4.5.7. Perencanaan Pelat Lantai Basement

4.5.7.1. Pembebanan Pelat Lantai Basement

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013. Berikut perhitungan pelat lantai basement.

Beban Mati :

- Berat sendiri $(0,20 \times 2400) = 480 \text{ kg/m}^2$
- Berat Spesi 2 cm $(2 \times 21) = 42 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_D = 522 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai Parkir $q_L = 800 \text{ kg/m}^2$

Beban Uplift :

- Beban Uplift akibat tekanan air tanah ke atas sebesar $1000 \text{ kg/m}^3 \times \text{Kedalaman air tanah}$. Dikarenakan muka air tanah berdasarkan data tanah terletak pada kedalaman 2,0 m sehingga beban uplift :

$$q_{Up} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times (2,0 \text{ m} - 2,0 \text{ m}) = 0$$

Beban Ultimate:

$$\begin{aligned} - Q_u &= 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 522 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 800 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1906,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.5.7.2. Perencanaan Pelat Lantai Basement Tipe 02

1. Direncanakan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 Mpa
- Mutu Tulangan
Lentur (f_y) = 400 Mpa
Geser (f_y) = 400 Mpa
- Panjang Pelat (l_x) = $3250 - 300 = 2950 \text{ mm}$
- Lebar Pelat (l_y) = $4500 - 400 = 4100 \text{ mm}$
- Tebal Pelat (t_p) = 250 mm
- Tebal selimut = 20 mm
- ϕ = 0,9
- β = 0,85

2. Gaya dalam yang bekerja

Pelat lantai direncanakan terjepit penuh, sehingga :

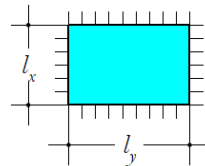
$$l_y/l_x = 4460 / 3220 = 1,3851 < 2 \text{ (Pelat two way)}$$

$$l_x = 33,69$$

$$l_y = 18,10$$

$$t_x = 72,59$$

$$t_y = 57,00$$



$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot L_x \\ &= 0,001 \cdot 1906,4 \cdot 3220^2 \cdot 33,69 = 559,014 \text{ kgm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot L_x \\ &= 0,001 \cdot 1906,4 \cdot 3220^2 \cdot 18,10 = 300,315 \text{ kgm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot L_x \\ &= 0,001 \cdot 1906,4 \cdot 3220^2 \cdot 72,59 = 1204,354 \text{ kgm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot L_x \\ &= 0,001 \cdot 1906,4 \cdot 3220^2 \cdot 57,00 = 945,655 \text{ kgm/m} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Tulangan

$$t_p = 200 \text{ mm}$$

$$b_p = 1000 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 13 \text{ mm}$$

$$d_x = 200 - 20 - 13/2 = 173,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 200 - 20 - 13 - 13/2 = 160,5 \text{ mm}$$

Contoh perhitungan pada lapangan arah X (Mlx)

$$R_n = \frac{M_n}{b_p \times d_x^2} = \frac{\left(\frac{559,014}{0,9}\right) \times 10000}{1000 \times 163,5} = 0,206$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,206}{400}} \right] = 0,000518 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,000518 < 0,020 \text{ (tidak memenuhi)}$$

maka, ρ_{perlu} perlu di tambah 30%

$$\rho_{perlu} = 0,000616 \times 1,3 = 0,0007$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{perlu} \cdot b_p \cdot d_x \\ &= 0,0007 \cdot 1000 \cdot 173,5 = 116,919 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 53 Rekap Perhitungan Pelat Basement Tipe 2

Nama Elemen	Mn (Nmm/m)	Rn	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As (mm ²)
Lapangan X	6211263,02	0,2063	0,00052	0,0007	116,92
Lapangan Y	3336835,46	0,1295	0,00033	0,0004	67,77
Tumpuan X	13381710,0	0,4445	0,00112	0,0015	253,34
Tumpuan Y	10507282,4	0,4078	0,00103	0,0013	214,84

Digunakan As pakai : D13 – 150

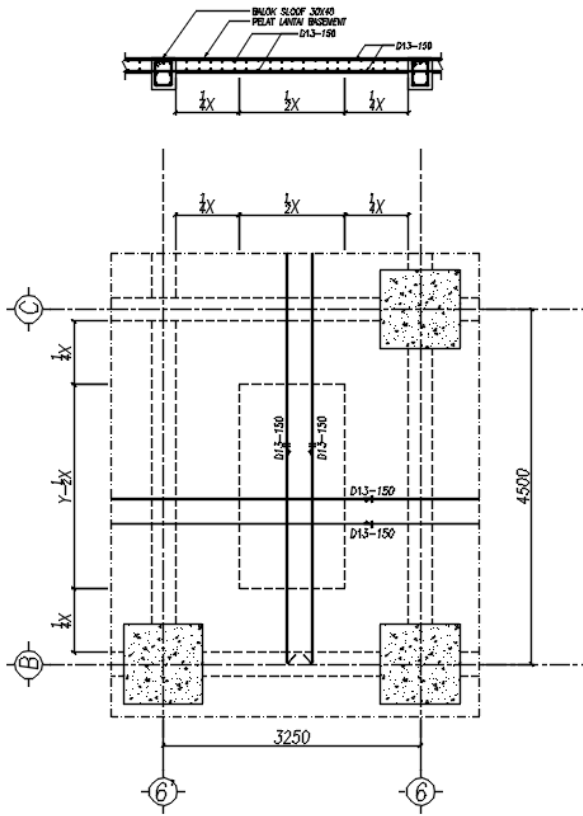
$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \text{bp/s} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000/150 \\ &= 884,882 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan rangkap D13–150, untuk mengantisipasi apabila terjadi kenaikan muka air tanah.

4.5.7.3. Rekap Perhitungan Pelat Lantai Basement

Tabel 4. 54 Rekap Perhitungan Pelat Basement

Tipe Pelat	Dimensi (mm)		Tulangan	
	Ix	Iy	Arah X	Arah Y
Tipe 1	4200	4100	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 2	2950	4100	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 3	2800	4100	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 4	3090	4100	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 5	4000	4100	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 6	3300	4100	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 7	3300	4700	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 8	2950	3200	D13 – 150	D13 – 150
Tipe 9	2800	3200	D13 – 150	D13 – 150



Gambar 4. 59 Penulangan Pelat Basement

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur sekunder :
 - a. Pelat lantai atap dan lantai hotel menggunakan bondek dari Super Floor Deck tebal 0.75 mm dengan pelat beton tebal 90 mm dan dipasang tulangan wiremesh M8-150
 - b. Dimensi balok anak pada atap menggunakan profil HCB 297.100.4,5.7, lantai kamar menggunakan profil HCB 375.125.6,9, dan lantai lobby menggunakan profil HCB 450.150.6,5.9.
 - c. Dimensi balok lift menggunakan profil WF 300.200.8.12 untuk balok penggantung dan WF 350.250.8.12 untuk balok penumpu
 - d. Pelat tangga dan pelat bordes menggunakan bondek dari Super Floor Deck tebal 0.75 mm dengan pelat beton tebal 90 mm dan dipasang tulangan wiremesh M6-150
 - e. Dimensi balok utama tangga menggunakan profil WF 200.100.5,5.8 dan balok penumpu tangga menggunakan profil WF 250.125.6.9.
2. Hasil perhitungan struktur primer :
 - a. Dimensi balok induk memanjang bentang 9,75 m menggunakan profil HCB 900.300.14.23
 - b. Dimensi balok induk memanjang bentang 6,50 m menggunakan profil HCB 600.300.9.14
 - c. Dimensi balok induk melintang bentang 4,50 m menggunakan profil HCB 450.200.8.12
 - d. Dimensi kolom lantai G-5 menggunakan profil RCFT 700.700.25.25, dimensi kolom lantai 6-10 menggunakan profil RCFT 600.600.25.25, dimensi kolom lantai 11-lantai atap menggunakan profil RCFT 500.500.22.22.

3. Hasil perhitungan struktur bawah :
- Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang diameter 500 mm untuk semua tipe pile cap
 - Dimensi dan tulangan pile cap

Pile Cap	Dimensi			Σ Tiang Pancang Buah	Kedalaman (m)	Tulangan	
	P	L	T			Arah X	Arah Y
	(m)	(m)	(m)				
P1	1,5	1,5	0,8	1	12	D22-150	D22-150
P2	3,0	3,0	1,0	4	12	D22-100	D22-100
P3	6,0	3,0	1,0	8	12	D22-100	D22-100
P4	6,9	5,1	1,0	12	18	D22-100	D22-100

- Dimensi kolom pedestal 1000 mm x 1000 mm dengan tulangan utama 28D22 dan tulangan geser D13-200. Untuk kolom pedestal 500 mm x 500mm menggunakan tulangan utama 14D22 dan tulangan geser geser D13 - 200.
- Dimensi balok dan sloof serta detail tulangan

Balok	Dimensi		Tulangan				
	P	L	Torsi	Lentur		Geser	
	(cm)	(cm)		Tump	Lap	Tump	Lap
B1	40	60	4D16	4D19	3D19	D13-100	D13-250
B2	30	40	2D16	3D19	2D19	D13-75	D13-150
S1	40	60	4D16	4D19	3D19	D13-100	D13-250
S2	30	40	2D16	3D19	2D19	D13-75	D13-150

5.2. Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Castellated Beam* dan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis dan estetika. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, Inc. 2006. "***Steel Plate Shear Walls***" (AISC Design Guide 20). Chicago : 2006.
- American Institute of Steel Construction, Inc. 2010. "***Specification for Structural Steel Buildings***" (AISC 360-10). Chicago : 2010.
- American Society of Civil Engineers, Inc. 1992. "***Proposed Specification for Structural Steel Beams with Web Opening***". ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No.12, pp. 3315-3324.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. ***Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*** (SNI 1726-2012). Bandung : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. ***Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*** (SNI 1727:2012). Bandung : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. ***Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*** (SNI 2847:2013). Bandung : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. ***Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*** (SNI 1729:2015). Bandung : BSN.
- Blodgett, W. Omer, 1982. ***Open-web expanded beams and Girders (castellated), Design of welded structures***, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.
- Douçherty, B.K. 1993. ***Castellated beams: A state of the art repon***. Journal of the South African Institution of Civil Engineers, 352. 2nd Quarter, pp 12-20.
- Grunbauer, Johann. "***What Makes Castellated Beam So Desirable As a Constructional Element***". <<http://www.grunbauer.nl/eng/inhoud.htm>> (diakses Desember 2017)
- Hajjar, J. F., Gourley, B. C., and Olson, M. C. (1997). "***A Cyclic Nonlinear Model for Concrete-Filled Tubes. I***."

- Formulation. II.Verification,”** J.of Struc. Eng., ASCE, Vol.123, No. 6, June, pp. 736-754.
- Hajjar, J. F. (2000). **“Concrete-Filled Steel Tube Columns under Earthquake Loads,”** Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 2, No. 1, pp. 72-82.
- Husain, M.U., and Speirs, W.G. 1971. **Failure of castellated beams due to rupture of welded joints.** Acier-Stahl-Steel, No. 1.
- Husain, M.U., and Speirs, W.G. 1973. **Experiments on castellated steel beams.** J. American Welding Society, Welding Research Supplement, 52:8, pp 329s-3423.
- Jihad Dokali Megharief, May 1997. **Behavior of composite castellated,** Department of Civil Engineering and Applied Material , McGill University Montreal, Canada
- Kerdal, D., and Nethercot, D.A. 1984. **Failwe modes for castellated beams.** Journal of Constructional Steel Research, Vol. 4, pp 295-3 15.
- Sosrodarsono, Ir.Suyono dan Nakazawa, Kazuto. (1980). **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta: PT. Pradnya Paramita.



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. DJOKO IRAWAN, MS.
NAMA MAHASISWA	: Iwan Adi Roliono
NRP	: 03111645000030
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM DAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILL STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG LIFE STYLE HOTEL SURABAYA
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020142/IT2.VL.4.1/PP.05.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	09/03	- Konsep Gedung	Pertimbangan semua balok menggunakan Castela	Jrs
2	23/03	- Balok Anak Castellated - Balok Lipt - Balok Induk (Permed dan cast)	- Reperensi Castellated - Balok Anak cek secara Castellated	Jrs
3	6/4	- Cek Balok anak komposit/non - tangga langsung pada balok Induk.	- Permodelan	Jrs
4	19/4	- Cek penggunaan SFSW - Cek Permed Drift & berrshear	Bila balok Castela tidak di hitung komposit perlu di batasi di batasan masalah.	Jrs
5	16/5	- Balok - Kolom	- analisis kolom di lapangan cara lain - posisi shear wall di coba ubah posisi	Jrs
6	25/5	- Kolom komposit - Cek salah satu balok dg hitungan komposit	- Cek kolom bawah - cek salah satu balok dg komposit dan di bandingkan dg yg non komposit	Jrs



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 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Djoko IRAWAN, MS
NAMA MAHASISWA	: IWAN ADI ROLIONO
NRP	: 0311164500030
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM DAN KOLON DACTANGULAR CONCRETE FILL STEEL TUBE (CCFT) PADA GEDUNG LIFE STYLE HOTEL SURABAYA
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020142/172-VI/4.1/PP.CS.62.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7.	3/5 18	Kolom & Balok secara komposit, SPSW, Sambungan B-Band - Induk - tangga.	- Pondasi - Gambar	
8	6/6 18	Ges Sambungan Balok-kolom Kolom-kolom HBE - VBE SPSW - HBE/VBE	- can referensi: sambungan kolom-kolom (mudpel) - Gambar	

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 **Kamis** tanggal **19 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:


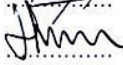

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000030	Iwan Adi Roliono	Desain Modifikasi Struktur Gedung Baja dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam Dan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) pada Gedung Life Syle Hotel Surabaya

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 :

- Cek nilai R di Pedestal
- Cek kapasitas geser balok dan kolom
- Cek confinement kolom
- Cek EDS, R, dan kontinuitas.
- Tusk bando belum ada.
- Perhitungan pile cap dua kolom ditambahkan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Tavio, ST. MT. PhD	
Harun Al Rasyid, ST. MT	
Data Iranata, ST. MT. PhD	

Surabaya, 19 Juli 2018
 Dosen Pembimbing 1
 (Ketua)

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

Dosen Pembimbing 2
 (Sekretaris)

Dosen Pembimbing 3
 (Sekretaris)



DRILLING LOG

NAMA PROYEK	=	TRAM SURABAYA	TIBE BOR	:	Rotary drilling machine	Remarks
KLIEN	=	PT. DARDELA YASA GUNA	MULAI	:	14 Nopember 2015	UD = Undisturb Sample
TIKTIK BOR	=	BH-7	SELESAI	:	17 Nopember 2015	CS = Core Sample
LOKASI	=	JL. RAYA DARMO U TURUN JL. TUNJUNGAN (PATUNG KARAPAN SAPI)	MASTERBOR	:	OSIAS	SPT = SPT Test
ELEVASI TITIK BOR	=	+0.40 METER DARI MUKA JALAN				
MUKA AIR TANAH	=	-2.00 METER DARI MUKA TANAH SETEMPAT				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value blow/30 cm	Blows per each 15 cm			
														15 cm	15 cm		15 cm
START OF BORING																	
0.00	0.00				PASIR	ABU-ABU KEKOKLATAN											
1.00	-1.00				LEMPUNG BERLANAU	ABU-ABU KEKOKLATAN	VERY STIFF	SPT # 23			-2.00	SPT 1	23	5	9	14	23
2.00	-2.00				LEMPUNG BERLANAU	ABU-ABU KEKOKLATAN	VERY STIFF	SPT # 23			-2.50						
3.00	-3.00				LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	VERY STIFF	SPT # 17			-4.00	SPT 2	17	4	7	10	17
4.00	-4.00				LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	VERY STIFF	SPT # 17			-4.50						
5.00	-5.00				LEMPUNG BERPASIR	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT # 8			-6.00	SPT 3	8	1	3	5	8
6.00	-6.00				LEMPUNG BERPASIR	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT # 8			-6.50						
7.00	-7.00				LEMPUNG BERPASIR	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT # 8			-7.50	UD 01					
8.00	-8.00				LEMPUNG BERPASIR	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT # 8			-8.00	SPT 4	25	5	9	16	25
9.00	-9.00				LEMPUNG BERPASIR	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT # 8			-8.50						
10.00	-10.00				PASIR PADAS	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT 22 s/d 28			-10.00	SPT 5	24	4	10	14	24
11.00	-11.00				PASIR PADAS	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT 22 s/d 28			-10.50						
12.00	-12.00				PASIR PADAS	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT 22 s/d 28			-12.00	SPT 6	28	6	11	17	28
13.00	-13.00				PASIR PADAS	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT 22 s/d 28			-12.50						
14.00	-14.00				PASIR PADAS	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT 22 s/d 28			-14.00	SPT 7	22	3	9	13	22
15.00	-15.00				PASIR PADAS	COKLAT TERANG	MEDIUM	SPT 22 s/d 28			-14.50						
16.00	-16.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-16.00	SPT 8	17	4	7	10	17
17.00	-17.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-16.50						
18.00	-18.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-18.00	SPT 9	22	5	8	14	22
19.00	-19.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-18.50						
20.00	-20.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-20.00	SPT 10	21	3	7	14	21
21.00	-21.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-20.50						
22.00	-22.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-22.00	SPT 11	21	4	8	13	21
23.00	-23.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-22.50						
24.00	-24.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-23.00	UD 03					
25.00	-25.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-24.00	SPT 12	25	5	10	15	25
26.00	-26.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-24.50						
27.00	-27.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-26.00	SPT 13	21	3	7	14	21
28.00	-28.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-26.50						
29.00	-29.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-28.00	SPT 14	28	6	11	17	28
30.00	-30.00				LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-28.50						
					LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-30.00	SPT 15	25	5	9	16	25
					LANAU LEMPUK BERPASIR	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT 17 s/d 22			-30.50	UD 4					
END OF BORING																	



REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : DARDELA YASA GUNA
 PROYEK : PEMBANGUNAN JALAN TRAM
 LOKASI : JL. RAYA DARMO (U TURN PATUNG KARAPAN SAPI)

TITIK BOR : BH-7
 MASTER BOR : OSIAS TEMIS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC					CONSOLIDATION					
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	ysat	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.638	1.284	100.00	48.67	56.22	1.717	1.155	1.717	*	*	*
-15.00	2.611	1.327	100.00	50.82	57.03	1.692	1.122	1.692	*	*	*
-22.50	2.634	1.278	100.00	48.52	56.10	1.717	1.156	1.717	*	*	*
-30.00	2.678	1.237	100.00	46.19	55.30	1.750	1.197	1.750	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST			UNCONFINED TEST			TRIAXIAL CD			VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	φ	Cu	φu	Cc	φc	Su	Cu				
-7.50	0.00	39.19	60.81	55.49	29.35	26.14	*	*	0.65	0	*	*	*	*	*	*	*	
-15.00	0.00	34.18	65.82	46.24	30.42	15.82	*	*	1.08	0	*	*	*	*	*	*	*	
-22.50	0.00	26.03	71.97	63.47	28.77	34.70	*	*	1.03	0	*	*	*	*	*	*	*	
-30.00	0.00	20.68	79.32	69.18	32.06	37.12	*	*	1.34	0	*	*	*	*	*	*	*	

REMARK
 G = Gravel (%)
 S = Sand (%)
 S + Cl = Silt + Clay (%)
 e = Void ratio
 Gs = Specific Gravity
 n = Porosity (%)
 Sr = Degree of saturation (%)
 Wc = Water content (%)
 γt = Moisture density (gr/cc)
 γsat = Saturated density (gr/cc)
 γd = Dry density (gr/cc)

LL = Liquid Limit (%)
 PL = Plastic Limit (%)
 IP = Plastic Index (%)
 Cc = Compression Index
 Cv = Compression of Consolidation (cm²/det)
 Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm²)
 * = Not test
 k = Coefficient of permeability (cm/sec)

C = Cohesion of direct shear (kg/cm²)
 Cu = Drained cohesion triaxial test(kg/cm²)
 C_u = Undrained cohesion (kg/cm²)
 Su = Strength of vane test (kg/cm²)
 φ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
 φ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
 φ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)



SPESIFIKASI FISIK

	Kategori kekuatan	
	GE AAC-4	GE AAC-6
Kuat Tekan (N/mm ²)	4	7.5
Berat Jenis Nominal (kg/m ³)	495	680
Berat Perencanaan (kg/m ³)	595	820
Daya Hantar Panas (w/mK)	0.195	0.234
Ketahanan Api (SNI 1741 - 2008)	>3 Jam	
Insulasi Suara (ASTM E90) - STC	41 dB	

Dimensi blok GE

Produk	Ukuran			Kuat tekan		Berat jenis perencanaan	
	Tebal (cm)	Panjang (cm)	Tinggi (cm)	GE AAC-4 (N/mm ²)	GE AAC-6 (N/mm ²)	GE AAC-4 (kg/m ³)	GE AAC-6 (kg/m ³)
Blok standar	7.5 - 20	60	20	4	7.5	595	820
Blok semi jumbo	7.5 - 20	60	40	4	7.5	595	820
Blok jumbo	12.5 - 20	100	60	-	7.5	-	820
Blok 'U'	10 - 20	60	20	4	7.5	595	820
Blok 'O'	10 - 20	60	20	4	7.5	595	820
Lintel	10 - 20	130 - 200	30	6.5*		750*	

Volume blok GE per palet

* GE AAC-5

Blok standar (60 x 20 cm)										
Berat Perencanaan	Tebal	cm								
			7.5	10	12.5	15	17.5	20		
GE AAC-4	kg/bh	kg/m ²	7.38	9.84	12.30	14.76	17.22	19.68		
			61.50	82.00	102.50	123.00	143.50	164.00		
GE AAC-6	kg/bh	kg/m ²	5.36	7.14	8.93	10.71	12.50	14.28		
			44.63	59.50	74.38	89.25	104.13	119.00		
Palet	bh	m ²	200	150	120	100	80	70		
			1.80	1.80	1.80	1.80	1.68	1.68		

Blok semi jumbo (60 x 40 cm)										
Berat Perencanaan	Tebal	cm								
			7.5	10	12.5	15	17.5	20		
GE AAC-4	kg/bh	kg/m ²	14.76	19.68	24.60	29.52	34.44	39.36		
			61.50	82.00	102.50	123.00	143.50	164.00		
GE AAC-6	kg/bh	kg/m ²	10.71	14.28	17.85	21.42	24.99	28.56		
			44.63	59.50	74.38	89.25	104.13	119.00		
Palet	bh	m ²	80	60	48	40	32	28		
			1.44	1.44	1.44	1.44	1.34	1.34		

Blok jumbo (60 x 100 cm)						
Berat Perencanaan	Tebal	cm				
			12.5	15	17.5	20
GE AAC-6	kg/bh	kg/m ²	61.50	73.80	86.10	98.40
			102.50	123.00	143.50	164.00
Palet	bh	m ²	14.40	12.00	9.60	8.40
			1.80	1.80	1.68	1.68

Main Distributor :

PT. SURYA INDOGREEN PERKASA
 Hotline Service : 031 - 565 1818
 031 - 8398 8888



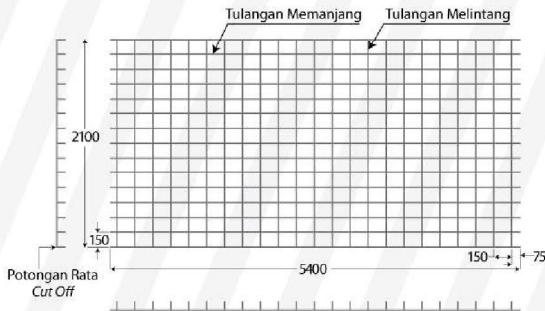
INFORMASI PRODUK



SUPER WIREMESH



STANDAR SUPER WIREMESH



TIPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16
BERAT / LEMBAR (kg)	15.45	24.14	34.76	47.31	61.79	78.21	96.55	139.03	247.17

SPESIFIKASI

Diameter	: 4 mm sampai 16 mm
Standar Bahan	: SNI 07-0663-1995
Tegangan Leleh Karakteristik	: 5.000 kg/cm ² mutu U-50
Tegangan Geser kempuh Las	: 2.500 kg/cm ²
Bentuk Permukaan Kawat	: Polos dan Ulir
Spasi Standard	: 150 mm X 150 mm (Tipe M) 100 mm X 200 mm (Tipe B)
Ukuran Standar	: • Lembar 5.4 m X 2.1 m (M4 - M16) • Roll 5.4 m X 2.1 m (M4 - M6)

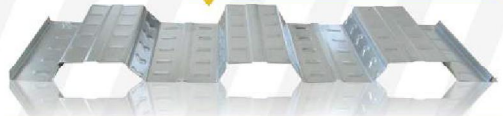
KEUNTUNGAN MENGGUNAKAN SUPER WIREMESH

1. Menghemat waktu konstruksi bangunan
2. Dapat diproduksi atas dasar desain konsultan (Engineering Mesh)
3. Mereduksi berat besi tulang dalam beton

APLIKASI

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, lahan parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll.
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban didalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

SEBAGAI RANGKA COR YANG MENGGUNAKAN SUPERDEK



PRODUKSI SUPER WIREMESH

Dengan dukungan dari mesin pembentuk **SUPER WIREMESH** kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran **SUPER WIREMESH** yang bervariasi dengan hasil sempurna sampai diameter 16 mm.

- Jarak spasi : 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, dan 300 mm
- Juntaian kawat memanjang maksimum 1.200 mm kedua sisinya
- Jarak spasi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesial diperlukan, staff berpengalaman kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, harap konsultasi dengan kami

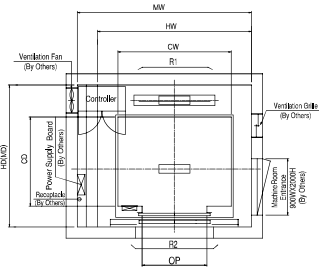
Untuk Informasi Lebih Lanjut Hubungi kami :

Buana Paksa Indonesia Telp. (024) 7626249

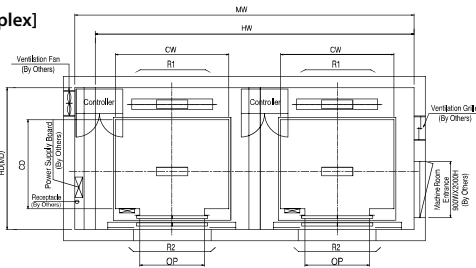
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

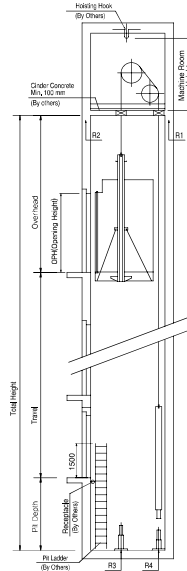
[Simplex]



[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	Travels:100	4200	1400	2300	3000
		1350	Travels:100	4300			4500
		1150/1600	Travels:80	4300			4500
	1.5	450-1000	80<Travels:100	4650		1450	3000
		1350	Travels:100	4400			4500
		1150/1600	Travels:80	4400			4500
	1.75	450-1000	80<Travels:100	4750	1600	3000	
		1350	Travels:100	4500		4500	
		1150/1600	Travels:80	4500		4500	
MS2021	1	410-1025	Travels:100	4200	1400	2550	3000
		1365	Travels:100	4300		2400	4500
		1160/1365	Travels:80	4300		2550	3000
		80<Travels:100	4650	2400		4500	
	1.5	410-1025	Travels:100	4400	1450	2550	3000
		1365	Travels:100	4400		2400	4500
		1160/1365	Travels:80	4400		2550	3000
		80<Travels:100	4750	2400		4500	
	1.75	410-1025	Travels:100	4500	1600	2550	3000
		1365	Travels:100	4500		2400	4500
		1160/1365	Travels:80	4500		2550	3000
		80<Travels:100	4850	2400		4500	
Standard / EN	2	800-1600	Travels:130	5100	1900	2300	4500
	2.5			5300	2200		

Technical Data

| 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	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
2150		1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300							

[EN Code]

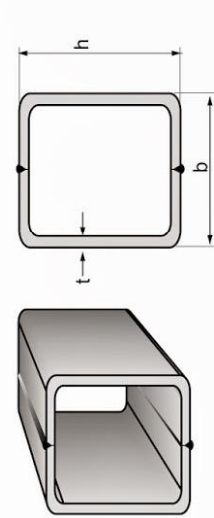
1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	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	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
	2150		1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[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

METRIC SIZE

DIMENSION		t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
H	B	mm	mm	kg/m	cm ²	ix = iy	Zx = Zy	ix = iy
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.64	2,845.65	282.57	6.84
180	180	10.00	18	51.80	65.83	3,741.83	345.93	6.66
220	220	6.30	18	41.48	52.46	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	5,782.45	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	4,251.11	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	9.78
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.46	94.10	9,000.00	726.50	9.65
250	250	12.00	18	86.34	110.50	10,300.00	826.50	9.65
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	6,634.93	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	76.44	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
350	350	8.00	18	94.71	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	10.00	18	112.44	158.50	29,600.00	1,700.00	13.70
350	350	12.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	16.00	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	162.62	202.80	64,200.00	4,280.00	17.70
450	450	16.00	45	214.86	271.80	82,600.00	5,120.00	17.30
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.00
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	16.80
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.60
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	263.50	338.80	154,500.00	5,160.00	21.60
550	550	19.00	45	304.80	392.80	174,000.00	5,730.00	21.30
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	8,650.00	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	364.80	454.10	302,500.00	9,040.00	25.40
650	650	22.00	75	424.04	511.90	342,500.00	10,520.00	25.10
650	650	25.00	75	478.00	566.00	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		
SS 400	245	235	215	400 - 510
A 36	250	250	250	400 - 550
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610
GR 50 A	355	345	340	490 - 640

NOTE :

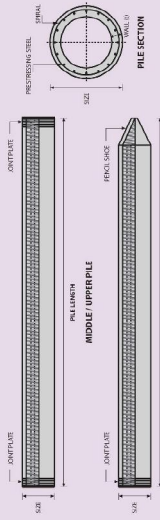
- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 5ld 1000 x 1000 mm

continue.....>>

HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Inam Bonjio 4, Waringguni Bonjolok,
Sukadana, Cikarang Barat,
Beiras 17520, West Java, INDONESIA
Forming Department
Phone 010 : (62-21) 898 38 291 - 296
Phone Fax: (021) 7085 5154 - 158
Fax : (62-21) 898 38 298
e-mail : gpr101@grdsteel.com
gpr102@grdsteel.com

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



BOTTOM / SINGLE PILE

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

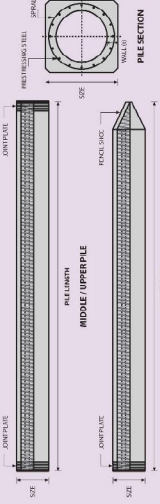
Size (mm)	Thickness Section Wall (t)	Cross Section (cm)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile (m)	
					Crack	Ultimate				
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					B	3.50	5.25	105.30	31.50	6-14
					C	4.50	6.30	141.90	41.96	6-16
					B	3.00	4.50	67.50	20.25	6-12
					C	4.00	6.00	90.00	27.00	6-14
					B	3.50	5.25	91.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	7.50	112.50	33.75	6-15
					C	6.00	9.00	135.00	40.50	6-16
400	75	765.76	106,468.95	191	A2	3.50	5.25	121.10	38.62	6-16
					B	4.50	6.75	161.65	48.49	6-17
					A	5.50	8.25	192.20	57.66	6-18
					B	7.50	11.25	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	13.50	149.50	80.94	6-17
450	80	929.91	156,570.38	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	148.80	56.57	6-16
					B	11.00	16.50	139.10	78.84	6-17
					C	12.00	18.00	132.10	84.06	6-18
500	90	1,159.25	255,343.30	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	22.50	174.50	94.13	6-18
					C	17.00	25.50	172.04	122.04	6-19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	12.00	18.00	252.70	70.52	6-16
					A2	14.00	21.00	249.00	104.68	6-17
					A3	16.00	24.00	245.30	138.84	6-18
					B	18.00	27.00	241.60	172.99	6-19
					C	20.00	30.00	238.30	207.14	6-20
800	120	2,583.54	1,327,869.60	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	171.15	6-22
					B	55.00	82.50	388.61	219.89	6-23
					C	60.00	90.00	378.05	258.61	6-24
1000***	140	3,782.48	3,989,571.20	946	A1	25.00	37.50	615.52	169.81	6-22
					A2	32.00	48.00	601.27	215.15	6-23
					A3	35.00	52.50	589.66	258.19	6-24
					B	93.00	139.50	575.33	311.26	6-24
					C	120.00	180.00	555.23	385.79	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	602.80	211.30	6-24
					A2	130.00	195.00	594.50	252.10	6-24
					A3	140.00	210.00	586.20	292.90	6-24
					B	170.00	255.00	571.90	409.60	6-24
					C	200.00	300.00	557.50	522.20	6-24

Note : *) Crack Moment Based on BS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

***) Type of Size for Bottom Pile is Normal Size

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



BOTTOM / SINGLE PILE

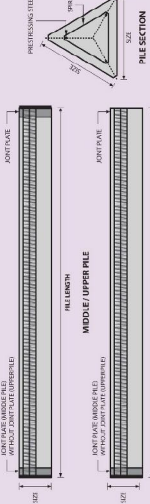
PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Section Wall (t)	Cross Section (cm)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile (m)	
					Crack	Ultimate				
400 X 400	75	1,091.13	154,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6-13
					A3	8.00	12.00	186.62	45.30	6-14
					B	9.50	14.25	190.61	52.59	6-15
					C	11.00	16.50	194.60	60.18	6-16
					B	8.50	12.75	168.49	47.70	6-13
					A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6-13
					A2	11.00	17.00	224.95	52.90	6-15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6-16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6-16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6-16

Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



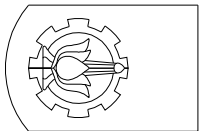
BOTTOM / SINGLE PILE

PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Size (mm)	Cross Section (cm)	Section Weight (kg/m)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile (m)
					Crack	Ultimate		
280	318.7	9,600.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	5-8
320	422.6	16,188.90	105.7	B	0.85	1.11	57.02	5-8
				B	1.20	2.15	54.10	6-9

Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

GAMBAR RENNCANA

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN
HEXAGONAL CASTELLATED BEAM DAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE
FILLED STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG LIFE SYLE HOTEL
SURABAYA

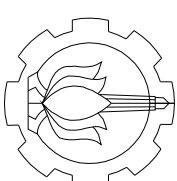
ARSITEKTUR

OLEH :

Iwan Adi Roiono
03111645000030

DOSEN PEMBIMBING :

Dr.Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

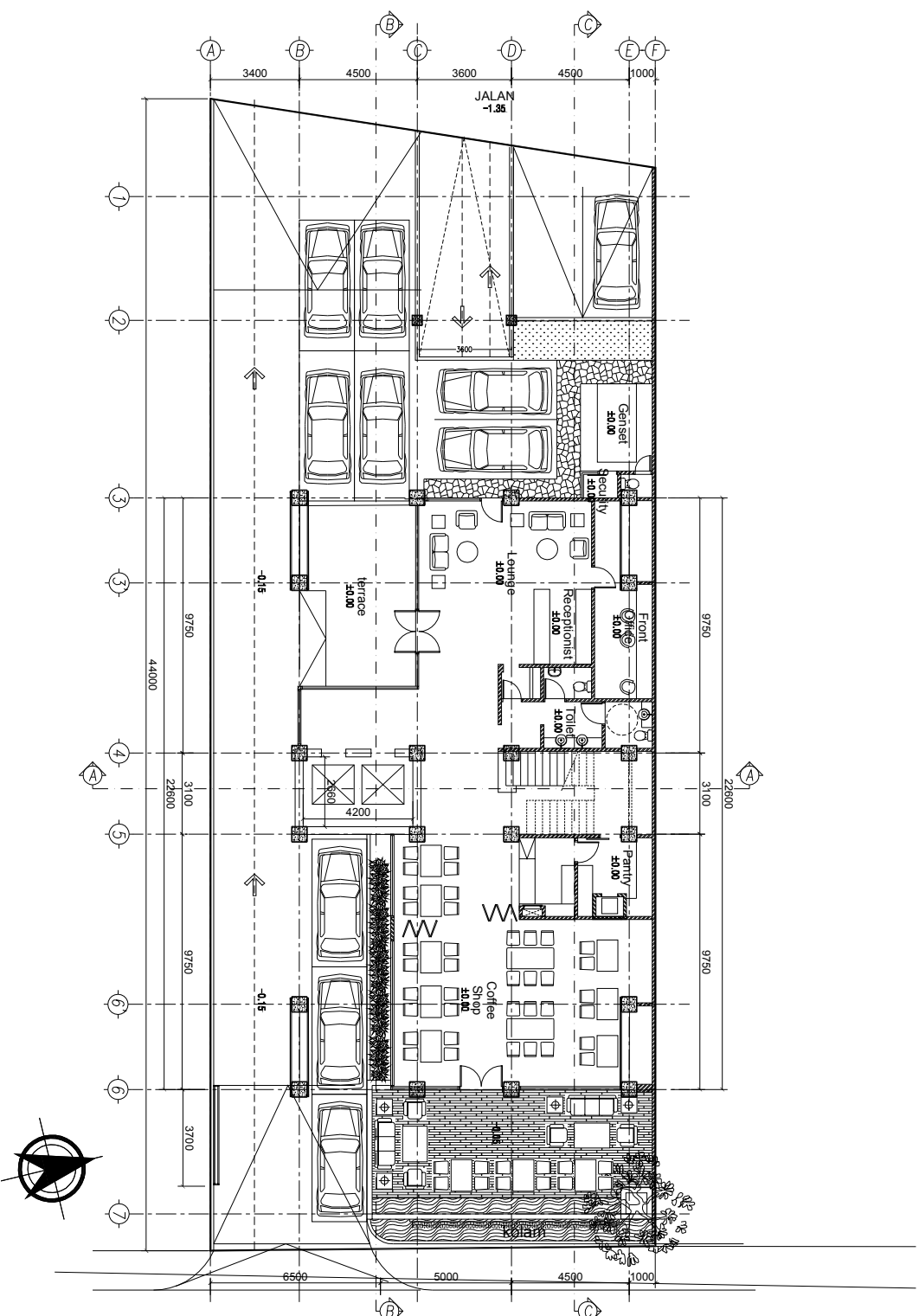
NAMA GAMBAR

SKALA

1:250

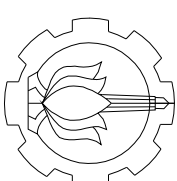
DENAH LANTAI 1

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JMIL LEMBAR
AR	02	12



01 DENAH LANTAI 1
 SKALA

1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEXAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLAM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

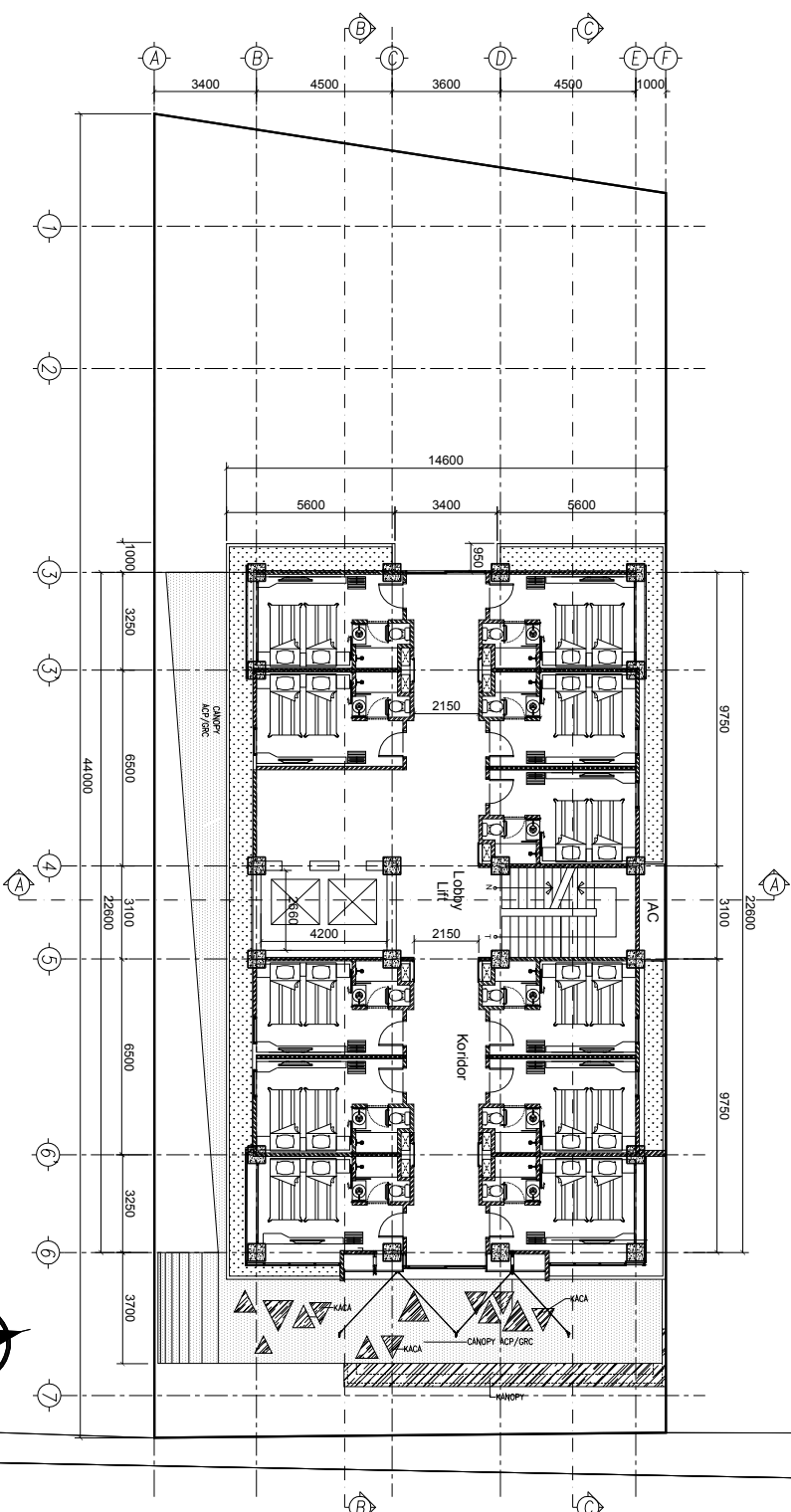
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

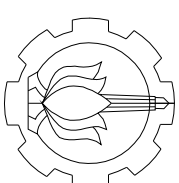
SKALA
 DENAH LANTAI 2 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
AR	03	12



01 DENAH LANTAI 2
 SKALA

1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

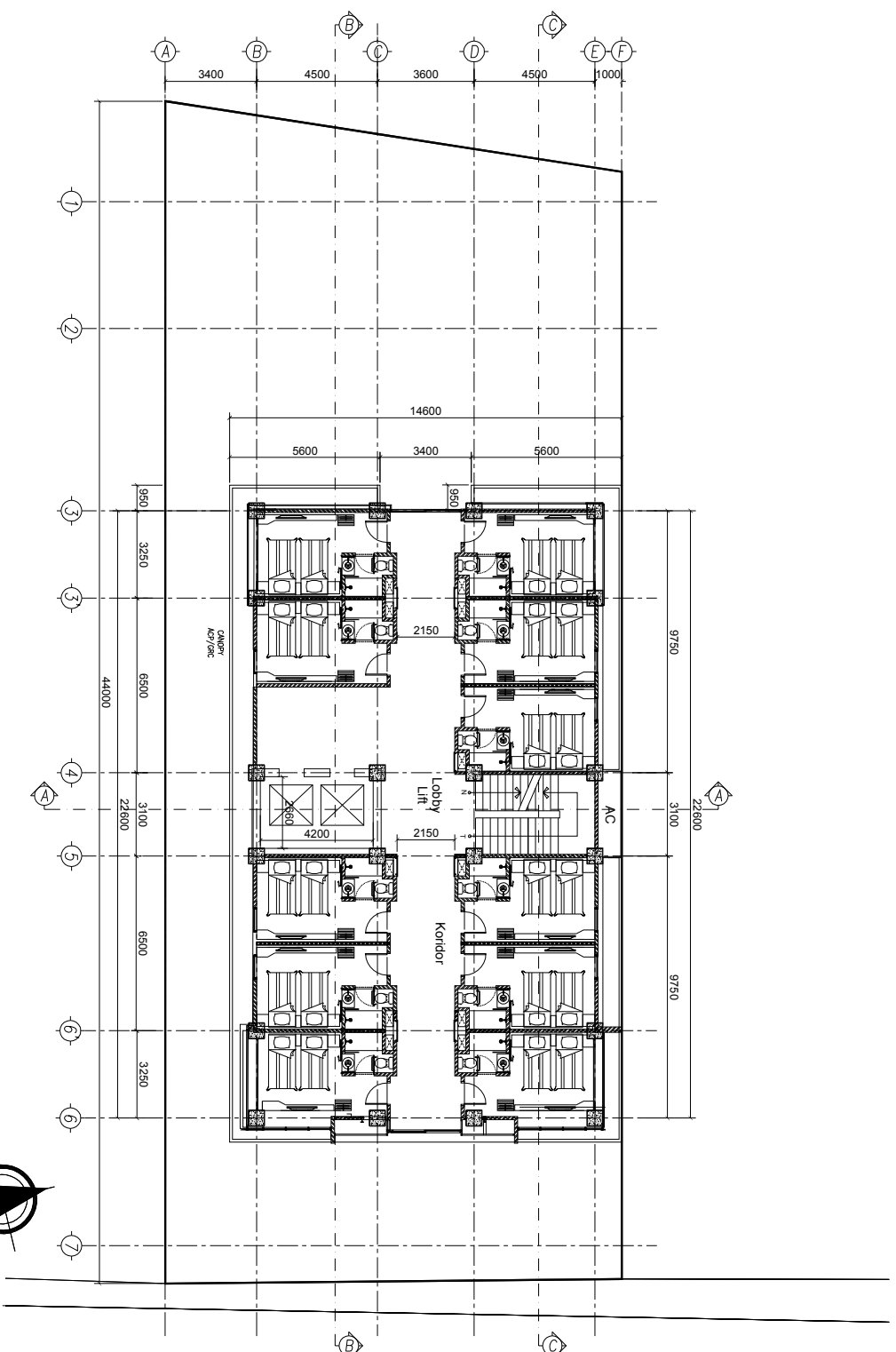
NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 3 - LANTAI 12 1:250

KODE GAMBAR NO. LMBR JML LEMBAR

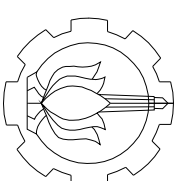
AR 04 12



01 DENAH LANTAI 3 - LANTAI 12

SKALA

1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

No.	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BALAI DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

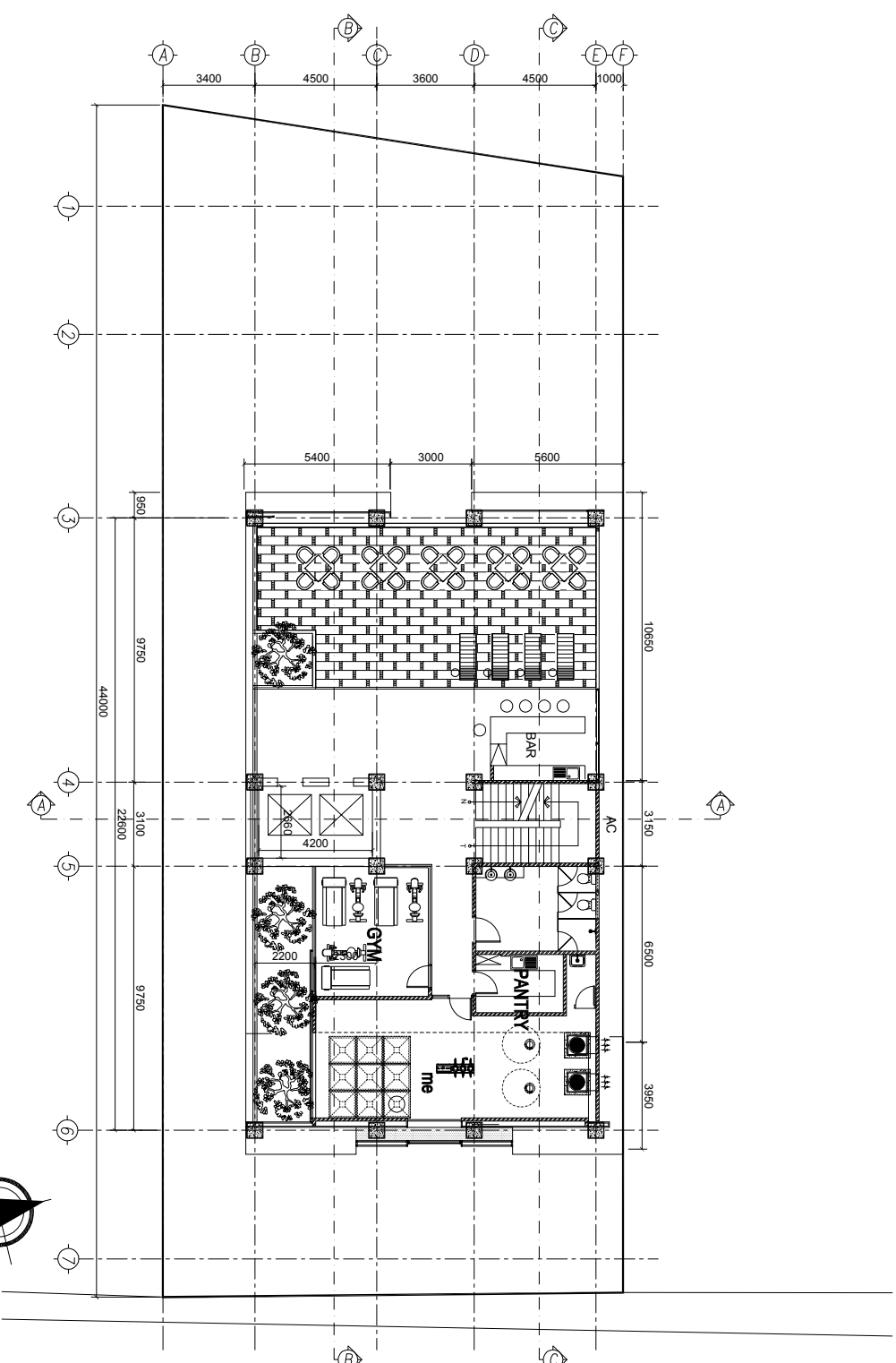
Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 13

SKALA

1:250

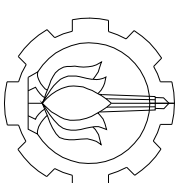


01 DENAH LANTAI 13

SKALA

1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
AR	05	12



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

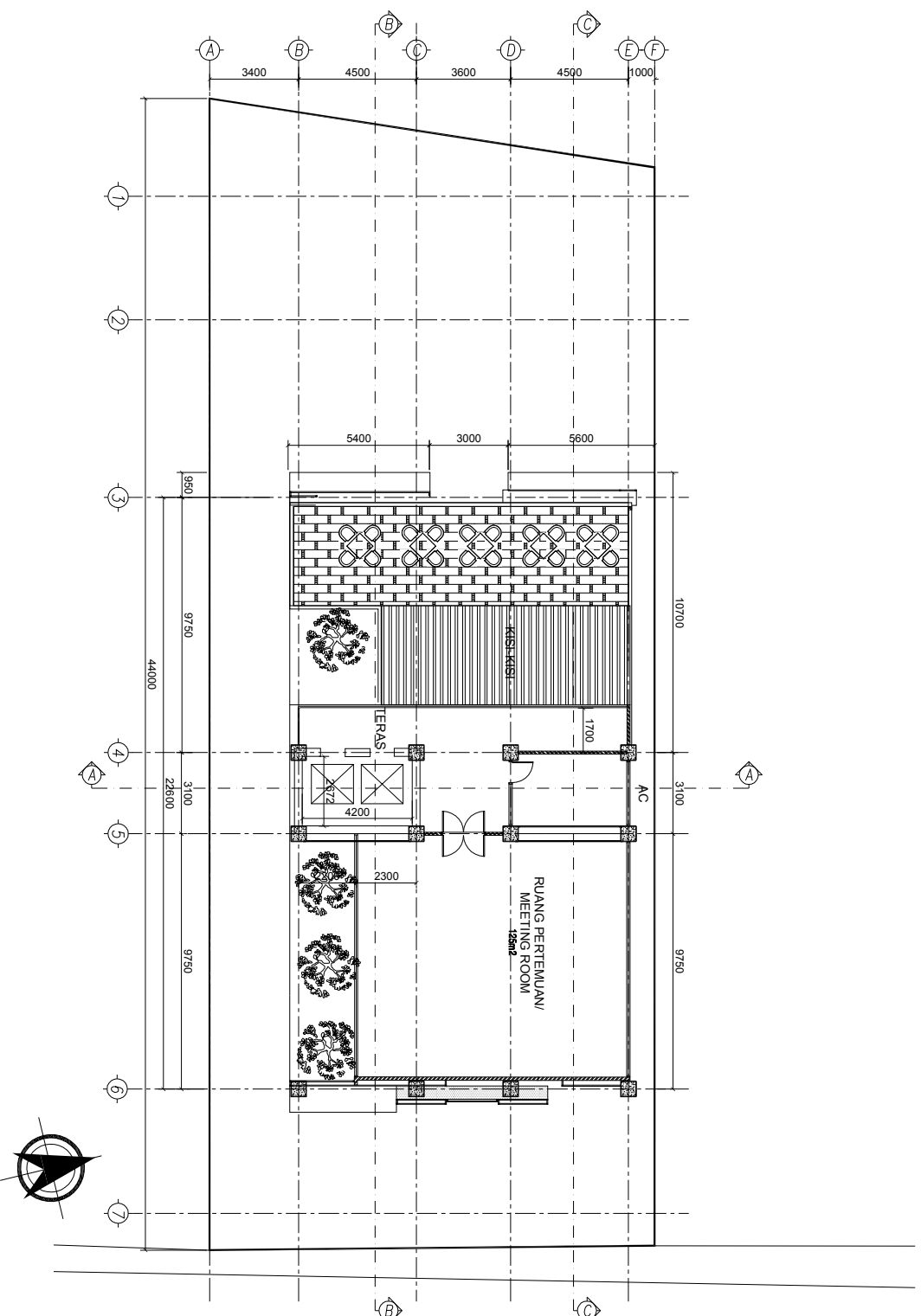
SKALA

DENAH LANTAI 14

1:250

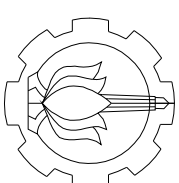
KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

AR 06 12



01 DENAH LANTAI 14
 SKALA

1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLAM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

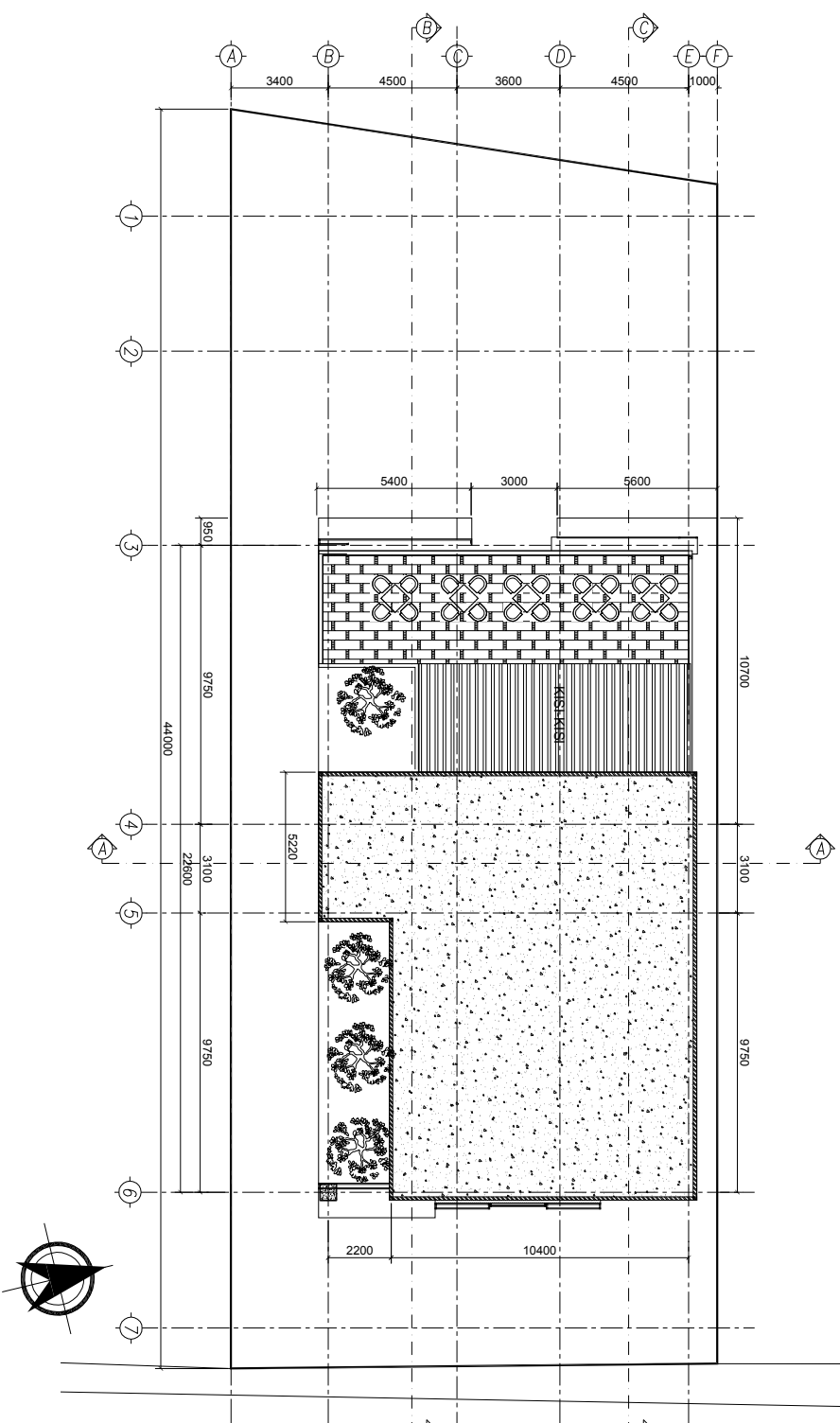
Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

SKALA

1:250



01 DENAH LANTAI ATAP

SKALA

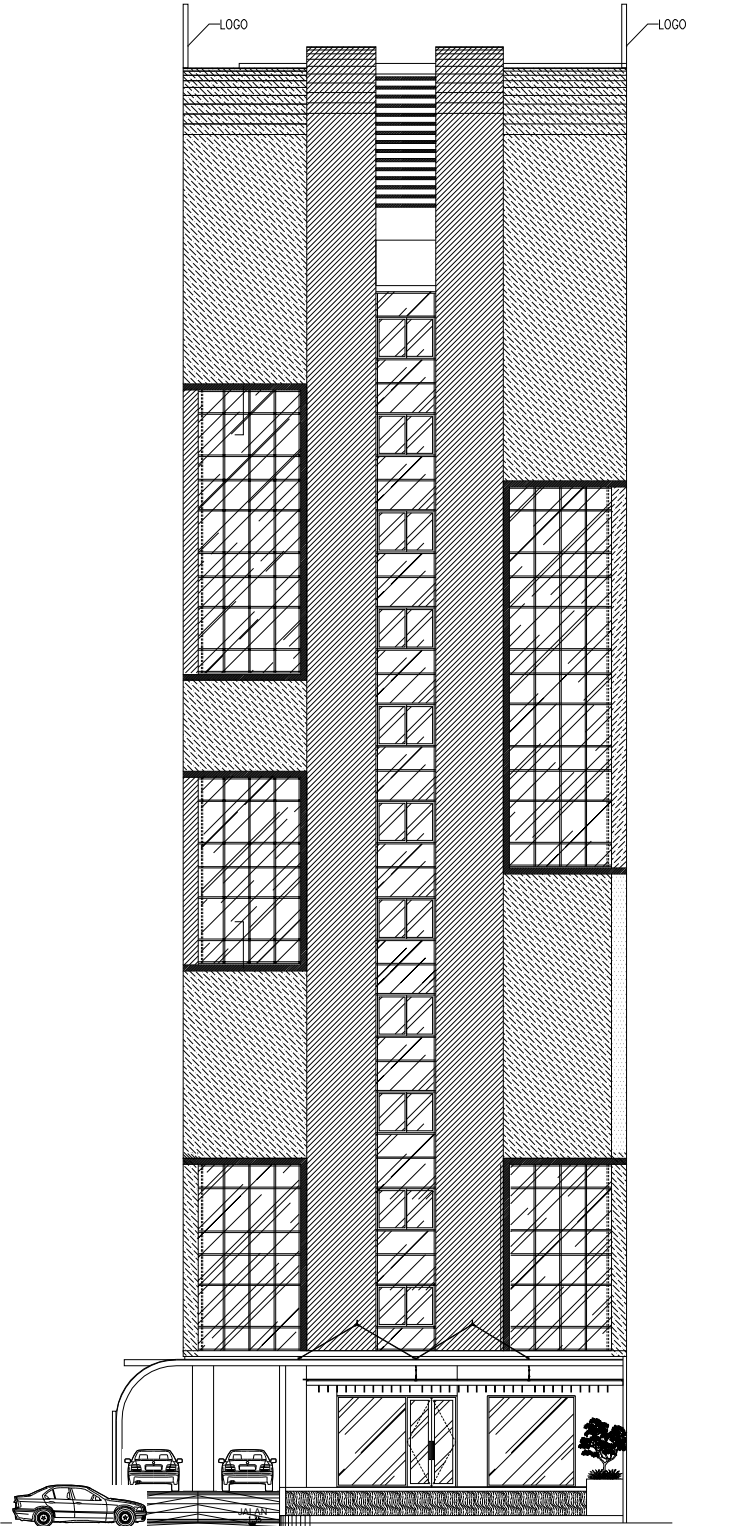
1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
AR	07	12

AR

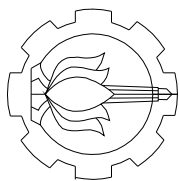
07

12



01 TAMPAK DEPAN
SKALA

1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

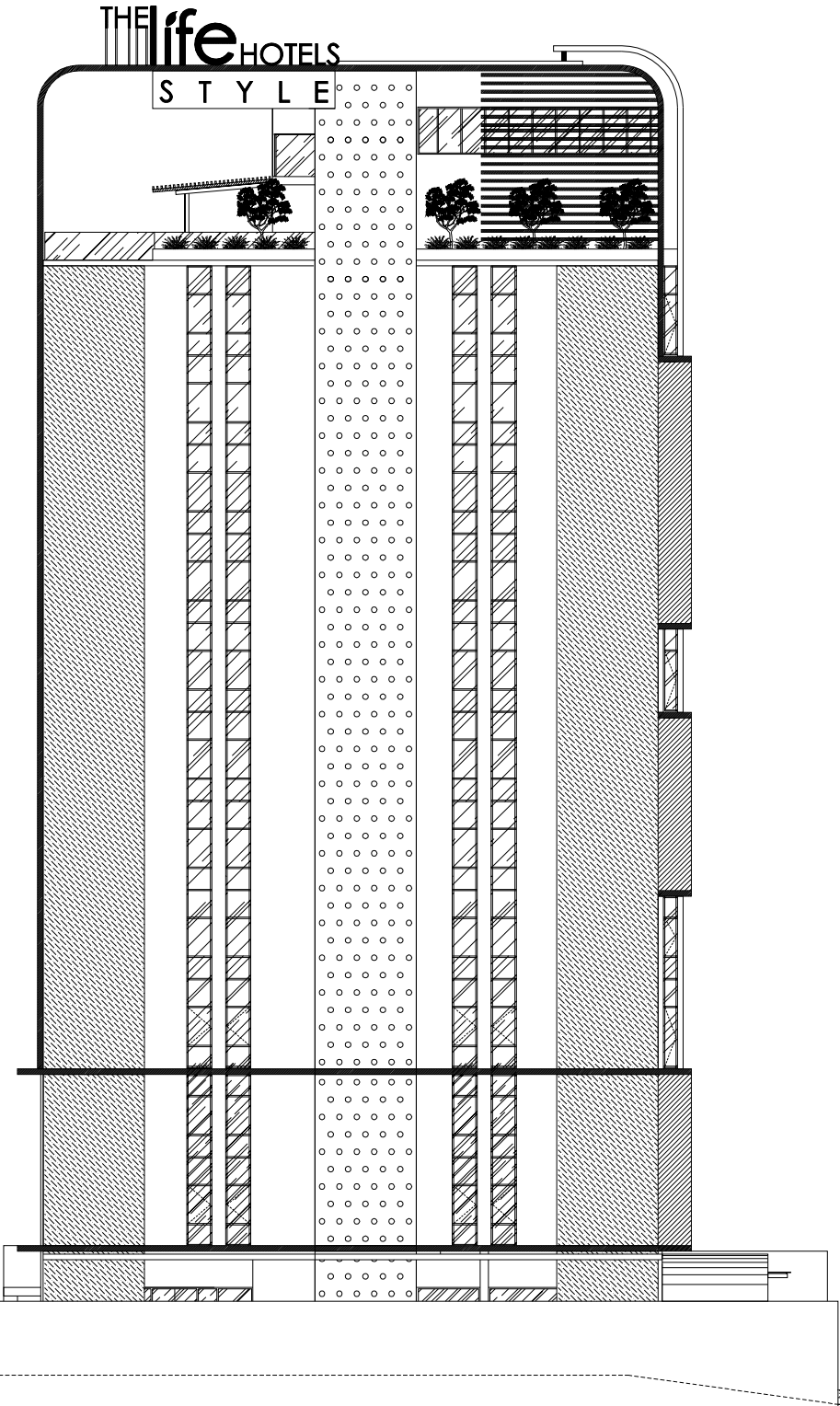
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR SKALA

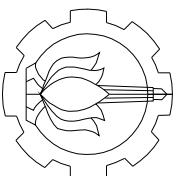
TAMPAK DEPAN 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
AR	08	12



01 TAMPAK SAMPIING
SKALA

1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGUNAKAN HEXAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOTOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

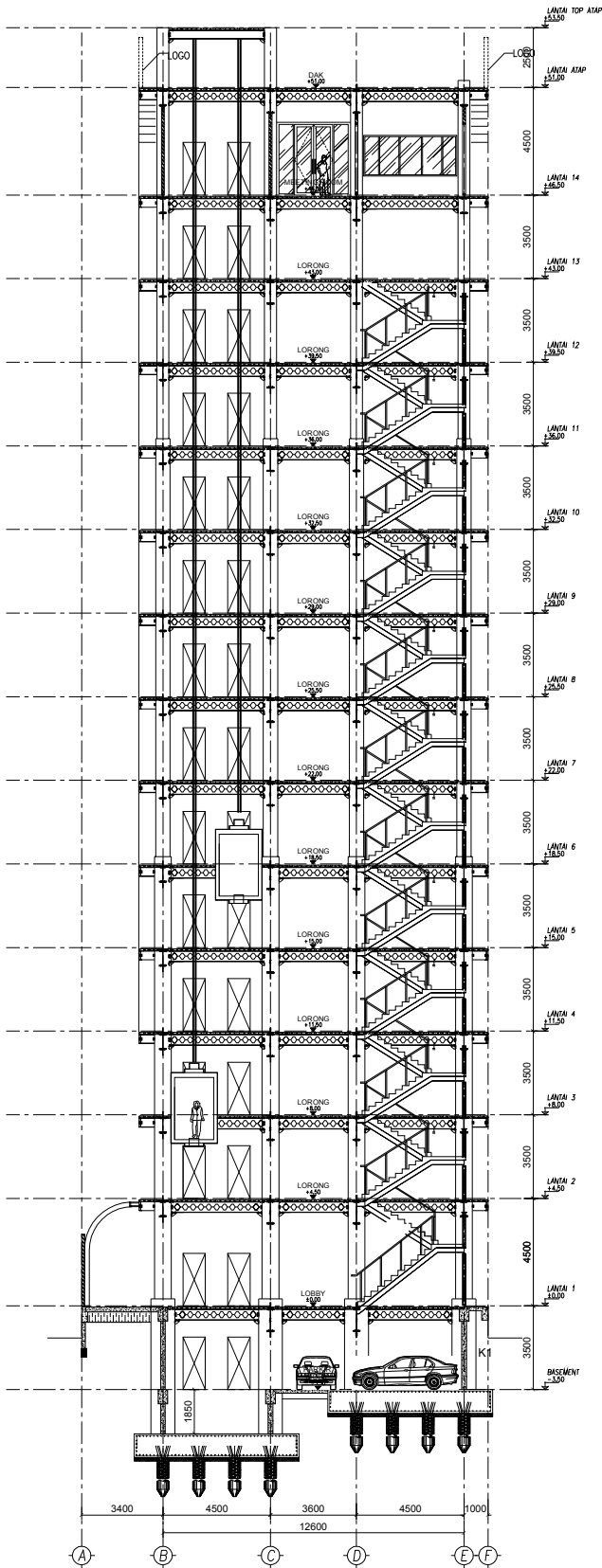
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

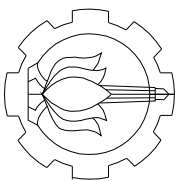
NAMA GAMBAR SKALA

TAMPAK SAMPIING 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
AR	09	12



01 POTONGAN A-A
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLAM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

SKALA

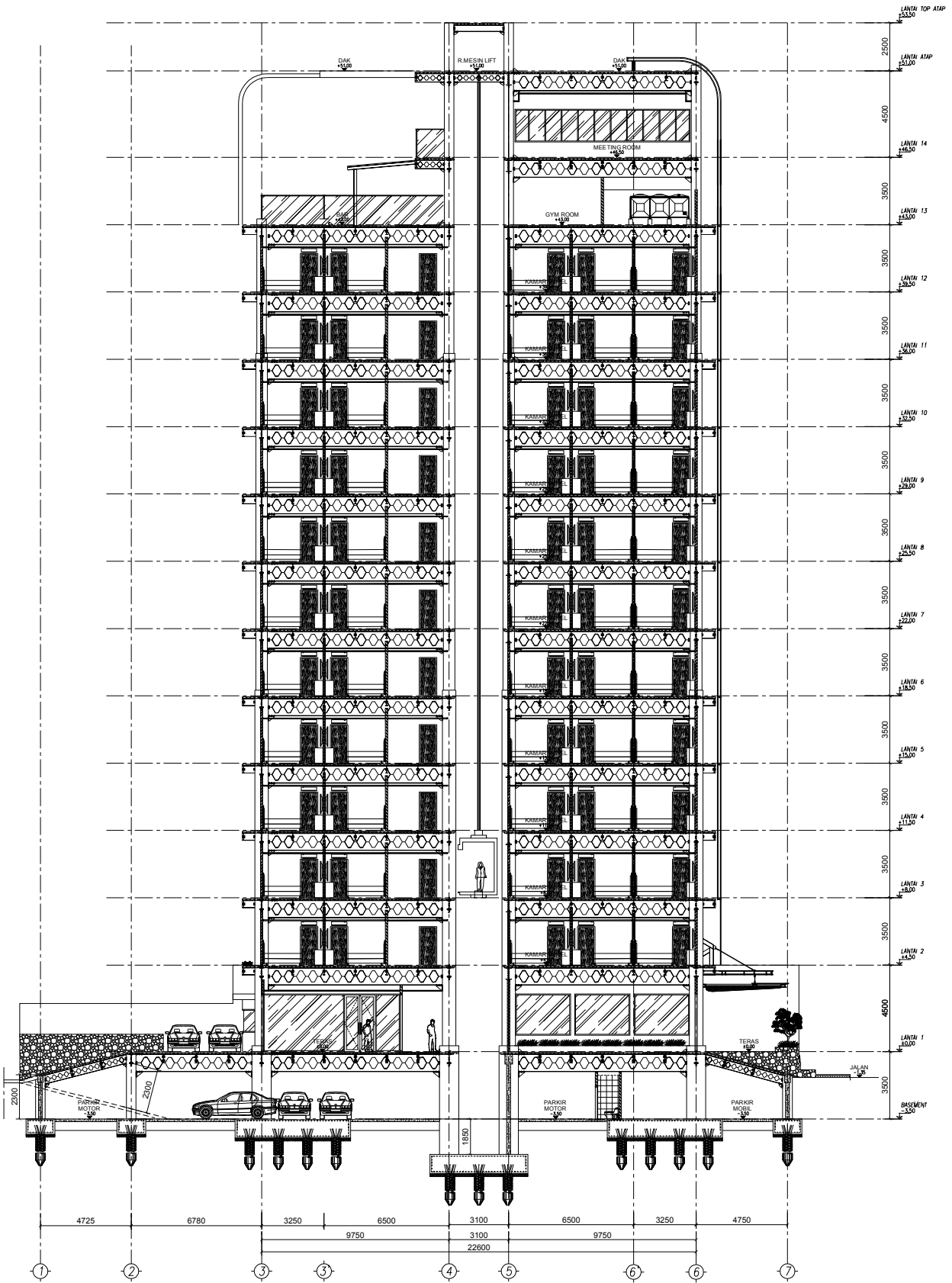
1:300

KODE GAMBAR

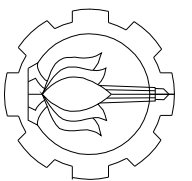
AR 10 12

NO. LEMBAR

JML LEMBAR



01 POTONGAN B-B
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

SKALA

POTONGAN BB

1:300

KODE GAMBAR

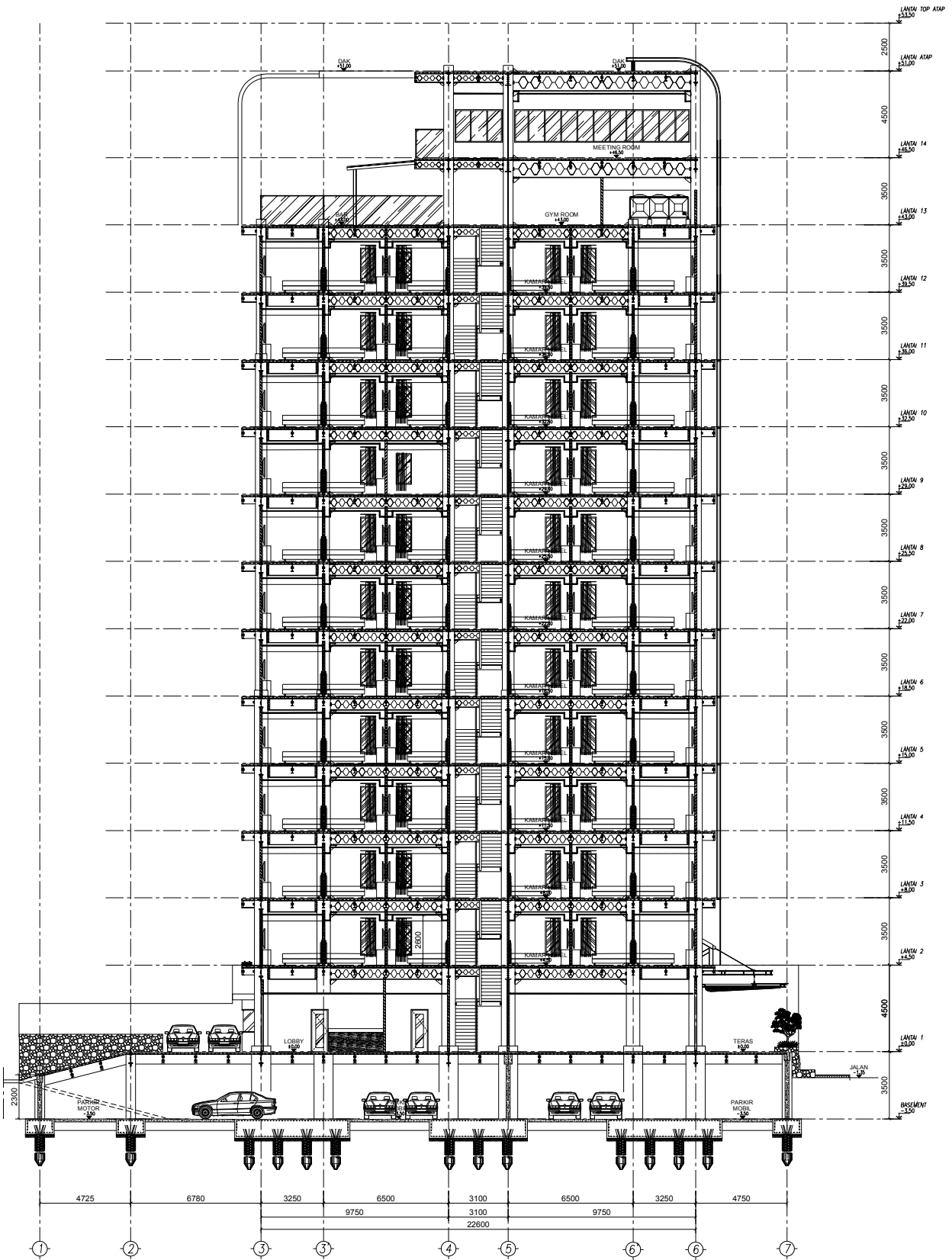
NO. LEMBR

JML LEMBAR

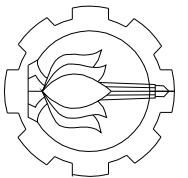
AR

11

12



01 POTONGAN C-C
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

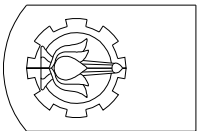
SKALA

POTONGAN C - C

1:300

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
-------------	------------	------------

AR 12 12



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

GAMBAR RENCANA

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN
HEXAGONAL CASTELLATED BEAM DAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE
FILLED STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG LIFE STYLE HOTEL
SURABAYA

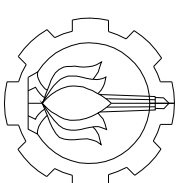
STRUKTUR

OLEH :

Iwan Adi Roliono
03111645000030

DOSEN PEMBIMBING :

Dr.Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

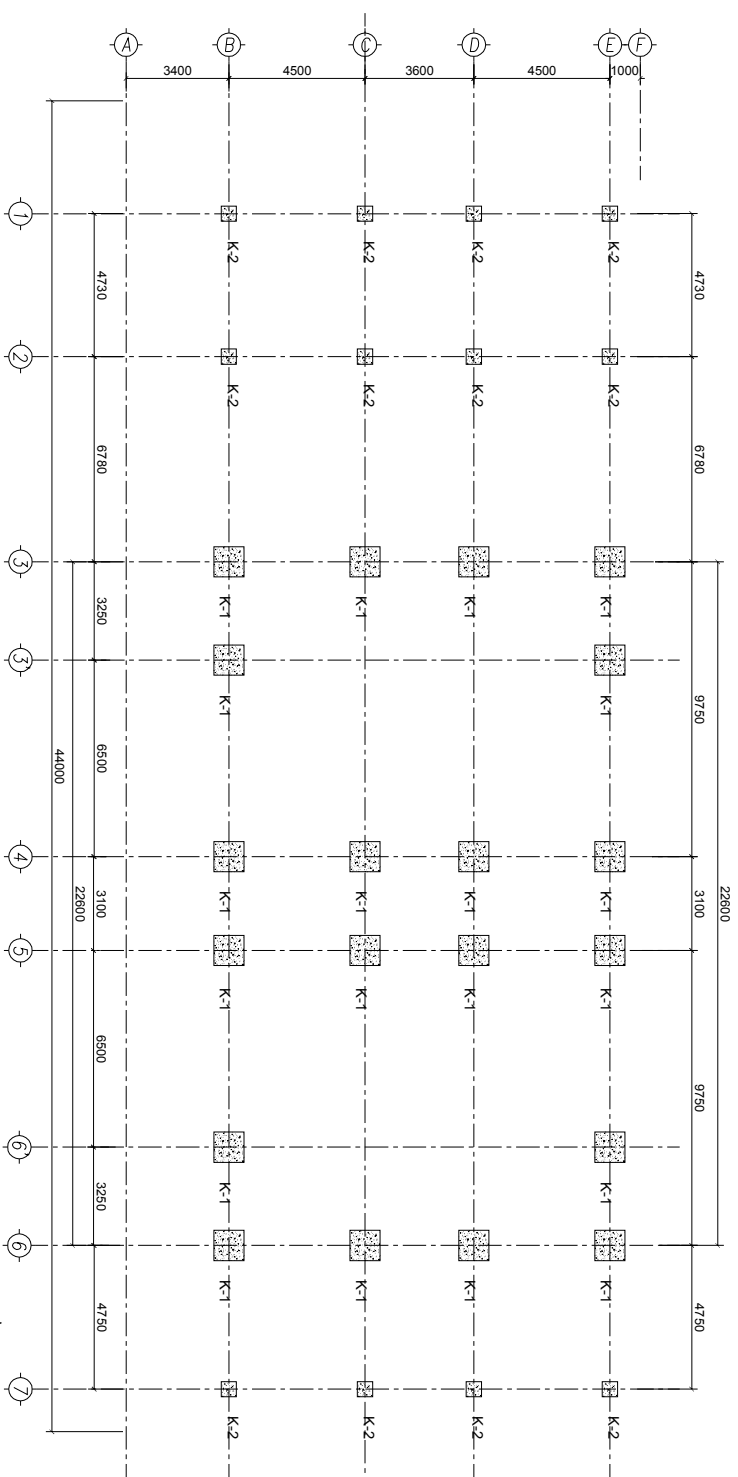
Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT. BASEMENT

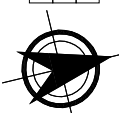
SKALA

1:250

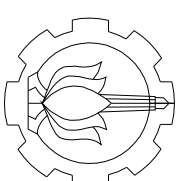


KETERANGAN:

RCFT-1	KOLOM RCFT
K-1	KOLOM BETON 100 X 100
K-2	KOLOM BETON 50 X 50



KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	01	29



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEXAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH KOLOM LT. 13 - LT.14

1:250

KODE GAMBAR

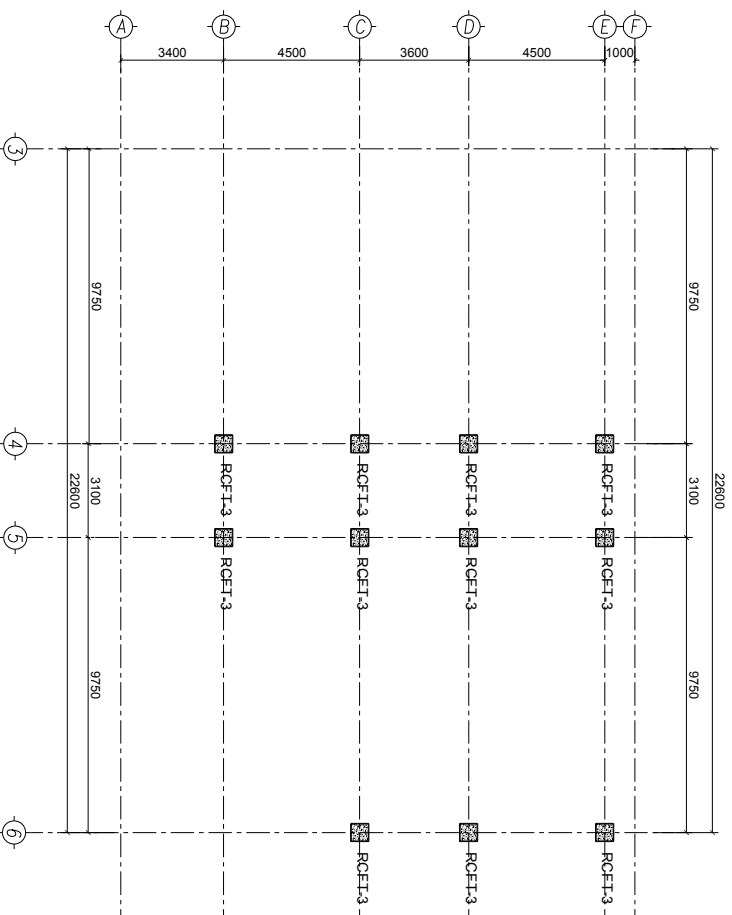
NO. LEMBR

JML LEMBAR

ST

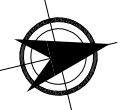
05

29



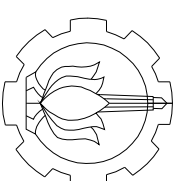
KETERANGAN:

RCFT-1	CFT 700,700,22
RCFT-2	CFT 600,600,22
RCFT-3	CFT 500,500,22



01 DENAH KOLOM LT. 13 - LT 14
SKALA

1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLAM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

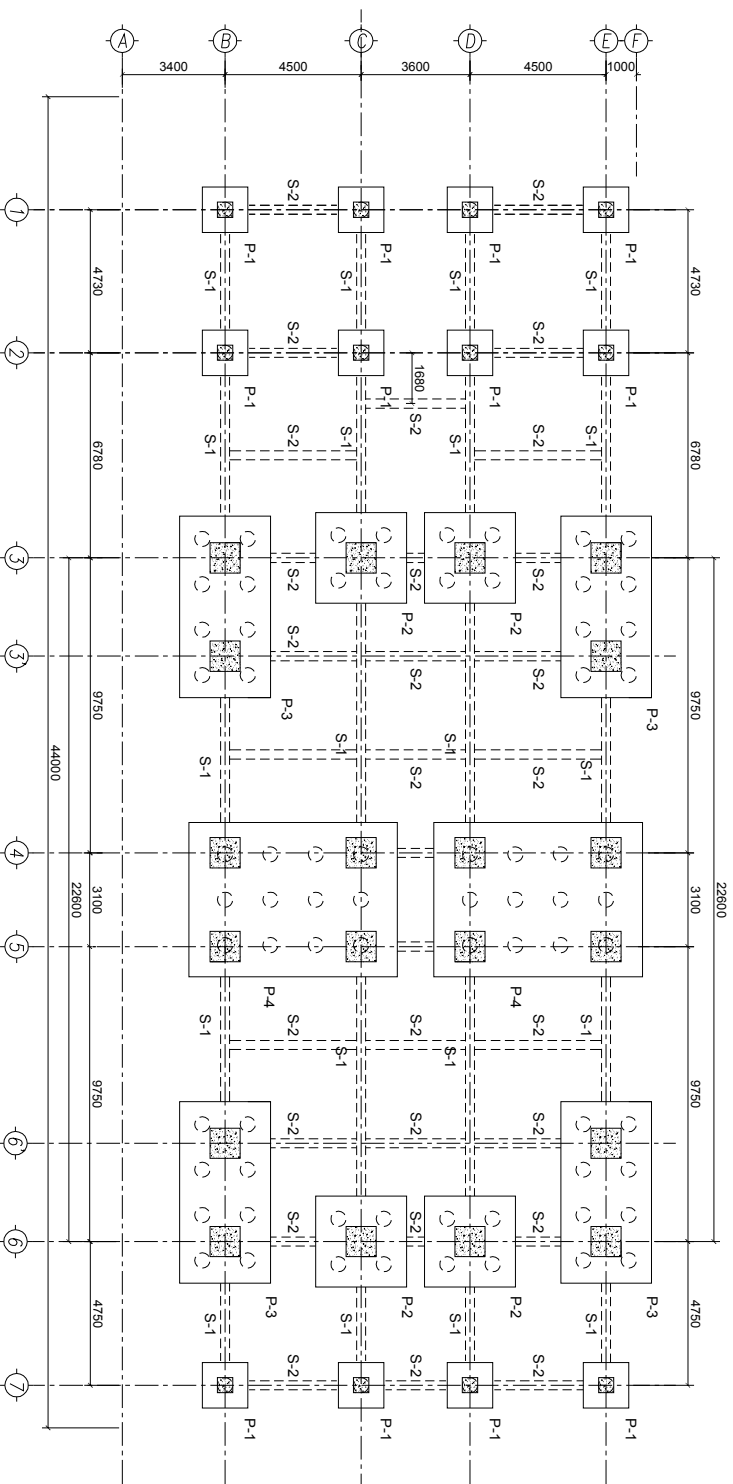
NAMA GAMBAR

SKALA

1:250

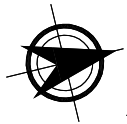
DENAH PONDASI DAN SLOOF

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	06	29

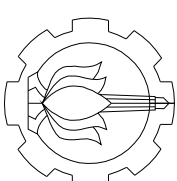


KETERANGAN :

P-1	PILECAP-1
P-2	PILECAP-2
P-3	PILECAP-3
P-4	PILECAP-4
S-1	SLOOF 40X60
S-2	SLOOF 30X40



01 DENAH PONDASI DAN SLOOF
 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

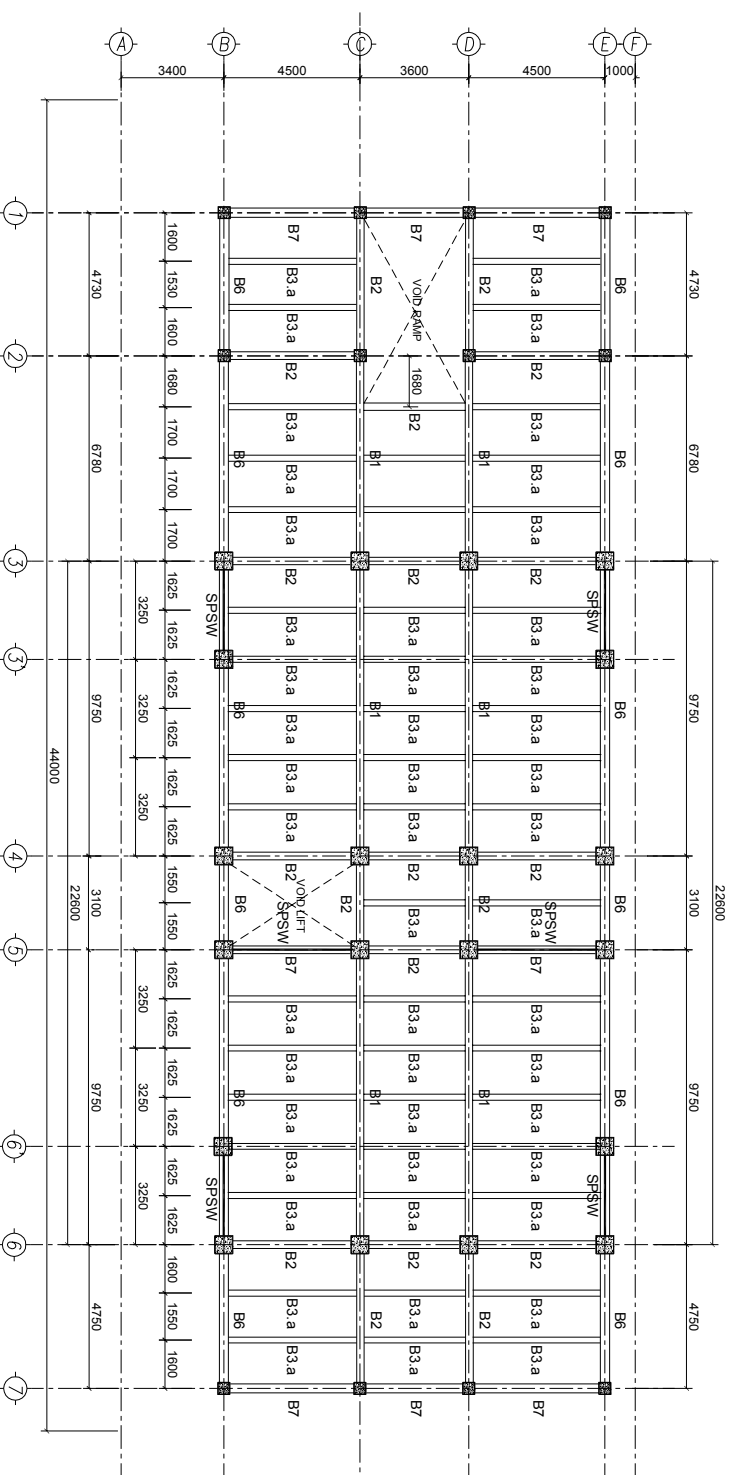
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR SKALA

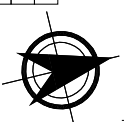
DENAH BALOK LT.1 1:250

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	07	29



KETERANGAN :

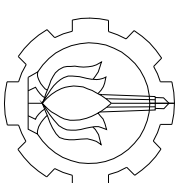
B1	HCB 900.300.12.17
B2	HCB 450.200.8.12
B3.a	HCB 450.150.6.5.9
B6	BALOK BETON 40X60
B7	BALOK BETON 30X40
SPSW	SPSW tebal 6mm



01 DENAH BALOK LT.1

SKALA

1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLAM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

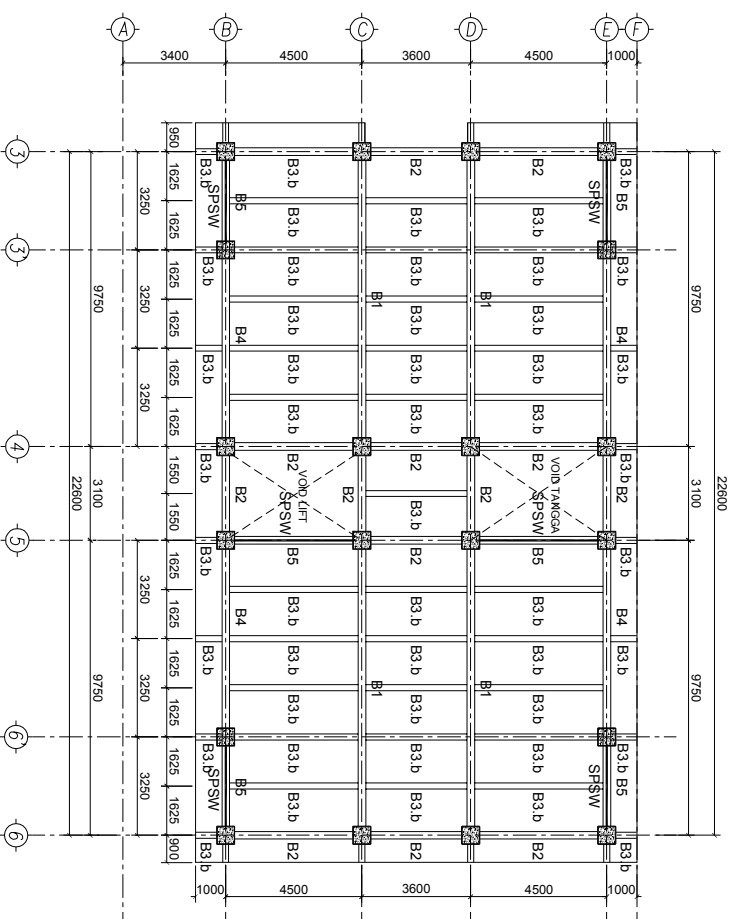
Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH BALOK LT.2 - LT. 12 1:250

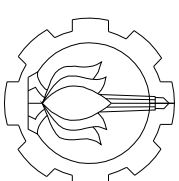
KODE GAMBAR NO. LMBR JML LEMBAR

ST 08 29



KETERANGAN:

B1	HCB 900.300.12.17
B2	HCB 450.200.8.12
B3.b	HCB 375.125.6.9
B4	HCB 600.300.9.14
B5	WF 600.300.12.17
SPSW	SPSW tebal 6mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

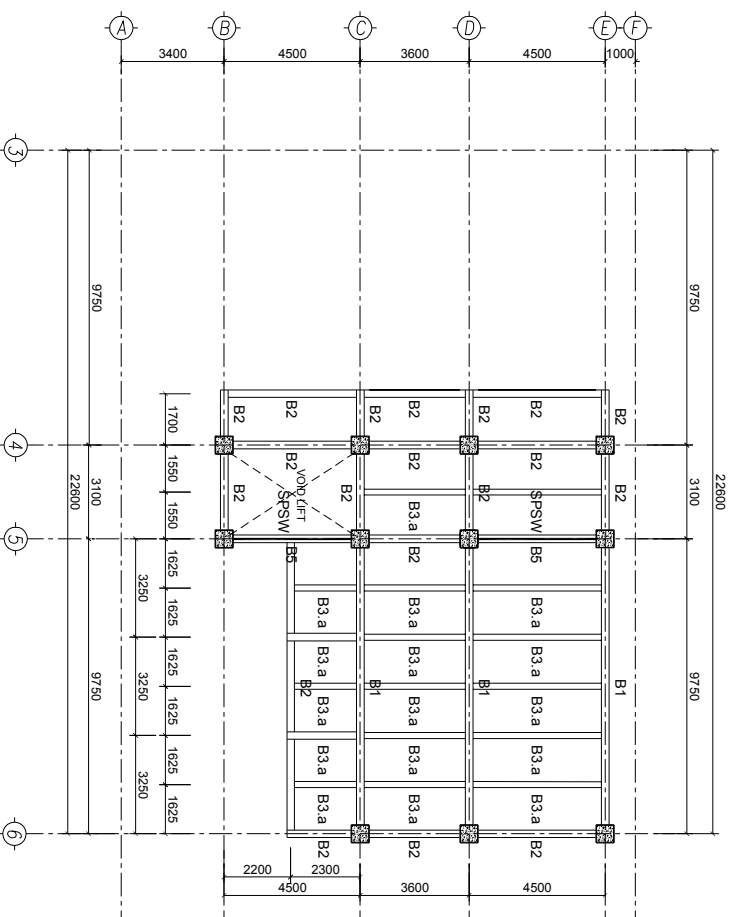
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Rollono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

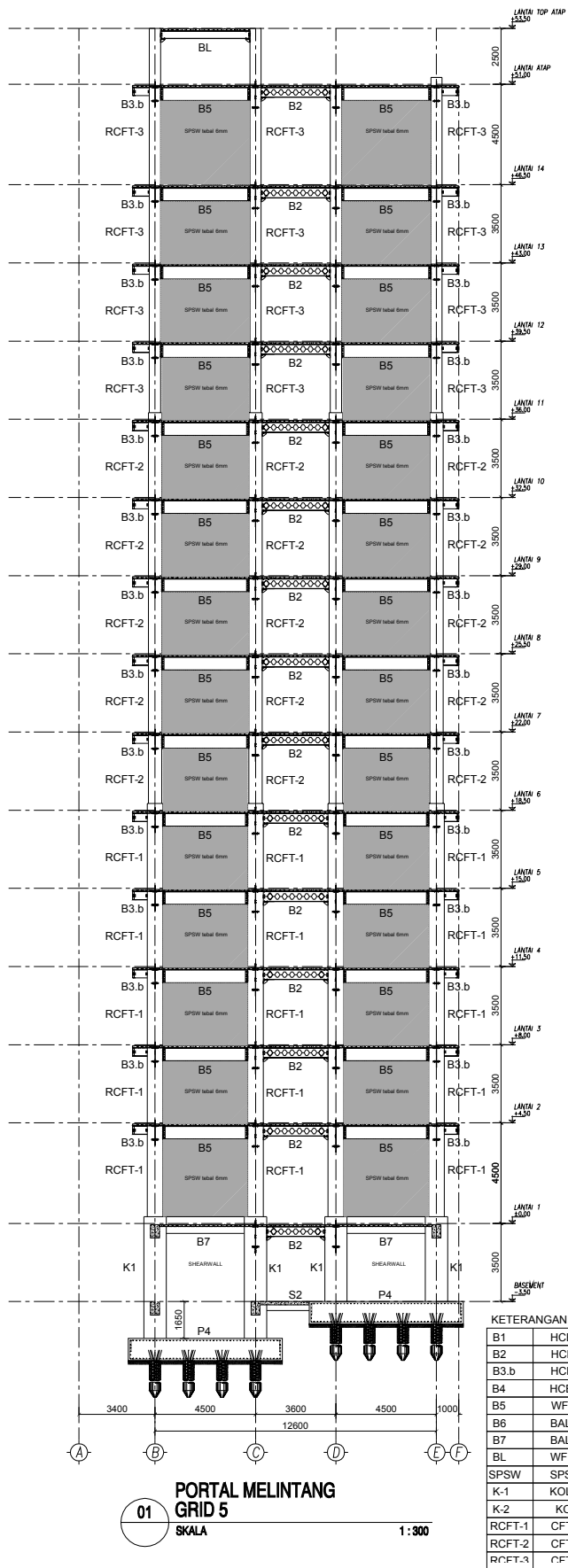
SKALA
 DENAH BALOK LT.13 - LT.14 1:250



KETERANGAN :

B1	HCB 900.300.12.17
B2	HCB 450.200.8.12
B3.a	HCB 450.150.8.5.9
B4	HCB 600.300.9.14
B5	WF 600.300.12.17
SPSW	SPSW tebal 6mm

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
ST	09	29

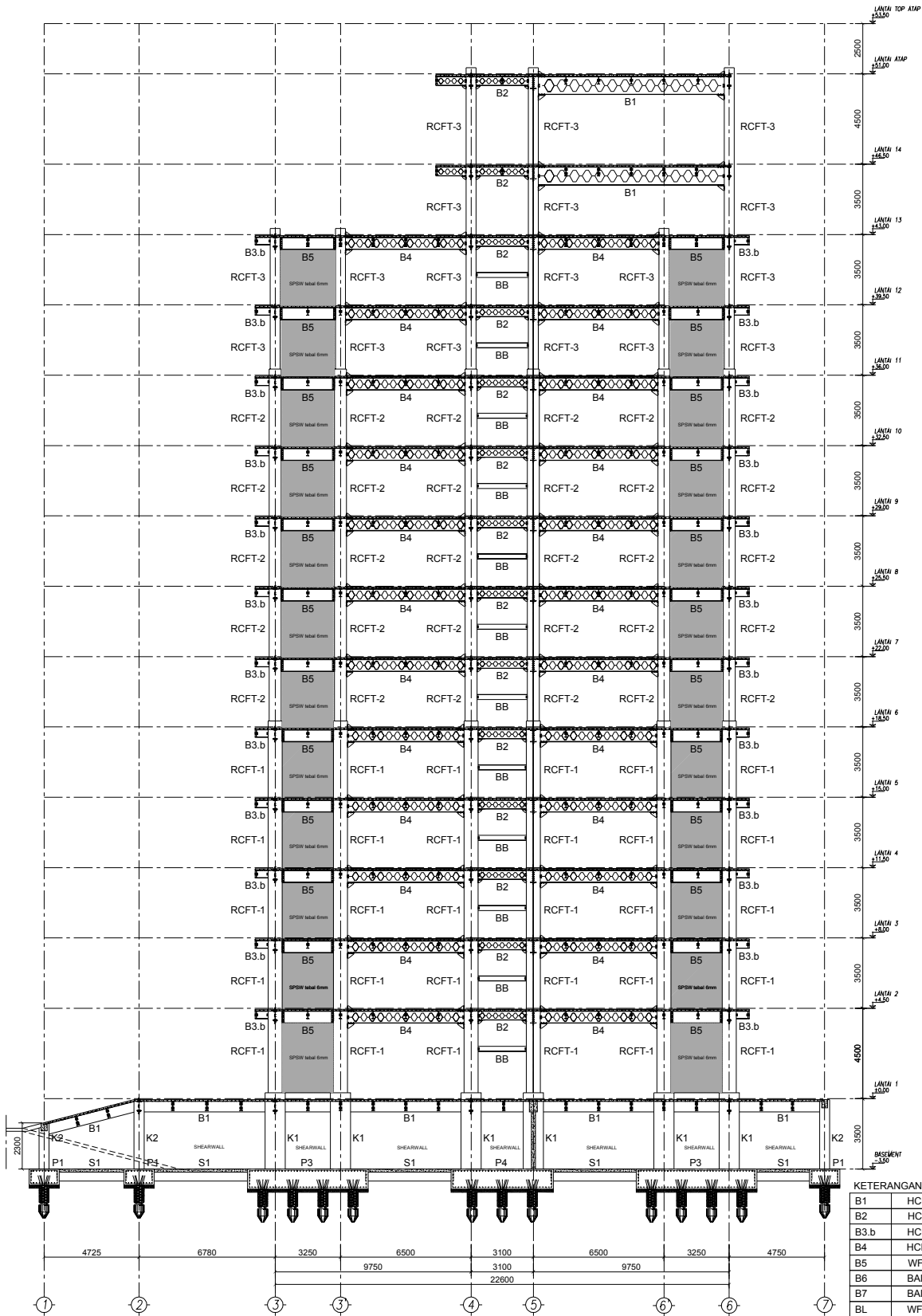


01 PORTAL MELINTANG GRID 5
SKALA 1:300

KETERANGAN :

B1	HCB 900.300.12.17
B2	HCB 450.200.8.12
B3.b	HCB 375.125.6.9
B4	HCB 600.300.9.14
B5	WF 600.300.12.17
B6	BALOK BETON 40X60
B7	BALOK BETON 30X40
BL	WF 350.200.8.12
SPSW	SPSW tebal 6mm
K-1	KOLOM BETON 100 X 100
K-2	KOLOM BETON 50 X 50
RCFT-1	CFT 700.700.22
RCFT-2	CFT 600.600.22
RCFT-3	CFT 500.500.22

KETERANGAN		
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL		
KETERANGAN		
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN HEKAGONAL CASTELATED BEAM DAN KOLAM REKTANGULAR CONCRETE FILLLED STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG LIFE STYLE HOTEL SURABAYA		
FUNGSI BANGUNAN		
HOTEL		
DOSEN PEMBIMBING		
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. NIP. 195902131987011001		
NAMA MAHASISWA		
Iwan Adi Roliono 03111645000030		
NAMA GAMBAR		
PORTAL ARAH MELINTANG		
SKALA		
1:300		
KODE GAMBAR		
NO. LEMBAR		
JML. LEMBAR		
ST		
11		
29		

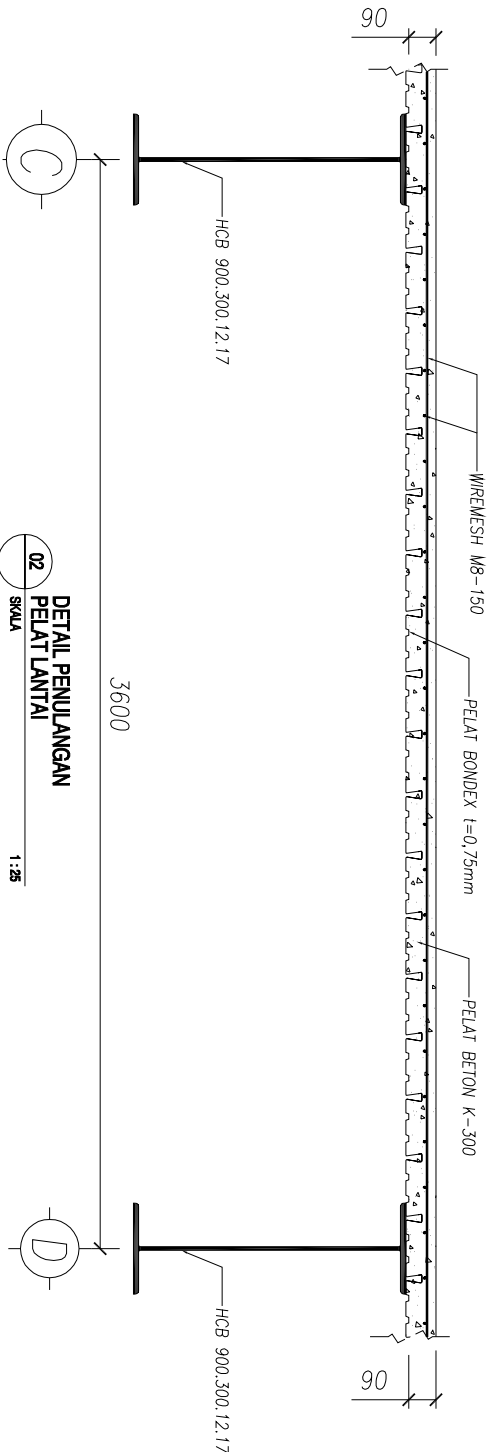


01 PORTAL MEMANJANG ASE
SKALA 1:300

KETERANGAN :

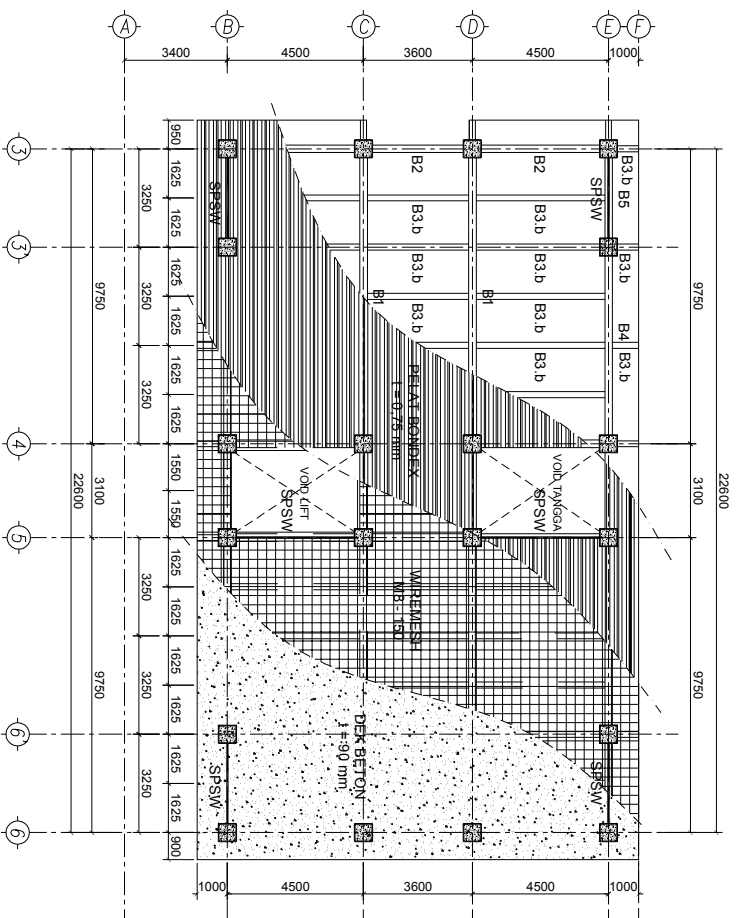
B1	HCB 900.300.12.17
B2	HCB 450.200.8.12
B3.b	HCB 375.125.6.9
B4	HCB 600.300.9.14
B5	WF 600.300.12.17
B6	BALOK BETON 40X60
B7	BALOK BETON 30X40
BL	WF 350.200.8.12
SPSW	SPSW tebal 6mm
K-1	KOLOM BETON 100 X 100
K-2	KOLOM BETON 50 X 50
RCFT-1	CFT 700.700.22
RCFT-2	CFT 600.600.22
RCFT-3	CFT 500.500.22

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	12	29
<p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</p>		
<p>KETERANGAN</p>		
<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p>		
<p>DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG BAJA DENGAN MENGGUNAKAN HEKAGONAL CASTELATED BEAM DAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG LIFE STYLE HOTEL SURABAYA</p>		
<p>FUNGSI BANGUNAN</p>		
<p>HOTEL</p>		
<p>DOSEN PEMBIMBING</p>		
<p>Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. NIP. 195902131987011001</p>		
<p>NAMA MAHASISWA</p>		
<p>Iwan Adi Roliono 03111645000030</p>		
<p>NAMA GAMBAR</p>		
<p>SKALA</p>		
<p>PORTAL ARAH MEMANJANG</p>		
<p>1:300</p>		



02
SKALA
DETAIL PENULANGAN
PELAT LANTAI

1:25

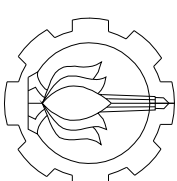


01
SKALA
DENAH PELAT LANTAI

1:250

KETERANGAN :

B1	HCB 900.300.12.17
B2	HCB 450.200.8.12
B3.b	HCB 375.125.6.9
B4	HCB 600.300.9.14
B5	WF 600.300.12.17
SPSW	SPSW tebal 6mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLAM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

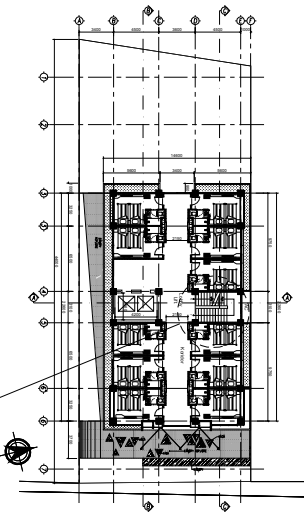
NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI
DETAIL PENULANGAN PELAT
LANTAI

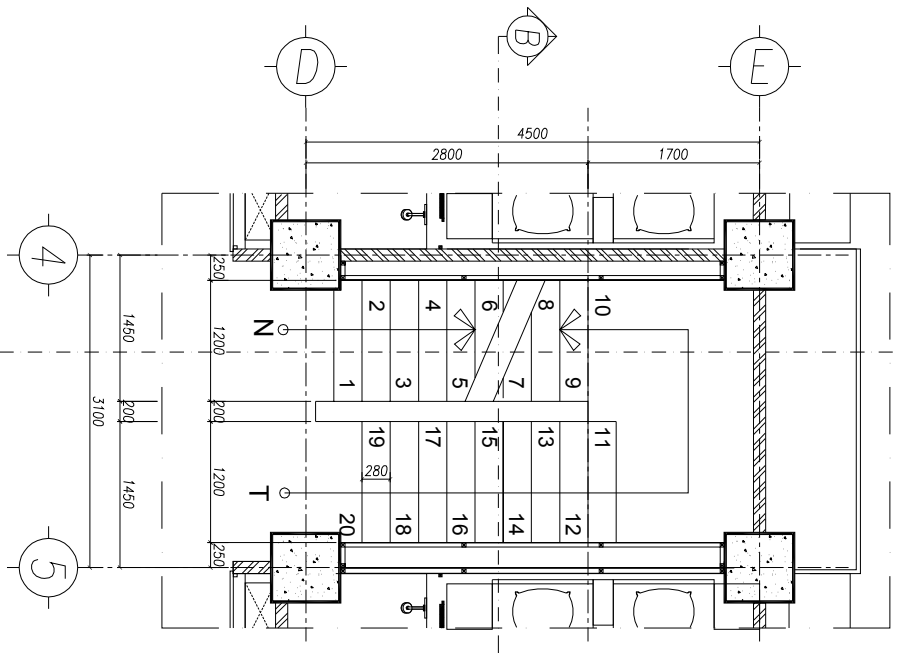
SKALA
1:250
1:25

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
-------------	------------	------------

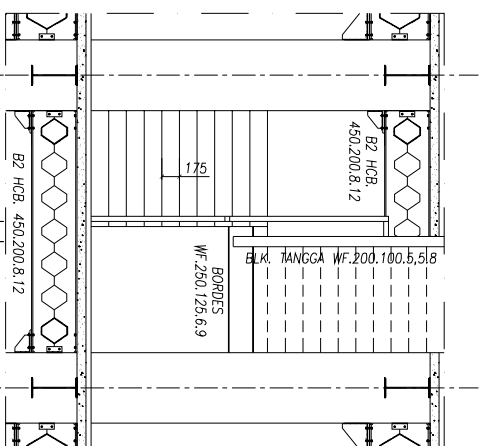
ST 13 29



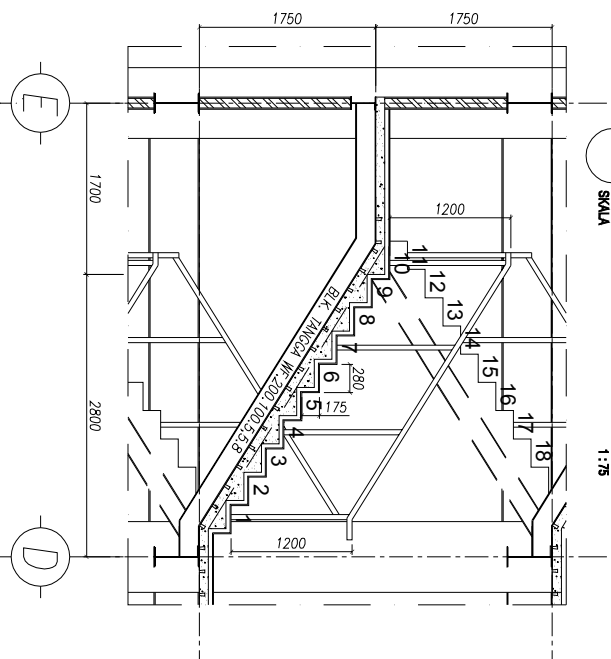
DETAIL
TANGGA



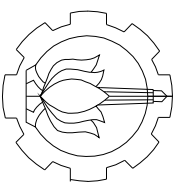
01 DENAH TANGGA
SKALA 1:75



03 POTONGAN B-B
SKALA 1:75



02 POTONGAN A-A
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJAJ DENGAN
MENGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELLATED BEAM DAN KOLM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

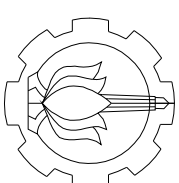
Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

DENAH TANGGA
POTONGAN A-A
POTONGAN B-B

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

ST 14 29



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

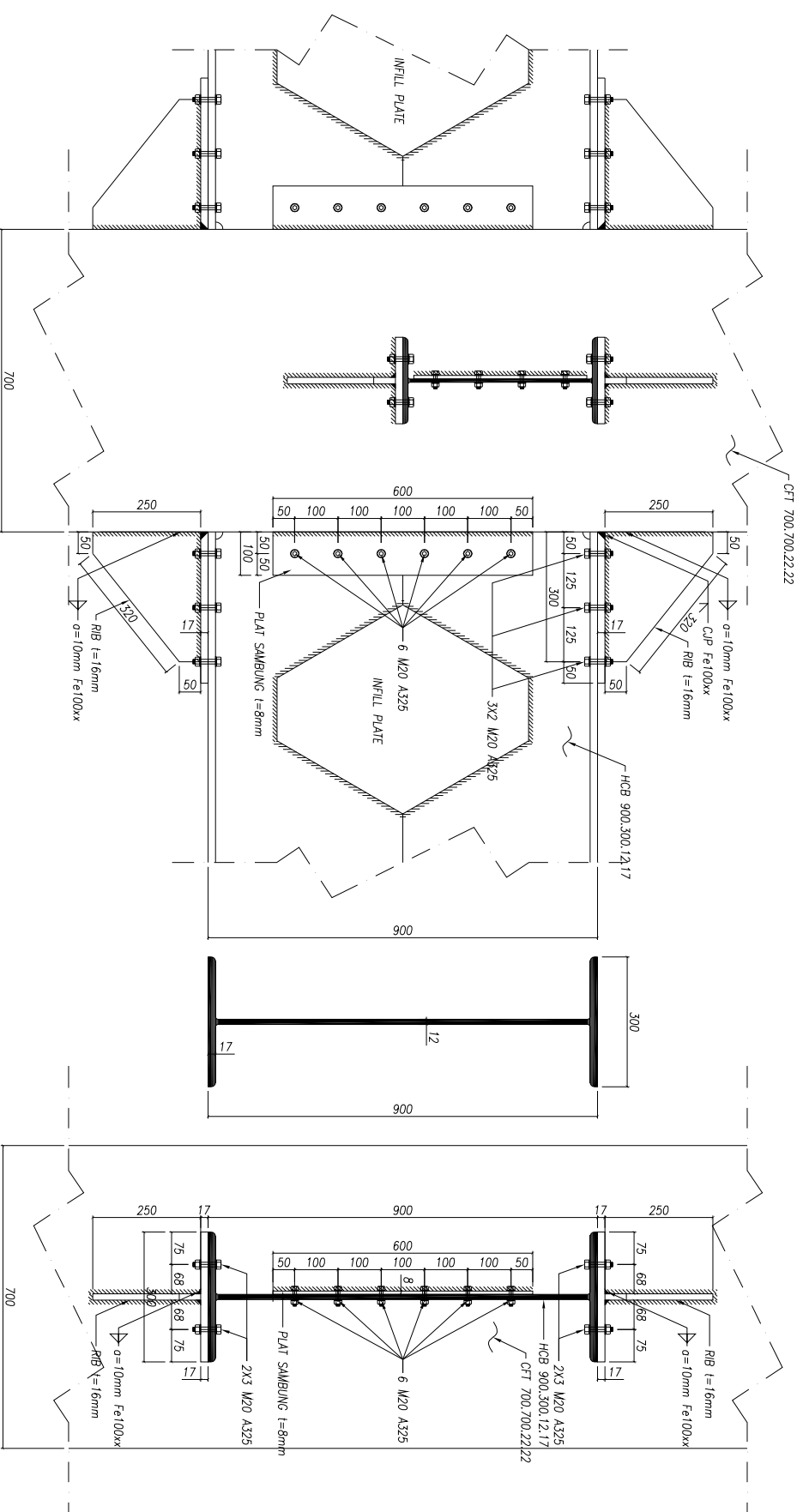
Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR

DETAIL A
 SAMBUNGAN BLK INDUK-KOLOM

SKALA

1:15

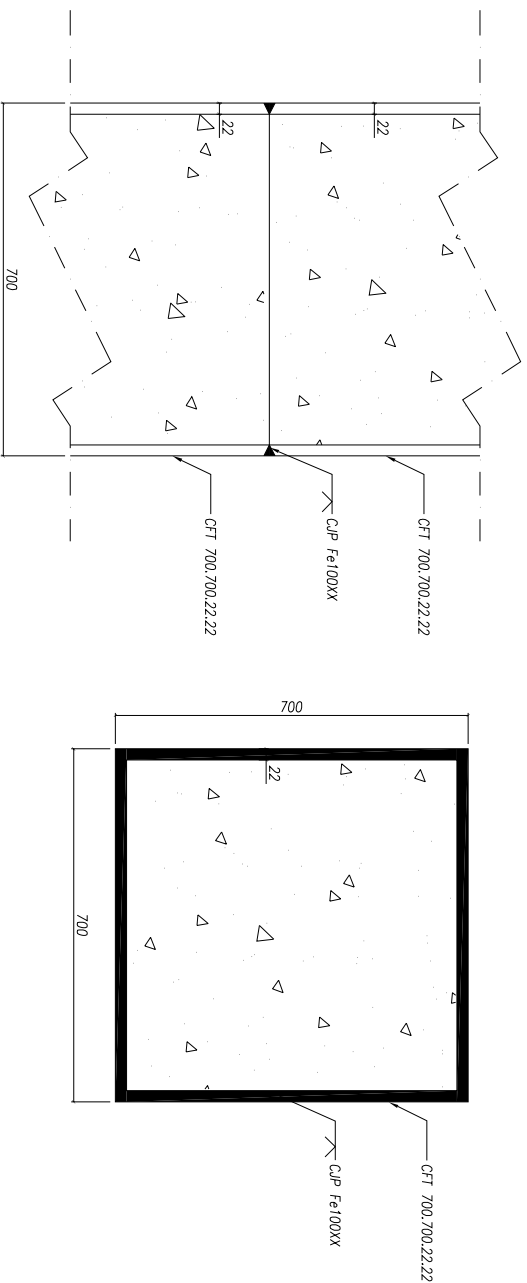


DETAIL C
SAMBUNGAN BLK INDUK-KOLOM

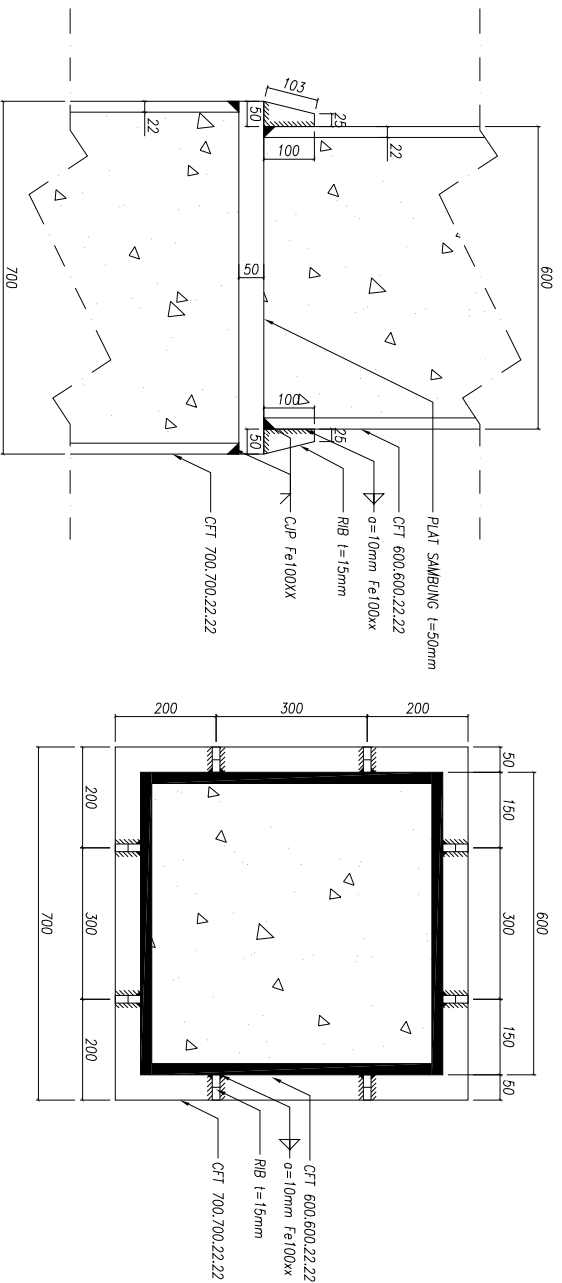
01
 SKALA

1:15

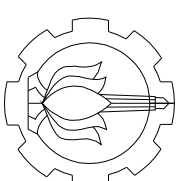
KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	18	29



02 **DETAIL E**
SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
SKALA 1:15



01 **DETAIL D**
SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
SKALA 1:15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

DETAIL D
SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
BEDA DIMENSI
DETAIL E
SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
SAMA DIMENSI

SKALA

1:15
1:15

KODE GAMBAR

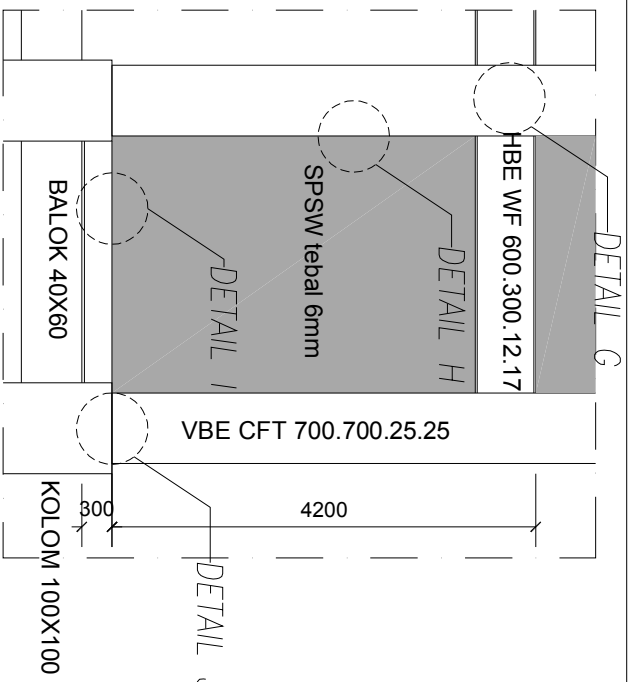
ST 19 29

NO. LEMBAR

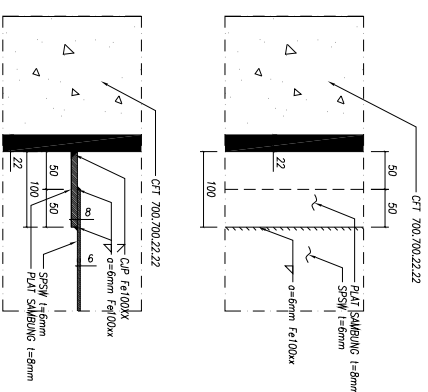
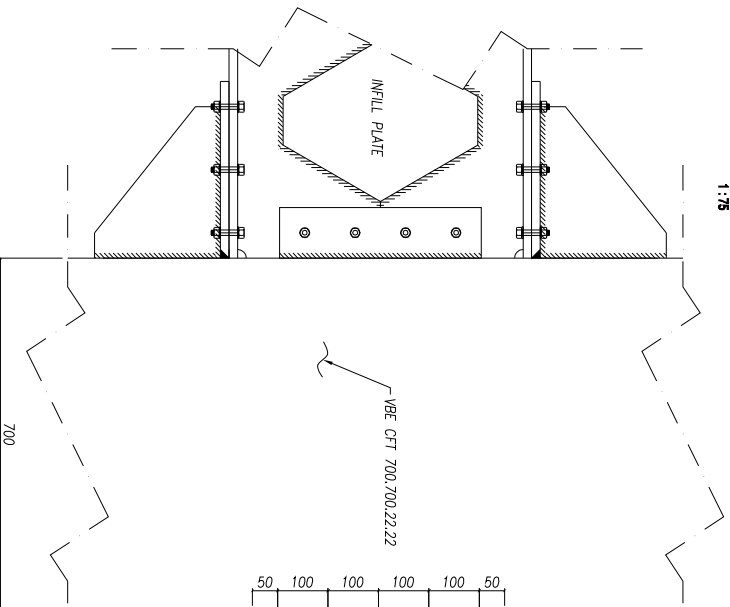
19

JML LEMBAR

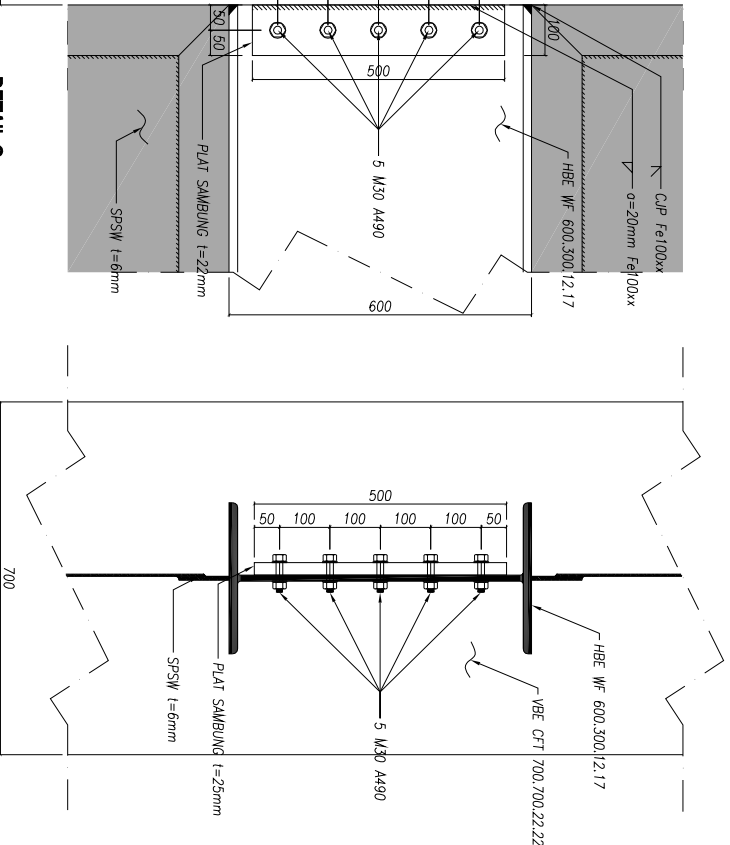
29



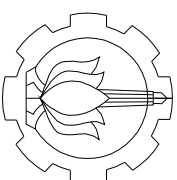
01
DETAIL F
PORTAL PADA SPSW-HBE/VBE
SKALA 1:75



03
DETAIL H
SAMBUNGAN PELAT SPSW - HBE / VBE
SKALA 1:10



02
DETAIL G
SAMBUNGAN HBE - VBE
SKALA 1:15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELULATED BEAM DAN KOLAM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

DETAIL F
PORTAL SPSW - HBE/VBE
DETAIL G
SAMBUNGAN HBE - VBE
DETAIL H
SAMBUNGAN SPSW - HBE/VBE

SKALA

1:75
1:15
1:10

KODE GAMBAR

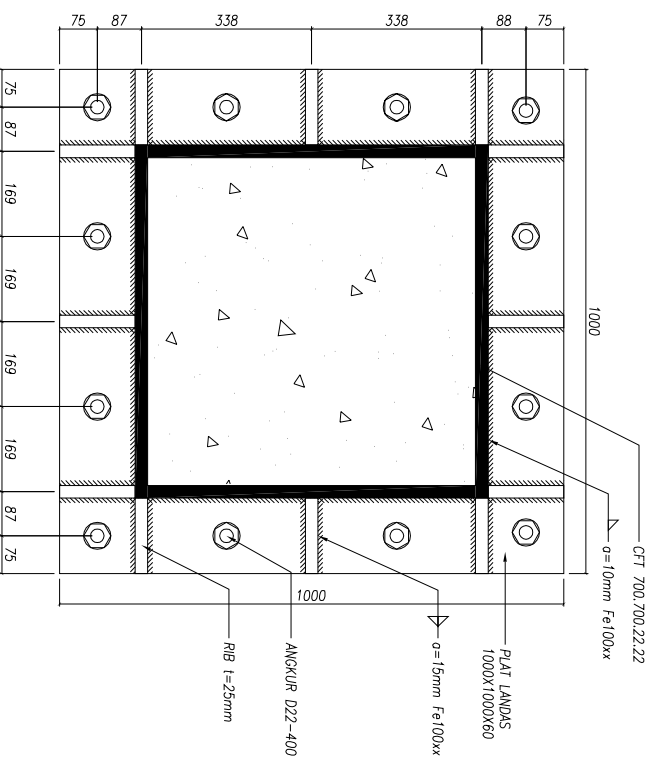
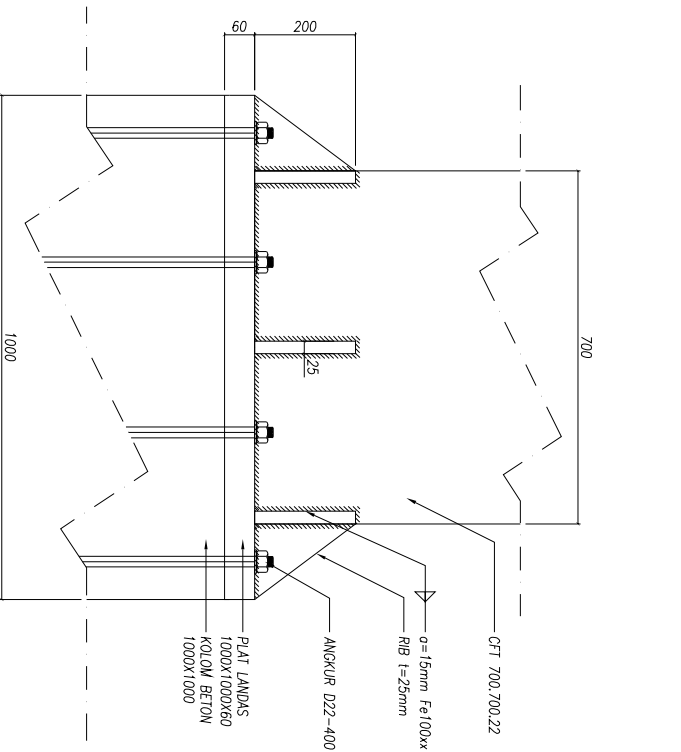
ST

NO. LEMBR

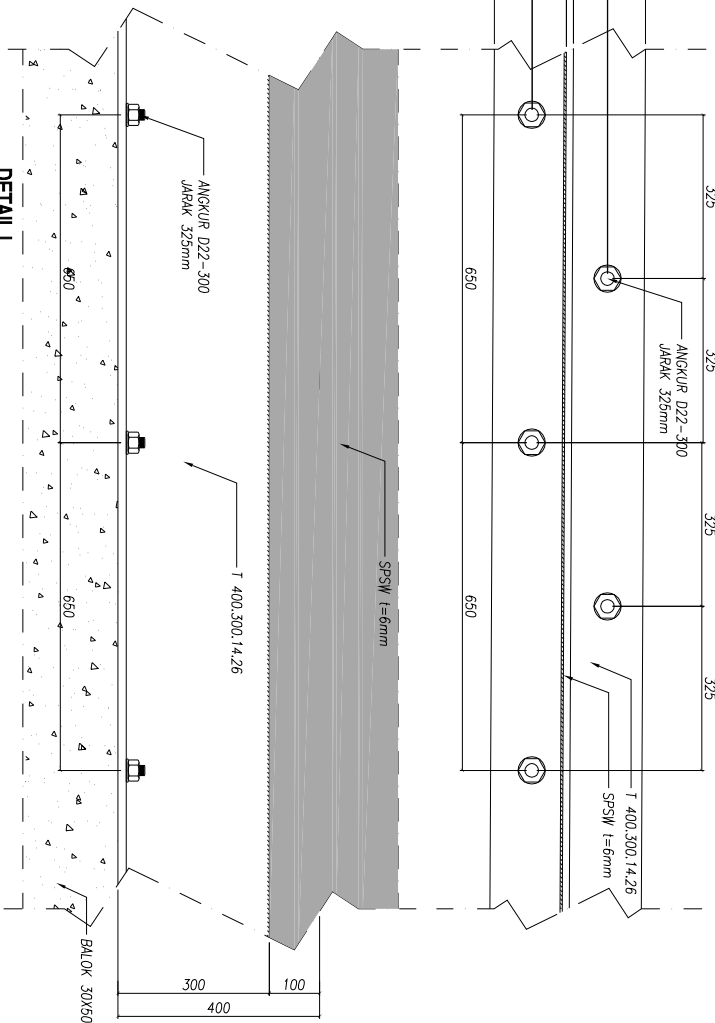
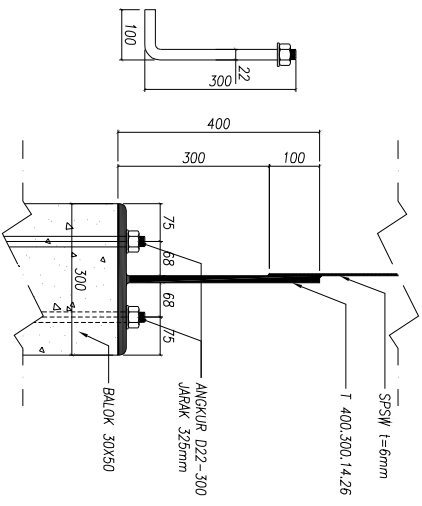
20

JML LEMBAR

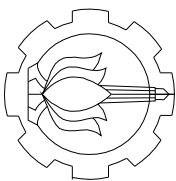
29



02
DETAIL J
SAMBUNGAN BASEPLATE
SKALA 1:15



01
DETAIL I
SAMBUNGAN SPSW - BALOK BETON
SKALA 1:15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLON
RECTANGULAR CONCRETE FILLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

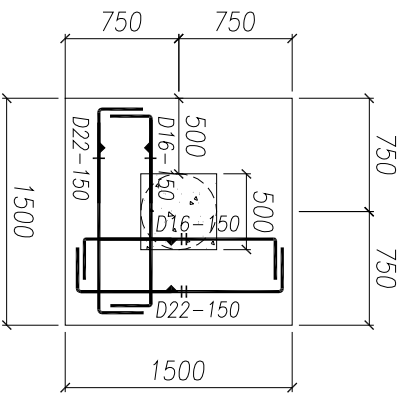
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

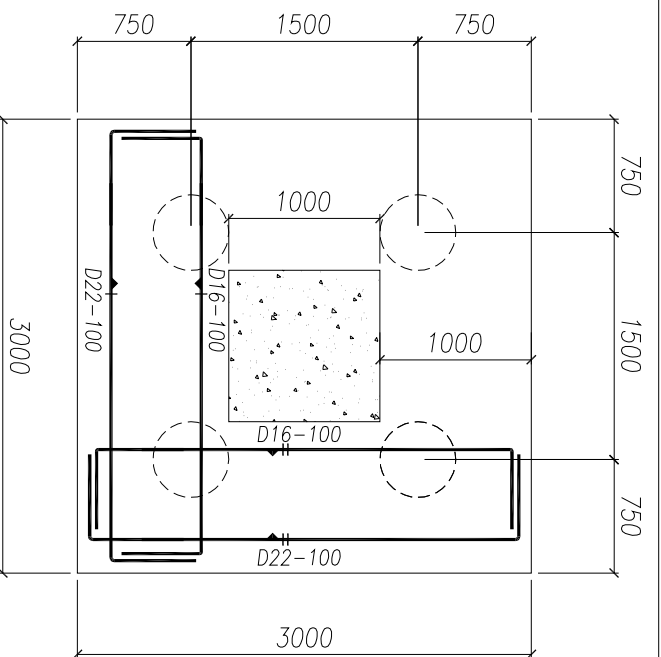
NAMA GAMBAR

DETAIL I
SAMBUNGAN SPSW - BALOK BETON
DETAIL J
SAMBUNGAN BASEPLATE

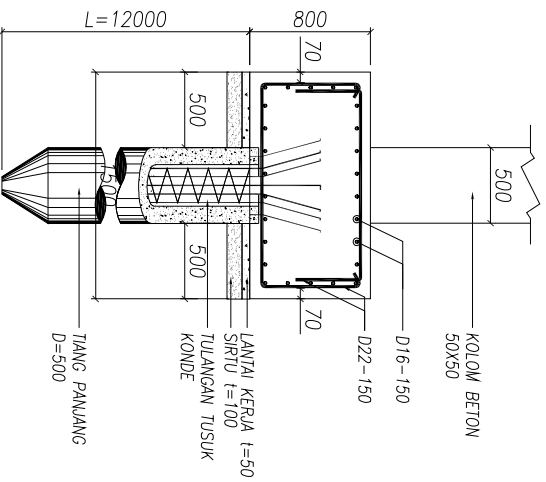
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
ST	21	29



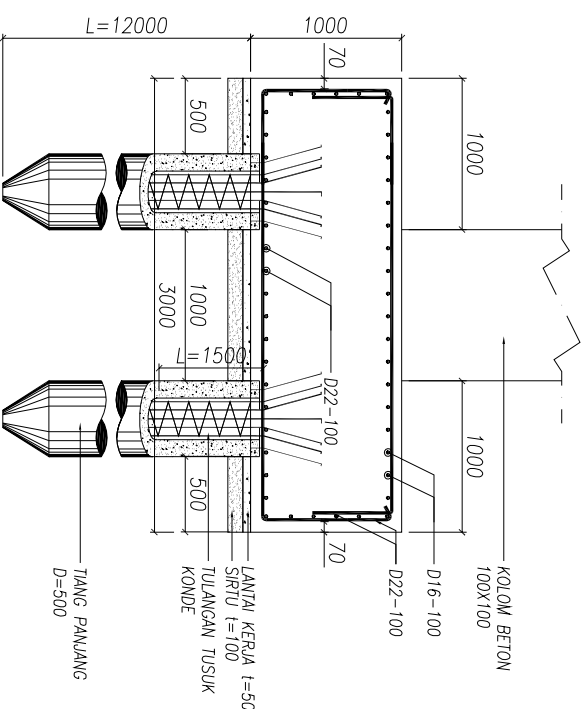
01 PONDASI P1
SKALA 1:50



03 PONDASI P2
SKALA 1:50

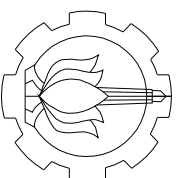


02 PONDASI P1
POTONGAN 1-1
SKALA 1:50



04 PONDASI P2
POTONGAN 1-1
SKALA 1:50

*KET = KEDALAMAN TULANGAN TUSUK KONDE = 1,5m
DIMULAI DARI KEPALA TIANG PANJANG



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLOM
REKTANGULAR CONCRETE FILLLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

PONDASI P1
PONDASI P1 - POTONGAN 1-1
PONDASI P2
PONDASI P2 - POTONGAN 1-1

SKALA

1:50
1:50
1:50
1:50

KODE GAMBAR

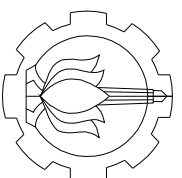
ST

NO. LEMBR

JML LEMBAR

22

29



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOTOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

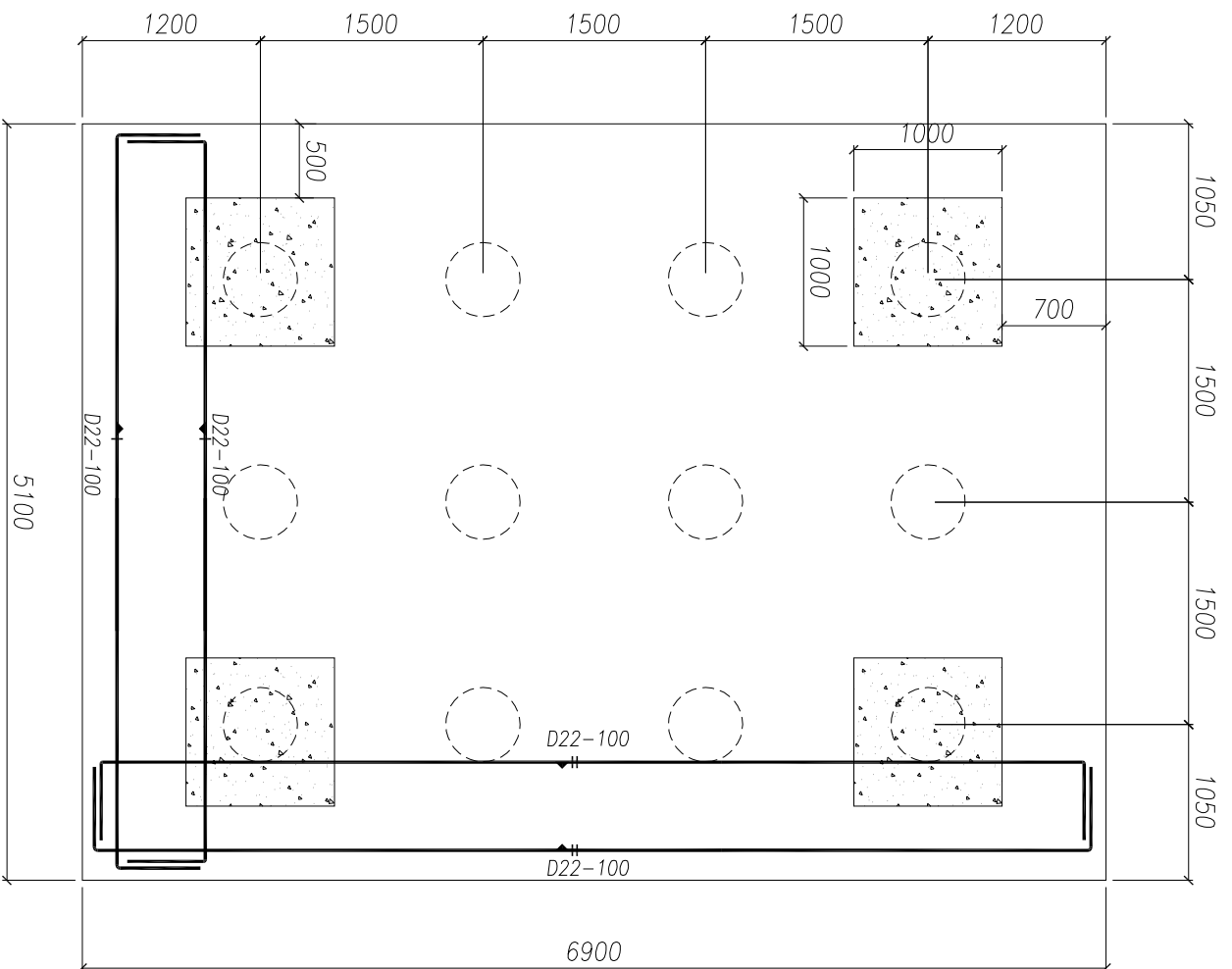
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

NAMA GAMBAR SKALA

PONDASI P4 1:50

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	24	29



01 PONDASI P4
 SKALA

1:50

TYPE BALOK	B1		
LANTAI	TUMP	LAP	TUMP
LANTAI 1			
UKURAN BALOK	400 X 600		
TULANGAN ATAS	4 D19	3 D19	4 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	D13-100	D3-250	D13-100

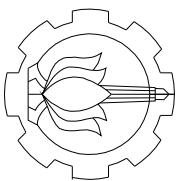
TYPE BALOK	S1		
LANTAI	TUMP	LAP	TUMP
LANTAI G			
UKURAN BALOK	400 X 600		
TULANGAN ATAS	4 D19	3 D19	4 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	D13-100	D3-250	D13-100

TYPE BALOK	B2		
LANTAI	TUMP	LAP	TUMP
LANTAI 1			
UKURAN BALOK	300 X 400		
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	3 D19
TULANGAN BAWAH	2 D19	3 D19	2 D19
SENGKANG	D13-75	D13-150	D13-75

TYPE BALOK	S2		
LANTAI	TUMP	LAP	TUMP
LANTAI G			
UKURAN BALOK	300 X 400		
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	3 D19
TULANGAN BAWAH	2 D19	3 D19	2 D19
SENGKANG	D13-75	D13-150	D13-75

TYPE KOLOM	K1		
LANTAI	TUMP	LAP	
LANTAI G TINGGI 3,5M			
UKURAN KALOM	1000 X 1000		
TULANGAN LENTUR	28 D22	28 D22	
SENGKANG	D13-100	D13-200	

TYPE KOLOM	K2		
LANTAI	TUMP	LAP	
LANTAI G TINGGI 3,5M			
UKURAN KALOM	500 X 500		
TULANGAN LENTUR	12 D22	12 D22	
SENGKANG	D13-100	D13-200	



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI		

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG BAJA DENGAN
MENGGUNAKAN HEKAGONAL
CASTELATED BEAM DAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLLED
STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr.-Ir. Djoko Irawan, M.S.
NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
03111645000030

NAMA GAMBAR

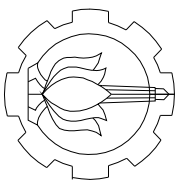
DETAIL
PENULANGAN BALOK & KOLOM

SKALA

1:50

01
DETAIL
PENULANGAN BALOK & KOLOM
SKALA
1:50

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	26	29



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLAM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

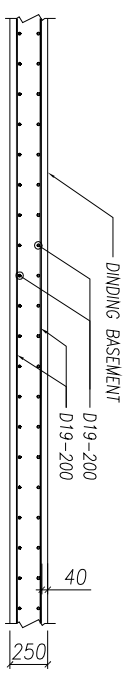
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

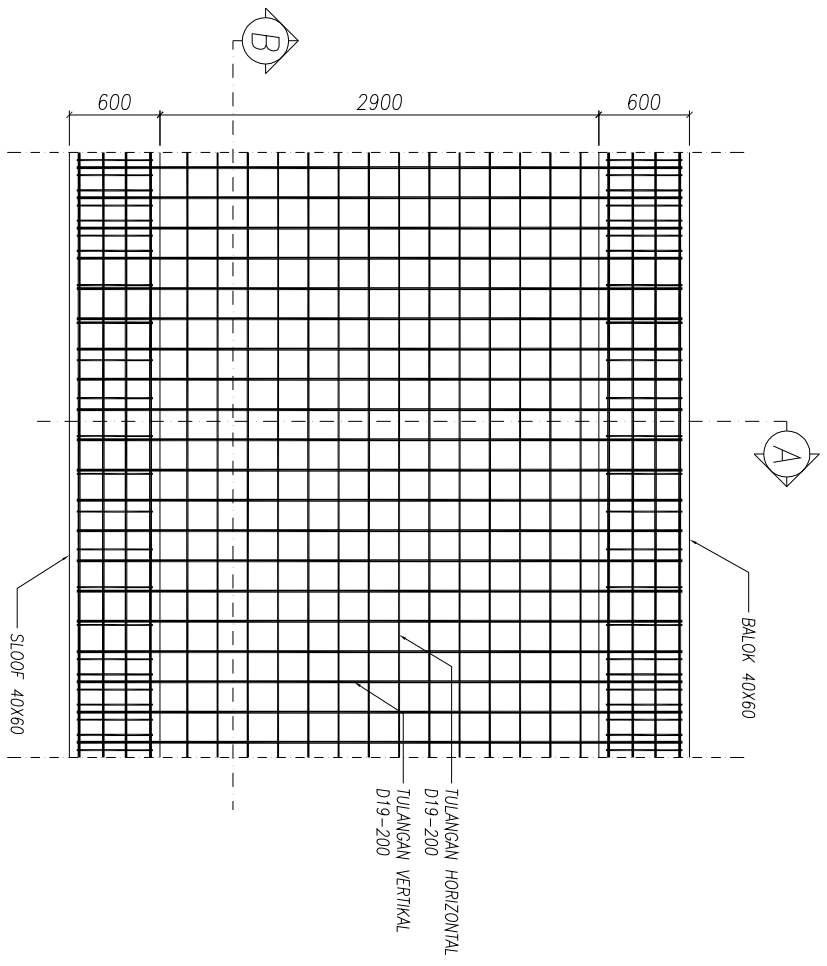
NAMA GAMBAR

DETAIL	SKALA
DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT	1:50
POTONGAN A-A	1:50
POTONGAN B-B	1:50

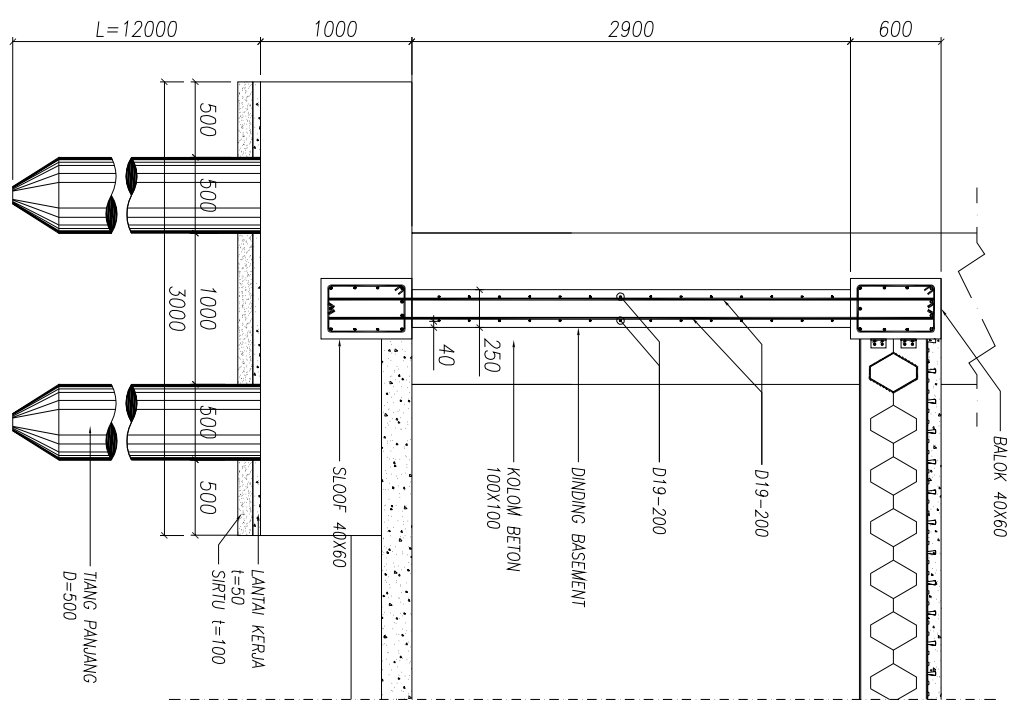
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML LEMBAR
ST	27	29



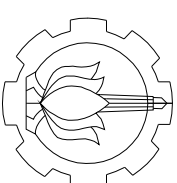
03 DETAIL POTONGAN B-B
 SKALA 1:50



01 DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT
 SKALA 1:50



02 POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEKAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

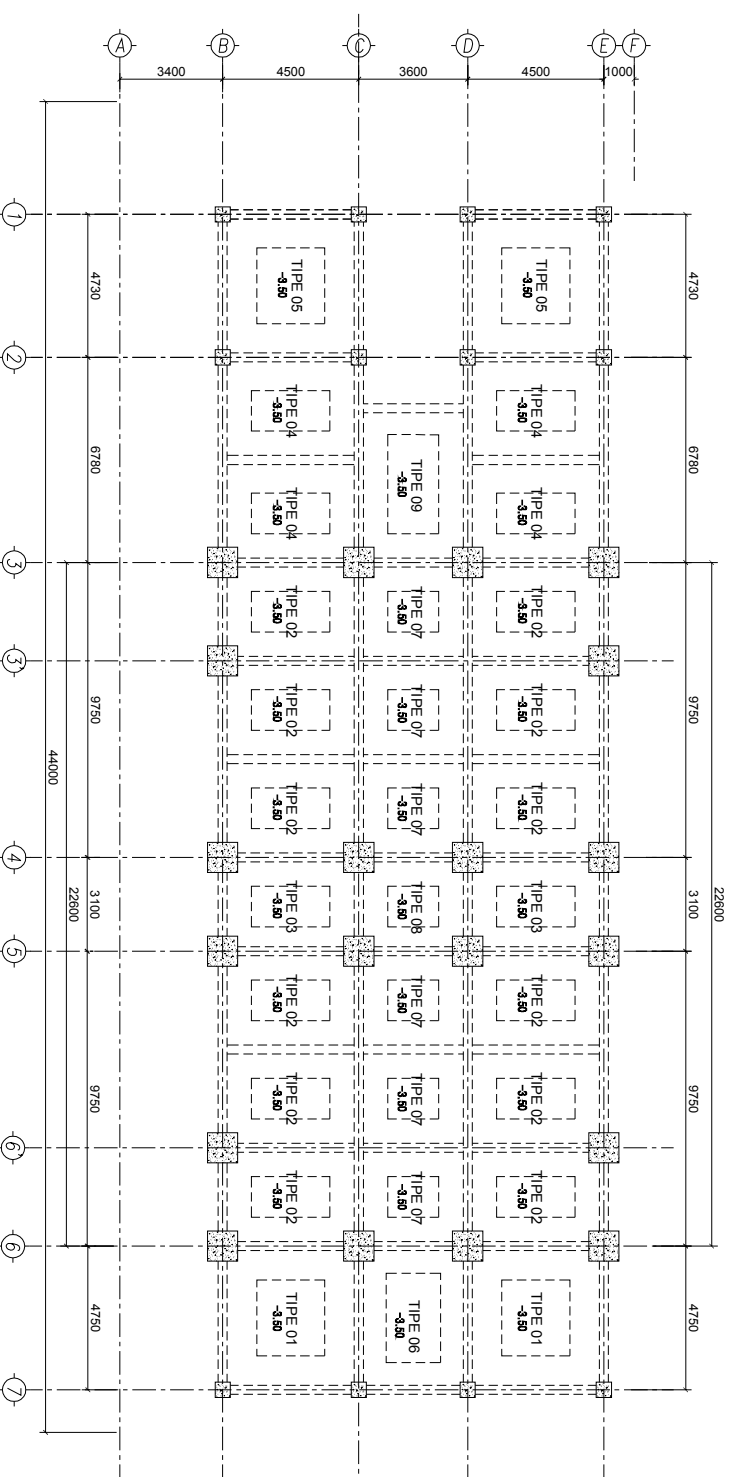
NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

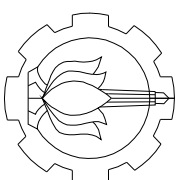
NAMA GAMBAR SKALA

DENAH PELAT LANTAI BASEMENT 1:50

KODE GAMBAR	NO. LEMBR	JML LEMBAR
ST	28	29



01 DENAH PELAT LANTAI BASEMENT
 SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG BAJA DENGAN
 MENGGUNAKAN HEXAGONAL
 CASTELATED BEAM DAN KOTOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED
 STEEL TUBE (RCFT) PADA GEDUNG
 LIFE STYLE HOTEL SURABAYA

FUNGSI BANGUNAN

HOTEL

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.
 NIP. 195902131987011001

NAMA MAHASISWA

Iwan Adi Roliono
 03111645000030

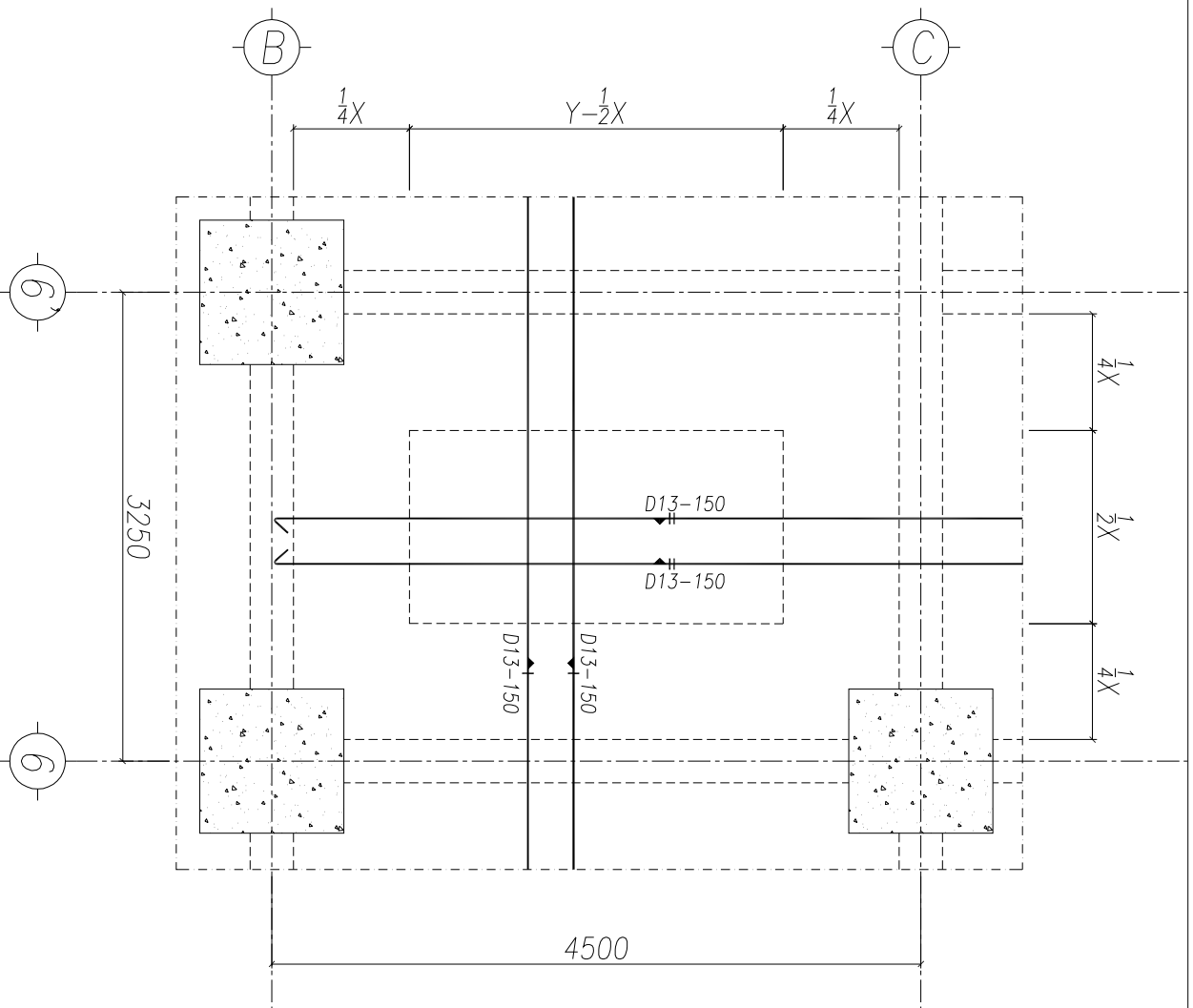
NAMA GAMBAR

01 PENULANGAN PELAT TИPE 2
 POTONGAN PELAT TИPE 2

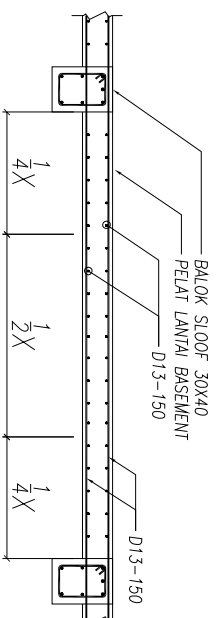
SKALA
 1:50
 1:50

KODE GAMBAR NO. LEMBR JML LEMBAR

ST 29 29



01 PENULANGAN PELAT TИPE 2
 SKALA 1:50



02 POTONGAN PELAT TИPE 2
 SKALA 1:50

BIODATA PENULIS



Iwan Adi Roliono, dilahirkan di pada tanggal Magetan, 10 Januari 1995, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK PSM Takeran, Magetan (1999-2001), MIN Takeran, Magetan (2001-2007), SMPN 1 Takeran, Magetan (2007-2010), SMAN 1 Kawedanan, Magetan (2010-2013), D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2013 dengan konsentrasi bangunan gedung. Selama menempuh pendidikan di D3

Teknik Sipil ITS, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan salah satunya sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil. Juga aktif dalam acara dan kegiatan kampus diantaranya menjadi panitia pada acara *Bridge Construction Competition - Tower Construction Competition*. 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 FTSLK - ITS tahun 2016, Terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 03111645000030. Pada jenjang S1 ini penulis menyusun tugas akhir bidang struktur dengan judul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Baja dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam dan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) pada Gedung Life Syle Hotel Surabaya”. Penulis dapat dihubungi melalui *email* : adi.roliono1001@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”