



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN BAJA
DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL DAN
CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

NUR BAYYITI MONICA KARENA
NRP. 0311154000046

Dosen Pembimbing :
Budi Suswanto ,S.T.,M.T.,Ph.D.

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



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN BAJA
DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL DAN
CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

NUR BAYYITI MONICA KARENA
NRP 031115 4000 046

Dosen Pembimbing
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC18-4803

**MODIFICATION OF DARMO HILL APARTMENTS
USING STEEL BUILDING STRUCTURE WITH
STEEL PLATE SHEAR WALL AND CONCRETE
FILLED STEEL TUBE**

NUR BAYYITI MONICA KARENA
NRP 031115 40000 046

Academic Supervisor
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN BAJA
DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL DAN
CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NUR BAYYITI MONICA KARENA
NRP. 0311154000046

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



I. Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)

**SURABAYA
JULI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

Nama : Nur Bayyiti Monica Karena
NRP : 0311154000046
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Abstrak

Indonesia merupakan daerah rawan terjadi gempa bumi, hal tersebut diakibatkan oleh adanya sebaran sesar aktif. Salah satu contoh daerah rawan gempa yaitu Surabaya, dimana bahaya gempa berasal dari sesar Barbis-Kendheng dengan pergerakan 4,5 milimeter per tahun. Salah satu bangunan gedung di Surabaya adalah Apartemen Darmo Hill yang memiliki 34 lantai, 2 basement, dan 3 podium dengan menggunakan struktur beton bertulang. Struktur beton bertulang memiliki keunggulan dalam hal bentuk, kemudahan material, serta ekonomis. Ada juga Kelemahan material beton bertulang yaitu kekuatan relatif rendah, membutuhkan bekisting, serta perubahan volume tergantung waktu. Adapun alternatif bahan studi perancangan bangunan ini menggunakan struktur baja dengan sistem geser pelat baja (Steel Plate Shear Wall) dan Kolom Concrete Filled Steel Tube (CFST). Dinding geser pelat baja (Steel Plate Shear Wall) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari dinding pelat baja, kolom dan balok lantai horizontal. Kolom Concrete Filled Steel Tube (CFST) merupakan sebuah kolom komposit yang memberikan keuntungan dari hasil penggabungan kekuatan tinggi dari daktilitas baja dengan kekuatan tekan serta kekakuan beton. Tujuan tugas akhir ini dibuat diharapkan dapat menjadi rekomendasi untuk proyek-proyek selanjutnya yang ada di Indonesia agar dapat memanfaatkan material baja sebagai bahan

struktur gedung dengan pertimbangan keuntungan penggunaan material baja sebagai struktur utama gedung.

Untuk perencanaan struktur baja yang rasional, 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, PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, dan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban gempa dihitung dengan metode beban gempa dinamis respons spectrum, kemudian dianalisis dengan menggunakan program bantu komputer ETABS.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh hasil yaitu: tebal pelat atap 9 cm, pelat lantai 9 cm. dimensi balok induk atap WF 600x300x14x23, balok induk lantai WF 800x300x16x30, dimensi balok anak atap 400x200x7x11, dimensi balok anak lantai WF 600x200x10x15, dimensi kolom beton basement 1200x1200, dimensi kolom lantai LG,G,UG,1-7 CFT 1000x1000x25x25, dimensi kolom lantai 8-20 CFT 800x800x25x25, dimensi kolom lantai 21-33 CFT 600x600x25x25 dimensi kolom VBE CFT 800x800x25x25, dimensi HBE WF 800x300x16x30, tebal SPSW 3 mm. Shearwall basement menggunakan tebal 38 cm. Base plate menggunakan ukuran 120x120 cm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang precast diameter 80cm dengan kedalaman 28m.

Kata Kunci: Modifikasi Struktur, Steel Plate Shear Wall, Kolom Concrete Filled Steel Tube.

MODIFICATION OF DARMO HILL APARTMENTS BUILDING STRUCTURE USING STEEL BUILDING STRUCTURE WITH STEEL PLATE SHEAR WALL AND CONCRETE FILLED STEEL TUBE

Student Name : Nur Bayyiti Monica Karena
NRP : 0311154000046
Departement : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Academic Supervisor : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Abstrack

The Indonesian region is active seismically and there are active faults making the regions of Indonesia prone to earthquakes. One of them is Java, especially Surabaya. The danger of the earthquake comes from the Barbis-Kendheng fault with a movement of 4.5 millimeters per year. One of the buildings in Surabaya is the Darmo Hill Apartment which has 33 floors, 2 basements, and 3 podiums using reinforced concrete structures. Reinforced concrete structures have the advantage of being able to use various forms, material ease, and economics. There are also disadvantages of reinforced concrete material, which is relatively low strength, requires formwork, and changes in volume depending on time. The alternative design materials for this building use steel structures with steel plate shear walls and the Concrete Filled Steel Tube column (CFST). Steel Plate Shear Wall is a lateral load restraint system consisting of steel plate walls, columns and horizontal floor beams. The Concrete Filled Steel Tube (CFST) column is a composite column that provides the advantage of combining high strength of steel ductility with compressive strength and concrete stiffness. The purpose of this final project is expected to be a recommendation for subsequent projects in Indonesia in order to be able to utilize steel material as building structure material by considering the advantages of using steel material as the main structure of the building.

For rational steel structure planning, this plan refers to applicable regulations including SNI 1726: 2012 concerning Earthquake Resistant Planning Procedures for Building and Non-Building, SNI 1729: 2015 concerning Specifications for Structural Steel Buildings, PPIUG 1983 concerning Regulations Indonesian Loading for Buildings, and SNI 1727: 2013 concerning Minimum Load for Planning Building Buildings and Other Structures. Earthquake load is calculated by dynamic earthquake load spectrum response methods, then analyzed using ETABS.

From the results of the analysis that has been done, it is found that: 9 cm thick roof plate, 9 cm floor plate. dimensions of WF 600x300x14x23 roof beam, WF 800x300x16x30 floor beam, 400x200x7x11 roof beam dimensions, WF floor beam dimensions 600x200x10x15, basement concrete column dimensions 1200x1200, floor column dimensions LG,G,UG,1-7 CFT 1000x1000x25x25, 8-20 floor column dimensions 800x800x25x25, 21-33 floor column dimensions 600x600x22x22 dimensions VBE CFT column 800x800x25x25, dimensions of HBE WF 800x300x16x30, thickness of 3 mm SPSW. Shearwall basement uses 38 cm thick. Base plate uses a size of 120x120 cm. Planning foundation using 80cm precast piles with 28m depth.

Keywords : Structure Modification, Steel Plate Shear Wall, Kolom Concrete Filled Steel Tube.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena berkat rahmatNya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Darmo Hill Menggunakan Struktur Bangunan Baja dengan Steel Plate Shear Wall dan Concrete Filled Steel Tube”** seperti yang diharapkan. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan (FTSLK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, atas segala doa dan kasih sayang yang ikut serta membantu dalam pembiayaan hidup serta kuliah selama empat tahun ini.
2. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang sabar dan sepenuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran untuk penulis.
3. Ibu Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT. Selaku dosen matakuliah Teknik Penulisan Ilmiah yang sabar dan sepenuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran untuk penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas ketekunan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
5. Bima, Bagus, Dovan yang sudah memberikan pengajaran baik dalam segi materi maupun pemahaman. Riri, Jeje, dan Emak yang sudah memberikan dukungan moral serta selalu bersedia menemani dalam suka maupun duka. Encik dan Isna yang sudah membantu dalam segi psikis. Kohar dan Fajar yang membantu di saat detik detik terakhir, serta

rekan – rekan S-58 serta dan semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini, terutama yang sudah memberikan motivasi baik secara langsung maupun tidak langsung. Berupa dorongan semangat serta bantuan yang telah diberikan.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Tujuan	7
1.5 Manfaat	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Umum.....	9
2.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa.....	9
2.3 Dinding Geser Pelat Baja (<i>Steel Plate Shear Wall</i>)	10
2.3.1 Pengertian Steel Plate Shear Wall	10
2.3.2 Keuntungan Steel Plate Shear Wall.....	10
2.3.3 Jenis dari Steel Plate Shear Wall	12
2.3.4 Pengaplikasian di Lapangan dari Steel Plate Shear Wall	12
2.4 Analisis dan Desain Struktur Steel Plate Shear Wall	14
2.4.1 Desain Steel Plate Shear Wall.....	14
2.5. Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i>	14
2.5.1. Pengertian Kolom Concrete Filled Steel Tube	14
2.5.2. Tipe Kolom Concrete Filled Steel Tube	15

2.5.3. Kelebihan Kolom Concrete Filled Steel Tube	15
2.6 Pondasi	16
2.6.1 Pondasi Dangkal	18
2.6.2 Pondasi Dalam	18
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Umum.....	21
3.2 Langkah-langkah Perencanaan Struktur Apartemen Darmo Hill Surabaya.....	21
3.3 Pengumpulan Data	22
3.4 Studi Literatur	22
3.5 Preliminary Design.....	23
3.6 Analisis Pembebanan	23
3.6.1 Beban Mati.....	23
3.6.2 Beban Hidup.....	24
3.6.3 Beban Angin.....	25
3.6.4 Beban Gempa	25
3.6.5 Kombinasi Pembebanan	36
3.7 Perencanaan Struktur Sekunder	36
3.7.1 Perencanaan Tangga.....	36
3.7.2 Perencanaan Balok Lift	36
3.8 Permodelan Struktur.....	36
3.8.1 <i>Concrete Steel Filled Tube</i>	37
3.8.2 <i>Steel Plate Shear Wall</i>	38
3.9 Perencanaan Struktur Utama Baja.....	40
3.9.1 Balok	40
3.9.2 Desain Kolom.....	43
3.9.3 Desain Balok-Kolom.....	50
3.9.4 Dinding Geser Pelat Baja (SPSW/Steel Plate Shear Wall).....	52

3.10 Perencanaan Sambungan.....	52
3.10.1 Baut.....	53
3.10.2 Sambungan Las.....	54
3.10.3 <i>Base Plate</i>	57
3.11 Perencanaan Struktur Bawah	58
3.11.1 Perencanaan Poer.....	58
3.11.2 Tiang Pancang.....	62
3.12 Pengerjaan Gambar Rencana	65
BAB IV HASIL ANALISA DAN PERENCANAAN	67
4.1 <i>Preliminary Design</i>	67
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk Beton	67
4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak Beton	68
4.1.3 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton	69
4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom <i>Basement</i>	70
4.1.5 Perencanaan Dimensi Shearwall <i>Basement</i>	72
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder	72
4.2.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung.....	72
4.2.2 Perencanaan Balok Anak	81
4.2.3 Perencanaan Tangga	90
4.2.4 Perencanaan Balok Lift.....	111
4.3 Permodelan Struktur.....	121
4.3.1 Pembebanan Struktur Utama	122
4.3.2 Pembebanan Gempa Dinamis	126
4.3.3 Kontrol Desain.....	129
4.4 Perencanaan Struktur Primer.....	135
4.4.1 Balok Induk.....	136
4.4.2 Kolom	166
4.4.3 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja.....	179
4.5 Perencanaan Sambungan.....	191

4.5.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	191
4.5.2 Sambungan Balok Tangga	196
4.5.3 Sambungan Balok Induk dengan Kolom	202
4.5.4 Sambungan Kolom dengan Kolom	209
4.5.5 Sambungan Kolom dengan Kolom Beda Dimensi ..	210
4.5.6 Sambungan Base Plate	215
4.5.7 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)	221
4.5.8 Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)	222
4.6 Perencanaan Struktur Bawah	227
4.6.1 Perencanaan Basement	227
4.6.2 Perencanaan Pondasi	240
4.6.3 Perencanaan Poer Pada Kolom	250
4.6.4 Perencanaan Kolom	256
4.6.5 Kontrol Hubungan Balok Kolom	262
4.6.6 Perencanaan Sloof	265
BAB V PENUTUP	269
5.1 Kesimpulan	269
5.2 Saran	271
DAFTAR PUSTAKA	273

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Laju Geser Segmen-Segmen Sesar di Jawa.....	1
Gambar 1.2 <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW)	2
Gambar 1.3 Model <i>Ring Shaped Steel Plate Shear Wall</i>	4
Gambar 1.4 Model <i>Steel Plate Shear Wall With Selfcentering Energy Dissipation Braces</i>	4
Gambar 1.5 Model <i>Composite Steel Plate Shear Walls Containing Openings</i>	5
Gambar 1.6 <i>Concrete Filled Steel Tube</i> (CFST).	5
Gambar 2.1 Gambar Sistem Struktural Oleh U.S Federal Courthouse, Seattle.....	13
Gambar 2.2 Gambar Tampak Dinding Tengah Luar Gedung ING, Canada	13
Gambar 2.3 Gambar Tampak Dalam Dinding SPSW di Elevator Gedung Mexico	14
Gambar 2.4 Penampang Kolom Komposit.....	15
Gambar 2.5 Tipe-tipe Pondasi Secara Umum	17
Gambar 2.6 Dasar Teori Daya Dukung Pondasi Dangkal.....	18
Gambar 2.7 Permodelan Daya Dukung Aksial dan Lateral Pondasi Tiang Tunggal.....	19
Gambar 2.8 Permodelan Daya Dukung Aksial dan Lateral Pondasi Tiang Grup.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Modifikasi Apartemen Darmo Hill ...	21
Gambar 3.2 Peta Spektra 0,2 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun.....	28
Gambar 3.3 Peta Spektra 1 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun.....	28
Gambar 3.4 <i>Frame Property Shape Type</i>	37
Gambar 3.5 <i>Frame Section Property Data CFST</i>	37
Gambar 3.6 Wall Property Data SPSW	38
Gambar 3.7 <i>Section SPSW</i>	38
Gambar 3.8 <i>Shell Assignment</i> SPSW lantai dasar	39
Gambar 3.9 <i>Shell Assignment</i> SPSW lantai 1-37	39

Gambar 3.10 Model 3 Dimensi Struktur Apartemen Darmo Hill dengan SPSW.....	40
Gambar 3.11 Nilai kc Untuk Kolom Dengan Ujung-Ujung Ideal.....	51
Gambar 3.12 Nilai kc Untuk Komponen Struktur (A) Tidak Bergoyang (B) Bergoyang	51
Gambar 3.13 Arah Beban Sumbu X pada <i>Base Plate</i>	57
Gambar 3.14 Bidang Kritis Akibat Geser Satu Arah	61
Gambar 3.15 Bidang Kritis Akibat Geser Dua Arah.....	62
Gambar 4.1 Potongan Penampang Balok Induk 40/60 cm.....	67
Gambar 4.2 Potongan Penampang Balok Induk 40/60 cm.....	69
Gambar 4.3 Pelat Atap yang Direncanakan.....	73
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai Atap.....	74
Gambar 4.5 Pelat Lantai 1-33 yang Direncanakan	74
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Lantai 1 – 33 Apartemen.....	75
Gambar 4.7 Pelat Lantai LG, GF, dan UG yang Direncanakan ..	76
Gambar 4.8 Penulangan Pelat Lantai LG, GF, dan UG Apartemen.....	77
Gambar 4.9 Pelat yang diperhitungkan	78
Gambar 4.10 Penulangan Pelat.....	79
Gambar 4.11. Balok Anak Atap yang Direncanakan	82
Gambar 4.12 Pembebanan pada Balok Anak Atap	83
Gambar 4.13 Gaya Momen Balok Anak Atap	83
Gambar 4.14 Gaya Geser Balok Anak Atap.....	84
Gambar 4.15. Balok Anak Lantai yang Direncanakan	86
Gambar 4.16 Pembebanan pada Balok Anak Lantai	87
Gambar 4.17 Gaya Momen Balok Anak Lantai	87
Gambar 4.18 Gaya Geser Balok Anak Lantai	88
Gambar 4.19 Sketsa Denah Tangga	90
Gambar 4.20 Sketsa Potongan Tangga.....	91
Gambar 4.21 Pelat Anak Tangga.....	91
Gambar 4.22 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata.....	92
Gambar 4.23 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat.....	92

Gambar 4.24 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata.....	94
Gambar 4.25 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat.....	94
Gambar 4.26 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes.....	96
Gambar 4.27 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Rata.....	97
Gambar 4.28 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terpusat.....	97
Gambar 4.29 Balok Bordes Tangga	99
Gambar 4.30 Pembebanan Pada Balok Bordes	100
Gambar 4.31 Pembebanan pada balok utama tangga	103
Gambar 4.32 Bidang Momen Balok Tangga Utama	105
Gambar 4.33 Bidang Geser Balok Tangga Utama	106
Gambar 4.34 Bidang Normal Balok Tangga Utama	106
Gambar 4.35 Pembebanan Balok Penumpu Tangga	109
Gambar 4.36 Spesifikasi Lift.....	112
Gambar 4.37 Potongan Lift	113
Gambar 4.38 Potongan Melintang Lift.....	113
Gambar 4.39 Model Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i>	115
Gambar 4.40 Model Pembebanan Balok Penumpu <i>Lift</i>	118
Gambar 4.41 Denah struktur apartemen darmo hill	121
Gambar 4.42 Denah struktur apartemen darmo hill	128
Gambar 4.43 Balok Induk Atap yang ditinjau.....	136
Gambar 4.44 Gaya Dalam Balok Induk Atap Sebelum Komposit.....	137
Gambar 4.45 Lendutan yang terjadi pada ETABS	139
Gambar 4.46 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sesudah Komposit.....	139
Gambar 4.47 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang.....	141
Gambar 4.48 Lendutan yang terjadi pada ETABS	142
Gambar 4.49 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang	143
Gambar 4.50 Balok Induk Lantai yang ditinjau	144

Gambar 4.51 Gaya Dalam Balok Induk Lantai Sebelum Komposit.....	145
Gambar 4.52 Lendutan yang terjadi pada ETABS	147
Gambar 4.53 Gaya Dalam Balok Lantai Sesudah Komposit	148
Gambar 4.54 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang.....	149
Gambar 4.55 Lendutan yang terjadi pada ETABS	150
Gambar 4.56 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Melintang	151
Gambar 4.57 Gaya Dalam Balok Induk Beton 40/60.....	154
Gambar 4.58 Ilustrasi Geser Balok SRPMK	157
Gambar 4.59 Balok Anak yang Direncanakan	162
Gambar 4.60 Gambar Permodelan Balok Anak	163
Gambar 4.61 Hasil Gaya Dalam Balok Anak.....	163
Gambar 4.62 Kolom yang Ditinjau	167
Gambar 4.63 Gaya Axial C38	168
Gambar 4.64 SPSW yang ditinjau.....	179
Gambar 4.65 Desain SPSW.....	180
Gambar 4.66 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk.....	191
Gambar 4.67 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	193
Gambar 4.68 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk.....	194
Gambar 4.69 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	196
Gambar 4.70 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	197
Gambar 4.71 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	199
Gambar 4.72 Sambungan Kolom dengan Balok Penumpu Tangga.....	200
Gambar 4.73 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	202

Gambar 4.74 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom	203
Gambar 4.75 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom	203
Gambar 4.76 Detail Pelat Siku Sambungan Badan Balok Induk.....	205
Gambar 4.77 Detail Sambungan Diaphragm Plat dengan Sayap Balok.....	208
Gambar 4.78 Tampak Samping Sambungan Kolom dengan Kolom Beda Dimensi.....	211
Gambar 4.79 Hasil Penulangan dari spColumn.....	217
Gambar 4.80 Hasil Kontrol dari spColumn.....	217
Gambar 4.81 Momen yang terjadi pada base plate.....	219
Gambar 4.82 Kontruksi dinding Penahan Tanah.....	229
Gambar 4.83 Grafik Antara Daya dukung Tanah dengan Kedalaman	245
Gambar 4.84 Ilustrasi kekuatan tiang terhadap gaya horizontal	248
Gambar 4.85 Daerah kritis geser akibat kolom	251
Gambar 4.86 daerah geser kritis akibat tiang pancang	252
Gambar 4.87 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X).....	254
Gambar 4.88 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y).....	255
Gambar 4.89 hasil analisis kolom menggunakan spColomn	258
Gambar 4.90 Ilustrasi Join Balok Kolom	262
Gambar 4.91 Hasil Analisa sloof pada spColomn.....	266

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

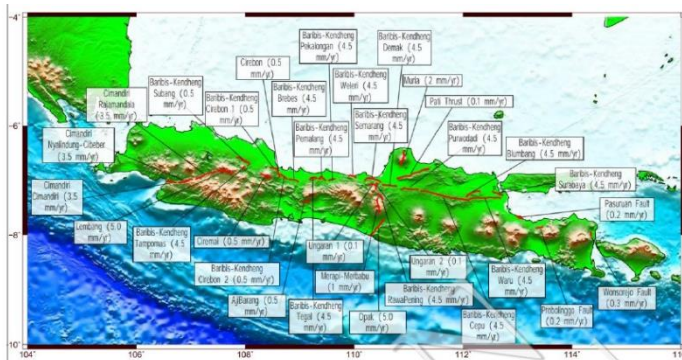
Tabel 3.1 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung.....	24
Tabel 3.2 Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung	24
Tabel 3.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.....	26
Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (Lanjutan)	27
Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa	27
Tabel 3.6 Klasifikasi Situs.....	29
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata N_{SPT}	30
Tabel 3.8 Koefisien Situs F_a	30
Tabel 3.9 Koefisien Situs F_v	31
Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek	33
Tabel 3.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik	33
Tabel 3.12 Nilai R , C_d , dan Ω_0 Apartemen Darmo Hill.....	34
Tabel 3.13 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.	41
Tabel 3.14 Throat Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian.....	55
Tabel 3.15 Ukuran Minimum Las Sudut	56
Tabel 4.1 Beban Mati Keseluruhan Bangunan	71
Tabel 4.2 Beban Hidup Keseluruhan Bangunan.....	71
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Pelat.....	77
Tabel 4.4 Rekapitulasi Penulangan Pelat	80
Tabel 4.5 Rekapitulasi Penulangan Pelat (Lanjutan).....	81
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata N_{SPT}	124
Tabel 4.7 Parameter Gempa Surabaya untuk Situs E	127
Tabel 4.8 Faktor R^a , C_d^b , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	128
Tabel 4.9 Partisipasi Massa	129
Tabel 4.10 Gaya Geser Dasar Beban Gempa	131

Tabel 4.11 Simpangan Antar Lantai Sumbu X.....	133
Tabel 4.12 Simpangan Antar Lantai Sumbu Y.....	134
Tabel 4.13 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser Kontrol.....	135
Tabel 4.14 Data tanah.....	227
Tabel 4.15 Rekapitan Tekanan Horizontal Tanah aktif	228
Tabel 4.16 Rekapitan Tekanan Horizontal Tanah Pasif	228
Tabel 4.17 Tekanan Air pada tanah aktif	228
Tabel 4.18 Tekanan Air pada Tanah Pasif	228
Tabel 4.19 Momen yang terjadi akibat tanah aktif.....	229
Tabel 4.20 Momen yang terjadi akibat tanah pasif.....	229
Tabel 4.21 Rekap gaya yang terjadi pada kontruksi dinding penahan tanah	230
Tabel 4.22 Tabel Rekapitulasi Dinding Geser.....	237
Tabel 4.23 Daya Dukung Tanah Kedalaman 3 – 40 m.....	243
Tabel 4.24 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 1.....	247
Tabel 4.25 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 2.....	247
Tabel 4.26 Rekapitulasi kontrol tiang pancang terhadap momen	248

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia adalah wilayah yang aktif secara seismik dengan memiliki sebaran sesar aktif. Sesar aktif ini mengakibatkan berbagai daerah rentan terhadap gempa bumi. Daerah tersebut meliputi Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi, dan Papua, serta beberapa bagian di Kalimantan (Gignoux dan Menéndez, 2016). Untuk daerah Jawa, pergeseran segmen-segmen sesar berbeda-beda berkisar 0,5 – 5 mm, dapat dilihat pada Gambar 1.1. Untuk kota Surabaya, bahaya gempa berasal dari sesar Barbis-Kendheng dengan pergerakan 4,5 milimeter per tahun (Harnindra dkk., 2017).



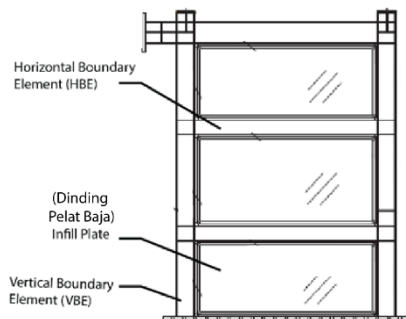
Gambar 1.1 Laju Geser Segmen-Segmen Sesar di Jawa

Sumber : (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Pergeseran tersebut mengakibatkan besarnya beban lateral pada bangunan, sehingga diperlukan elemen-elemen bangunan dengan daktilitas tinggi agar deformasi yang terjadi kecil. Namun, di Surabaya terdapat gedung yang masih dalam pembangunan yaitu Apartemen Darmo Hill. Dimana gedung tersebut memiliki 34 lantai, 2 basement, dan 3 podium dengan menggunakan struktur beton bertulang. Adapun keunggulan dari struktur beton bertulang adalah kemudahan bentuk, material dan perawatan, ketahanan

terhadap air dan api, kekakuan dan kekuatan tekan yang baik, serta ekonomis (Narayanan, 2017). Untuk kelemahan beton yaitu kekuatan tarik yang rendah, membutuhkan bekisting, kekuatan relatif rendah, perubahan volume tergantung waktu, seras emisi CO₂ (Narayanan, 2017). Beton juga mempunyai perilaku keruntuhan getas, yaitu keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba jika beban yang bekerja sudah melampaui kekuatan bahan (Triandkk., 2015). Adapun alternatif material lain selain beton bertulang adalah baja. Beberapa keunggulan material baja yaitu elastisitas, daktilitas dan liat (Phillips dan Eatherton, 2018). Perilaku keruntuhan daktil yaitu adanya peristiwa kelelahan sebelum bahan runtuh akibat pembebanan yang diberikan (Triandkk., 2015). Mempertimbangkan kondisi tersebut, material baja di pilih sebagai material struktur utama. Untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial akibat beban gempa dan angin yang terjadi diperlukan dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) sebagai struktur kaku. Sistem ini mencegah *frame* di sekitarnya dari keruntuhan dan memastikan kapasitas disipasi energi tinggi sebelum dinding mencapai kekuatan utamanya (Wang dan Yang, 2018).

Secara umum, sistem dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) terdiri dari dinding pelat baja, kolom dan balok lantai horizontal seperti terlihat pada **Gambar 1.2**.



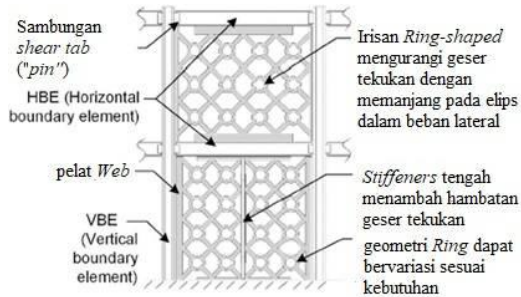
Gambar 1.2 *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)

Sumber : (Wang dan Yang, 2018)

Steel Plate Shear Wall sudah digunakan di berbagai negara. Salah satu contohnya yaitu bangunan 35 lantai di Kobe, Jepang. Bangunan tersebut juga sudah digunakan sebagai objek penelitian pada tahun 1995 pada saat gempa Kobe. Yangmana bangunan tersebut hanya mengalami kerusakan kecil. Berdasarkan inspeksi visual dari struktur, dua minggu setelah gempa tidak menunjukkan tanda kerusakan visual (A. Astaneh-Asl, 2000).

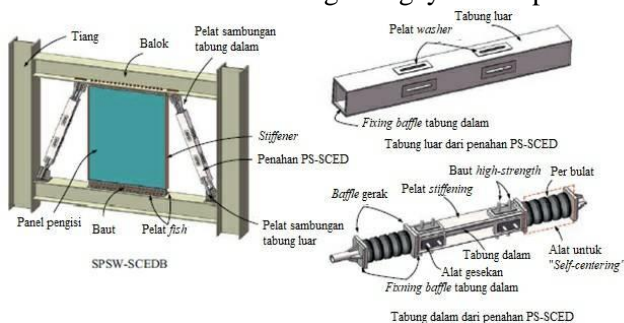
Adapun *Steel Plate Shear Wall* memiliki beberapa tipe dasar yaitu *un-stiffened Steel Plate Shear Wall* bisa disebut *thin Steel Plate Shear Wall*, *stiffened Steel Plate Shear Wall*, dan juga *composite concrete Steel Plate Shear Wall*. Untuk *thin Steel Plate Shear Wall* terdapat penelitian eksperimental pada kinerja seismik skala sepertiga, dinding geser pelat baja empat-lantai (Ge dkk., 2017). Model yang digunakan adalah sambungan balok-kolom semi-kaku dengan hasil model uji mengandalkan mekanisme geser pelat pada tahap elastis dan secara bertahap bergeser pada daya dukung lateral yang disediakan oleh area tarik diagonal pada tahap elastis-plastik. Penurunan kekakuan hanya 12 % yang menyatakan bahwa daktilitas struktur masih memadai.

Dalam perkembangannya, muncul beberapa penelitian mengenai *Steel Plate Shear Wall* dengan tipe yang berbeda dan terbaru. Yaitu *Ring Shaped Steel Plate Shear Wall (RS-SPSW)*, *Steel Plate Shear Wall With Selfcentering Energy Dissipation Braces*, dan *Composite Steel Plate Shear Walls Containing Openings*. Dalam Penelitian Phillips dan Eathertonb dengan studi komputasi menggunakan *Finite Elemen Method* didapatkan bahwa *Ring Shaped Steel Plate Shear Wall (RS-SPSW)* dapat meningkatkan kinerja SPSW konvensional dengan mengurangi tekuk dari pelat web di mana dapat meningkatkan disipasi energi dan memberikan kekakuan yang lebih besar selama pembeban. Model *Ring Shaped Steel Plate Shear Wall* ditunjukkan pada Gambar 1.3.



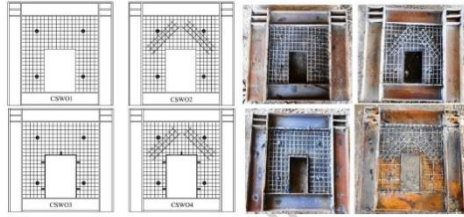
Gambar 1.3 Model *Ring Shaped Steel Plate Shear Wall*
Sumber : (Phillips dan Eatherton, 2018)

Longhe Xua, Jialin Liua, dan Zhongxian Lib menyebutkan dalam penelitiannya mengenai *Steel Plate Shear Wall With Selfcentering Energy Dissipation Braces* bahwa Sistem SPSW-SCEDB adalah sistem pemadatan gaya lateral yang memadukan kinerja seismik yang memuaskan dari sistem *stiffened* SPSW dan kemampuan *self-centering* dan disipasi energi yang sangat baik seperti terlihat pada Gambar 1.4. kemampuan penuh *Selfcentering* sistem SPSW-SCEDB dapat dicapai ketika gaya yang mengembalikan ke bentuk keseimbangan (*restoring force*) pada komponen horizontal tidak kurang dari gaya tekan pelat dinding.



Gambar 1.4 Model *Steel Plate Shear Wall With Selfcentering Energy Dissipation Braces*
Sumber : (Yong dkk., 2006)

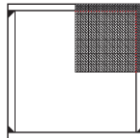
Menurut Meghdadaian dan Ghalehnovi penggunaan *Composite Steel Plate Shear Walls Containing Openings* dapat mengurangi kekakuan dan kapasitas penyerapan energi dari sistem sehingga meningkatkan perpindahan. *Composite Steel Plate Shear Walls Containing Openings* dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Model *Composite Steel Plate Shear Walls Containing Openings*

Sumber : (Meghdadaian dan Ghalehnovi, 2018)

Selain sistem dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) digunakan pula kolom *Concrete Filled Steel Tube* (CFST). *Concrete Filled Steel Tube* (CFST) merupakan sebuah kolom komposit dengan baja yang berfungsi sebagai selimut beton bertulang yang ada di dalamnya. Profil *Concrete Filled Steel Tube* (CFST) mempunyai keuntungan yaitu interaksi antara baja dengan beton inti, tekuk lokal profil baja direduksi oleh beton dan kekuatan beton akan menjadi tinggi karena efek pengekangan (*Confinement Effect*) dari baja akibat pemasangan *cross tie* sehingga menghasilkan kapasitas momen yang lebih besar (Kristiana, 2017). Gambar 1.6 merupakan gambaran dari *Concrete Filled Steel Tube* (CFST).



Gambar 1.6 *Concrete Filled Steel Tube* (CFST).

Sumber :(Ouyang dan Kwan, 2018)

Berdasarkan uraian di atas, sebagai bahan studi perencanaan, akan dilakukan modifikasi pada struktur gedung Apartemen Darmo Hill dengan menggunakan struktur baja dengan sistem dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*). Selain itu, akan direncanakan juga pondasi yang sesuai dengan besarnya beban-beban yang bekerja di atasnya. Peraturan yang digunakan pada modifikasi perencanaan baja ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku diantaranya Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015), Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983), dan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).

Dengan demikian tujuan dari tugas akhir ini adalah merencanakan struktur bangunan baja dengan sistem ganda menggunakan dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) dan kolom *Concrete Filled Steel Tube*. Kapasitas pondasi juga direncanakan yang sesuai dengan besarnya beban untuk meningkatkan kinerja bangunan gedung apartemen darmo hill tahan gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka untuk perencanaan struktur gedung Apartemen Darmo Hill Surabaya dengan sistem *Steel Plate Shear Wall* (SPSW), permasalahan yang ditinjau antara lain :

1.2.1 Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan struktur baja gedung Apartemen Darmo Hill Surabaya dengan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) dan pondasinya sesuai dengan peraturan yang berlaku ?

1.2.2 Detail Permasalahan

1. Bagaimana menganalisa kapasitas dan beban-beban yang bekerja pada Apartemen Darmo Hill Surabaya ?

2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak, dan tangga ?
3. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan program bantu ETABS ?
4. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi dinding geser pelat baja, balok, dan kolom *Concrete Filled Steel Tube* ?
5. Bagaimana merencanakan struktur bawah yang meliputi tiang pancang dan poer ?
6. Bagaimana menuangkan hasil bentuk desain dan analisa kedalam bentuk gambar teknik ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah diuraikan diatas, maka diperlukan pembatasan masalah yang meliputi :

1. Perencanaan gedung Apartemen Darmo Hill ini hanya meninjau perhitungan struktur, tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
2. Permodelan dan analisa struktur dilakukan dengan program bantu ETABS.
3. Perencanaan tidak meliputi sistem utilitas, kelistrikan, dan sanitasi.
4. Tidak membahas detail metode pelaksanaan.
5. Tidak ada studi perbandingan.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Utama

Mendapatkan hasil perencanaan struktur baja gedung Apartemen Darmo Hill Surabaya dengan sistem *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) dan pondasinya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.4.2 Detail Tujuan

1. Menganalisa kapasitas dan beban-beban yang bekerja pada Apartemen Darmo Hill Surabaya.
2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak, dan tangga.
3. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan program bantu ETABS.
4. Merencanakan struktur utama yang meliputi dinding geser pelat baja, balok, dan kolom *Concrete Filled Steel Tube*.
5. Merencanakan struktur bawah yang meliputi tiang pancang dan poer.
6. Menuangkan hasil bentuk desain dan analisa kedalam bentuk gambar teknik.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari modifikasi perencanaan gedung apartemen darmo hill ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan terhadap dunia teknik sipil dalam perencanaan gedung baja menggunakan sistem *Steel Plate Shear Wall* (SPSW).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Apartemen Darmo Hill merupakan salah satu gedung bertingkat yang memiliki 34 lantai, 2 basement dan 3 podium berada pada kota Surabaya. Struktur bangunan gedung ini menggunakan bahan material beton bertulang pada bagian rangka gedung maupun untuk penutup atapnya. Pada tugas akhir kali ini gedung Apartemen Darmo Hill ini akan dimodifikasi menggunakan material baja. Sistem struktur yang digunakan adalah sistem *Steel Plate Shear Wall* dan Kolom *Concrete Filled Steel Tube* dapat meningkatkan kinerja gedung agar mampu menerima beban lateral atau gempa lebih kuat dan baik. Dalam bab 2 ini akan dijelaskan mengenai landasan teori mengenai bangunan gedung tahan gempa, *Steel Plate Shear Wall*, kolom *Concrete Filled Steel Tube*, Pondasi.

2.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Konsep bangunan tahan gempa adalah upaya untuk membuat elemen bangunan menjadi satu kesatuan yang utuh, yang tidak lepas/runtuh akibat gempa sehingga beban dapat disalurkan dengan proposional. Penerapan konsep tahan gempa juga dengan sambungan yang cukup kuat diantara berbagai elemen, serta pemilihan material yang tepat. Penggunaan bahan yang mempunyai mutu sesuai disyaratkan merupakan syarat yang harus dipenuhi dalam membuat bangunan tahan gempa. Adapun filosofi bangunan tahan gempa yaitu (UMY, 2012) :

Secara umum konsep dari bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut (International Conference of Building Official, 1997):

1. Struktur yang direncanakan harus memiliki kekakuan lateral yang dapat mempertahankan kondisi elastik ketika menerima beban gempa kecil sehingga tidak terjadi kerusakan struktural maupun non-struktural.

2. Struktur yang direncanakan dapat menahan beban gempa menengah tanpa terjadi kerusakan elemen struktural. Kerusakan elemen non-struktural boleh terjadi.
3. Struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen strukturalnya ketika menerima beban gempa besar. Namun struktur keseluruhan tidak diperbolehkan mengalami keruntuhan.

2.3 Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

2.3.1 Pengertian Steel Plate Shear Wall

Pengertian dinding geser sendiri pada SNI 1729:2015 adalah dinding yang memberi ketahanan terhadap beban lateral pada bidang dinding dan memberi stabilitas bagi sistem struktur. Untuk Dinding geser pelat baja sendiri (SPW) dapat digambarkan sebagai pelat kantilever teknis di mana pelat baja bertindak sebagai web/badan, batang vertikal bertindak sebagai sayap / flens , dan batang horizontal sebagai pengaku transversal (Kharrazi dkk., 2011). Dinding geser plat baja ini terhubung ke sisi-sisi balok dan kolom yang bekerja bersama-sama dalam menahan beban angin dan beban gempa. Secara umum, dinding geser plat baja terdiri dari dinding plat baja batang vertikal/kolom, dan batang horizontal/balok.

2.3.2 Keuntungan Steel Plate Shear Wall

Sistem SPSW lebih mudah dimodelkan dan dianalisis dengan benar jika dibandingkan dengan sistem lateral lain dimana membutuhkan proses desain dan jumlah iterasi yang signifikan (Sigariyazd dkk., 2016). Terlebih lagi, Sistem ini memiliki detail konstruksi sederhana dan kapasitas deformasi tinggi (Sigariyazd dkk., 2016). Daktilitas dari sistem SPSW ini lebih baik dibandingkan dengan daktilitas dari braced frame ataupun sistem rangka pemikul momen yang lain (Berman, 2014).

Adapun beberapa keuntungan dari Steel Plate Shear Wall ini yaitu (Seilie dan Hooper, 2005) :

1. Ketebalan dinding

SPSW menggunakan ketebalan dinding struktural lebih sedikit dibandingkan dengan ketebalan dinding geser beton. Sebuah penelitian dilakukan untuk proyek The Century yang menghasilkan kesimpulan bahwa ketebalan dinding rata-rata dapat melakukan penghematan sekitar 2% dalam *gross square footage*.

2. Berat Bangunan

Berat bangunan yang lebih rendah dibandingkan dengan bangunan yang menggunakan dinding geser beton. sebuah studi dilakukan yang dilakuakn pada proyek The Century menunjukkan bahwa berat total dari bangunan yang dirancang menggunakan SPSW lebih ringan 18% dibandingkan dengan bangunan yang dirancang menggunakan dinding geser beton, yang menghasilkan pengurangan beban pondasi karena gravitasi dan beban seismik.

3. Daktilitas

SPSW memiliki kapasitas pasca tekuk yang baik. Dinding geser plat baja dapat bertahan dengan simpangan mencapai 4% tanpa mengalami kerusakan signifikan. Ada beberapa kerutan dan robekan pada panel karena lentur. Namun, robekan ini tidak mengurangi kapasitas kekakuan plat.

4. Sistem yang teruji

Sterdapat dua bangunan berada di Kobe yang menggunakan SPSW sebagai lateral utama telah mengalami guncangan gempa bumi yang signifikan. Dengan bukti bahwa, kedua bangunan itu selamat dengan tidak signifikan kerusakan struktural. Sistem ini juga telah diuji sejak tahun 1970-an. Sistem ini telah diakui dalam National Building Code of Canada (NBCC) sejak tahun 1994 dan dimasukkan dalam American Institute of Steel Construction (AISC) Ketentuan Seismik pada tahun 2005.

2.3.3 Jenis dari Steel Plate Shear Wall

Ada 2 jenis dinding geser plat baja, yaitu *core systems* dan *planar systems* (Seilie dan Hooper, 2005). Berdasarkan susunan, ukuran, dan tinggi, dua jenis tersebut mempunyai keuntungan masing-masing.

1. SPSW Core Systems

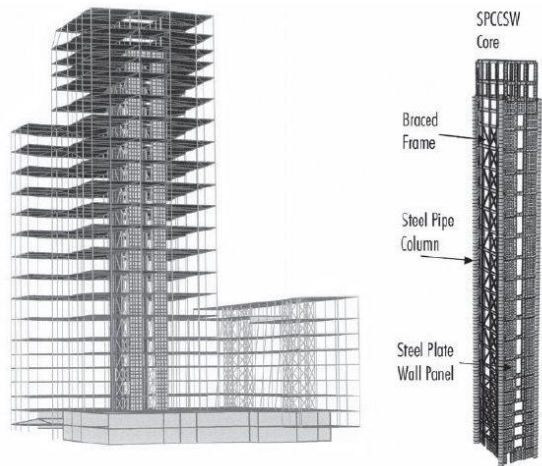
Dinding geser plat baja (SPSW) jenis ini cocok digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga bangunan bertingkat tinggi. Jenis dinding geser plat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik.

2. Multiple Planar SPSW

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

2.3.4 Pengaplikasian di Lapangan dari Steel Plate Shear Wall

Steel Plate Shear Wall telah digunakan dalam jumlah besar dinegara-negara maju seperti Amerika Serikat, Kanada Meksiko, dan Jepang. Jenis bangunan yang digunakan dari bangunan rumah sederhana sampai bangunan konstruksi tingkat tinggi maupun konstruksi baru. Beberapa contoh pengaplikasian gedung konstruksi Steel Plate Shear Wall (SPSW) di negara-negara dunia ditunjukkan pada Gambar 2.1 , Gambar 2.2, dan Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Gambar Sistem Struktural Oleh U.S Federal Courthouse, Seattle



Gambar 2.2 Gambar Tampak Dinding Tengah Luar Gedung ING, Canada



Gambar 2.3 Gambar Tampak Dalam Dinding SPSW di Elevator Gedung Mexico

2.4 Analisis dan Desain Struktur Steel Plate Shear Wall

2.4.1 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.

2.5. Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

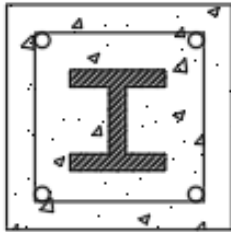
2.5.1. Pengertian Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

Concrete filled steel tube merupakan kolom baja yang berintikan beton. Pada perkembangan zaman *Concrete Filled Steel Tube* (CFST) digunakan dalam struktur utama karena memiliki kekuatan, daktilitas, serta kekakuan yang tinggi. Kolom baja ini diisi dengan beton agar menjadi solusi untuk meningkatkan perlawanan tekuk lokal dari baja berdinding tipis (Dongbin dkk., 2016).

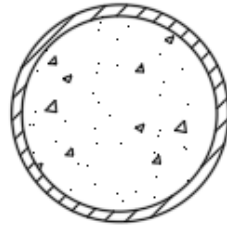
2.5.2. Tipe Kolom Concrete Filled Steel Tube

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. Ada dua tipe komposit, yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton), seperti Gambar 2.4 (a).
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), seperti Gambar 2.4 (b).



(a) Kolom baja berselubung beton



(b) Kolom baja berintikan beton

Gambar 2.4 Penampang Kolom Komposit

Kolom komposit baik itu kolom baja berselubung beton atau kolom baja berintikan beton merupakan suatu lokasi hemat untuk suatu kasus dimana kapasitas beban tambahan yang diinginkan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kolom baja sendiri. Kolom komposit juga menjadi solusi jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangatlah besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja tidak perlu diperbesar lagi.

2.5.3. Kelebihan Kolom Concrete Filled Steel Tube

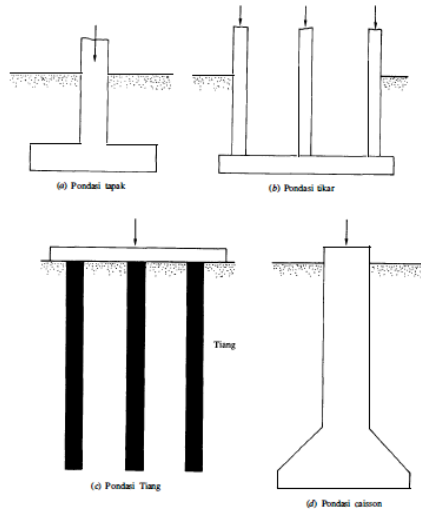
Kolom CFST mempunyai beberapa keuntungan daripada baja dan beton yang dipisah. Berikut merupakan keuntungan utamanya adalah sebagai berikut :

1. Interaksi antara pipa baja & 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 CFST jauh lebih banyak dari beton bertulang
 - b. Baja dari penampang CFST 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 bersih

2.6 Pondasi

Bagian paling bawah dari suatu konstruksi dinamakan “pondasi”. Fungsi pondasi ini adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan ke pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tadi. Bentuk pondasi bermacam-macam. Bentuknya bisa dipilih sesuai dengan jenis bangunan dan tanah dimana konstruksi tersebut dibangun. **Gambar 2.9** menunjukkan tipe-tipe pondasi secara umum. Pondasi tapak (*spread footing*) mempunyai bentuk seperti kolom suatu bangunan, tetapi ukurannya dibuat lebih besar dari kolom sehingga beban yang diteruskan ke pondasi dapat disebar ke luasan tanah yang lebih besar. Untuk tanah dengan daya dukung rendah, ukuran dari pondasi tapak biasanya

terlalu besar sehingga tidak praktis. Oleh karena itu, untuk keadaan tersebut akan lebih ekonomis kalau seluruh konstruksi dibangun di atas suatu lantai beton yang luas. Tipe yondasi tadi dinamakan pondasi tika (*mat foundation*).



Gambar 2.5 Tipe-tipe Pondasi Secara Umum

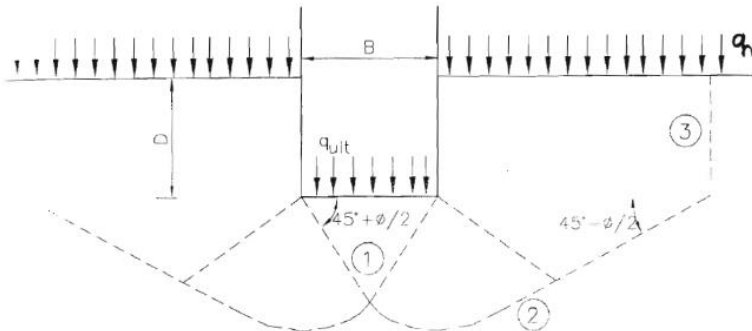
Sumber : (Endah dan Mochtar, 1993)

Pondasi tiang dan pondasi *caisson* digunakan untuk konstruksi yang lebih berat, yaitu bila kedalaman pondasi yang dibutuhkan untuk memikul beban sangat besar. Pondasi tiang biasanya terbuat dari kayu, beton, atau besi yang berfungsi untuk meneruskan beban dari konstruksi bagian atas ke lapisan tanah yang paling bawah. Bagaimana pondasi tiang ini meneruskan beban ke lapisan-lapisan tanah dapat dikelompokkan dalam dua katagori: Pertama, tiang yang kekuatannya didasarkan pada lekatan antara tanah dan tiang (*friction file*); Kedua, tiang yang kekuatannya didasarkan pada daya dukung ujung tiang (*end-bearing file*). Untuk *friction file*, beban konstruksi bagian atas ditahan oleh gaya geser yang timbul sepanjang permukaan tiang

(selimut tiang). Untuk *end-bearing pile*, beban yang diterima oleh tiang diteruskan oleh ujung tiang ke lapisan tanah keras. Pondasi tapak dan pondasi tika pada umumnya dinamakan pondasi dangkal dan pondasi tiang, sementara itu pondasi caisson disebut sebagai pondasi dalam. Berikut adalah tinjauan pustaka mengenai pondasi dangkal dan pondasi dalam.

2.6.1 Pondasi Dangkal

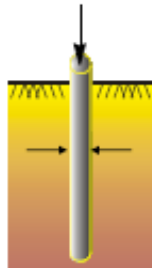
Secara umum, yang dinamakan pondasi dangkal adalah pondasi yang mempunyai perbandingan antara kedalaman dengan lebar sekitar kurang dari empat. Apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih besar dari empat, pondasi tersebut diklasifikasikan sebagai pondasi dalam. Tipe pondasi dangkal adalah *Spread footings (square, circular, rectangular)*, *Combined Footings*, *Continuous Footings*, dan *Mat or Raft Foundations*.



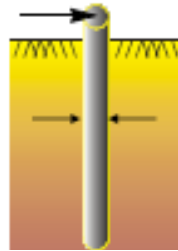
Gambar 2.6 Dasar Teori Daya Dukung Pondasi Dangkal

2.6.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan struktur bawah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari sepuluh ($D_f/B > 10$). Material pondasi dalam bisa dari kayu, baja, beton bertulang, dan beton pratekan. Permodelan pondasi dalam ditunjukkan pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.

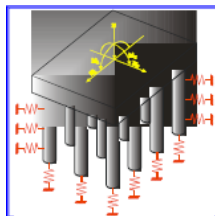


(a) Daya Dukung Aksial
Pondasi Tiang



(b) Daya Dukung Lateral
Pondasi Tiang

Gambar 2.7 Permodelan Daya Dukung Aksial dan Lateral
Pondasi Tiang Tunggal



Gambar 2.8 Permodelan Daya Dukung Aksial dan Lateral
Pondasi Tiang Grup

Adapun tipe dari pondasi dalam adalah sebagai berikut :

a) Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

b) Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman

yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran

c) Pondasi Bore Pile

Pondasi Bore Pile adalah bentuk Pondasi Dalam yang dibangun di dalam tanah dengan kedalaman tertentu. Pondasi di tempatkan sampai ke dalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang yang dibor dengan alat bore pile mini crane. Setelah mencapai kedalaman yang dibutuhkan, kemudian dilakukan pemasangan kesing/begisting yang terbuat dari plat besi, kemudian dimasukkan rangka besi pondasi yang telah dirakit sebelumnya, lalu dilakukan pengecoran terhadap lobang yang sudah di bor tersebut. Pekerjaan pondasi ini tentunya dibantu dengan alat khusus, untuk mengangkat kesing dan rangka besi. Setelah dilakukan pengecoran kesing tersebut dikeluarkan kembali.

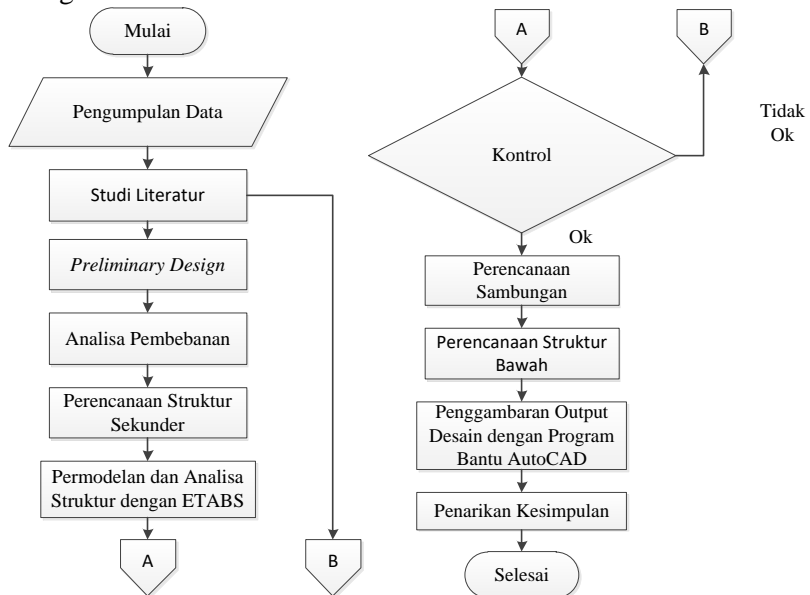
BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Dalam tugas akhir ini membahas tentang perencanaan struktur bangunan baja dengan menggunakan sistem *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) dan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube*. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metode modifikasi apartemen darmo hill. Selain metode modifikasi terdapat gambaran mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan pada proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

3.2 Langkah-langkah Perencanaan Struktur Apartemen Darmo Hill Surabaya

Urutan pekerjaan dilakukan dengan tahapan- tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Modifikasi Apartemen Darmo Hill

3.3 Pengumpulan Data

Data Umum Bangunan Sebelum di Modifikasi

Nama gedung	: Darmo Hill
Fungsi	: Apartemen
Lokasi	: Jl. Pakis Argosari No. 9, Surabaya
Jumlah lantai	: 33lantai, 2 basement, dan 3 podium
Tinggi gedung	: 126,7 m
Material struktur	: Beton bertulang
Data Gambar	: Data gambar berupa gambar arsitektur dan gambar struktur gedung.
Data Tanah	: Data tanah berupa grafik SPT

Data Umum Bangunan Setelah di Modifikasi

Nama Gedung	: Apartemen Darmo Hill
Lokasi Rencana	: Surabaya
Fungsi	: Apartemen/Hunian
Struktur Utama	: Baja
Sistem Struktur	: <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW)
Jumlah Lantai	: 37 Lantai (33 lantai, 3 podium, 1 basement)
Rencana Pondasi	: Tiang Pancang
Mutu Beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu Baja	: BJ 41
Balok	: WF
Kolom	: <i>Rectangular Concrete Filled</i> <i>Steel Tube</i>

3.4 Studi Literatur

Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya dalam pengumpulan materi dan menjadi acuan dalam penulisan Tugas

Akhir ini. Dalam perencanaan struktur bangunan baja Apartemen Darmo Hill ini peraturan yang digunakan adalah :

1. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
4. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
5. *AISC Steel Design Guide 20 Steel Plate Shear Wall*
6. *Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures* (ASCE 7-10)

3.5 Preliminary Design

Struktur yang akan direncanakan adalah struktur bangunan baja dengan sistem SPSW yang akan dianalisa gaya dalamnya menggunakan program ETABS. Berikut data perkiraan dimensi awal dari elemen elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan profil yang akan digunakan :

3.6 Analisis Pembebanan

Dalam perencanaan struktur bangunan diperhatikan beban-beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga, diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi yang mendekati keadaan yang sesungguhnya.

3.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013). Besaran nilai beban mati untuk bangunan gedung dapat dilihat pada Tabel 3.1 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung.

Tabel 3.1 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung

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

(Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983)

3.6.2 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). Besaran nilai beban hidup dapat dilihat pada Tabel 3.2 Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung.

Tabel 3.2 Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung

No	Keterangan	Merata psf(kN/m ²)
	Apartemen (lihat rumah tinggal)	
a.	Lantai koridor	100 (4,79)
b.	Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	40 (1,92)
c.	Atap datar, berhubung, lengkung	20 (0,96)

(Sumber: SNI 1726-2012)

3.6.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap, yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya beban akibat angin dinyatakan dalam kg/m^2 . (PPIUG 1983 Ps. 4.2).

- a. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m^2
- b. Tekanan tiup dilaut dan ditepi laut sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2
- c. Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang besar daripada yang ditentukan dalam ketentuan a,b, maka tekanan tiup (p) harus dihitung sebagai berikut:

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

Dimana:

p = tekanan tiup angin kg/m^2

3.6.4 Beban Gempa

Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 2500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 2% selama umur gedung 50 tahun. Terdapat 2 buah peta wilayah gempa, yaitu untuk gempa dengan periode $T = 0,2$ detik dan gempa dengan periode $T = 1$ detik. Grafik respons spektrum tidak disediakan, melainkan harus direncanakan sendiri menggunakan parameter-parameter percepatan yang dapat dihitung berdasarkan wilayah gempa dan struktur gedung yang dibangun.

3.6.4.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.3 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 3.4 yang bersumber dari SNI 1726:2012.

Tabel 3.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko terendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, 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 	III

Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (Lanjutan)

<p>- Bangunan untuk orang jompo 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>	<p>III</p>
---	------------

Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

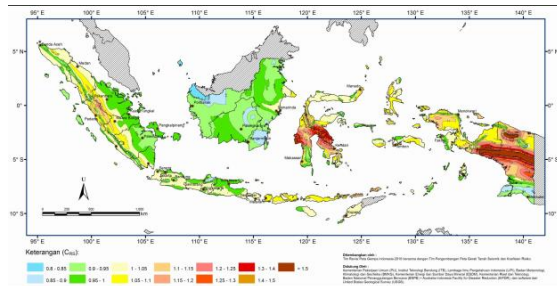
Berdasarkan Tabel 3.3 Apartemen Darmo Hill termasuk pada kategori risiko II serta memiliki faktor keutamaan gempa sebesar 1,0 sesuai pada Tabel 3.5.

3.6.4.2 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

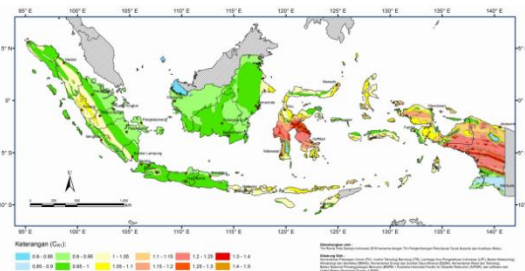
Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu.

Langkah langkah menentukan parameter percepatan terpetakan adalah :

- a. Menentukan S_s (diperoleh dari peta gempa dengan periode ulang 2500 tahun dan $T= 0,2$ detik) dan S_1 (diperoleh dari peta gempa dengan priode ulang 2500 tahun dan $T= 1$ detik)



Gambar 3.2 Peta Spektra 0,2 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun



Gambar 3.3 Peta Spektra 1 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun

Berdasarkan Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, Kota Surabaya memiliki nilai S_s dan S_1 sebesar :

S_s : 0,6 – 0,7, Diambil nilai S_s : 0,7

S_1 : 0,25 – 0,3, Diambil nilai S_1 : 0,3

- b. Menentukan jenis tanah dan koefisien situs

Jenis tanah ditentukan pada Tabel 3.6. Sesuai pasal 5.3, jenis tanah dikelompokkan menjadi 6 bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran percepatan rambat gelombang geser rata-rata (v_s), nilai hasil test penetrasi standar rata-rata (N), dan kuat geser nilai rata-rata.

Tabel 3.6 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\overline{V}_s (m/detik)	\overline{N} atau \overline{N}_{ch}	\overline{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $\overline{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-sius yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah liqifikasi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah. - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m). - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$). Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\overline{S}_u < 50$ kPa		

Dengan mempertimbangkan data hasil penyelidikan lapangan, di dalam menentukan kategori tanah menggunakan parameter rata-rata N_{SPT} , dimana hasilnya diberikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata N_{SPT}

Data Bor	$\sum t_i$	$\sum (t_i / N_i)$	N_{SPT} rata-rata
BH-1	30	3.38	8.88
BH-2	30	3.20	9.36
BH-3	30	3.13	9.58
BH-4	30	3.96	7.57
BH-5	30	3.55	8.44

Berdasarkan data tersebut jenis tanah pada Apartemen Darmo Hill Surabaya dikategorikan kelas situs SE (tanah lunak). Setelah jenis tanah ditentukan, dengan nilai S_s dan S_1 yang diperoleh dilangkah awal maka F_a dan F_v akan diperoleh melalui Tabel 3.8 dan Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1.25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS^b				

CATATAN :

- Untuk nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situt-spesifik, Lihat Pasal 6.9.1

Tabel 3.9 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=1,0$ detik, S_I				
	$S_I \leq 0.1$	$S_I = 0.2$	$S_I = 0.3$	$S_I = 0.4$	$S_I \geq 0.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	4	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situt-spesifik, Lihat Pasal 6.9.1

Didapatkan nilai F_a dan F_v dengan kelas situs SE dan nilai S_s sebesar 0,7 dan nilai S_I sebesar 0,3.

Dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai F_a dan F_v .

F_a : Interpolasi antara $S_s = 0,5$ dan $S_s = 0,75$ dengan nilai F_a 1,7 dan 1,2

: Diperoleh F_a sebesar 1,3

F_v : 2,8

c. Menghitung S_{MS} dan S_{MI}

S_{MS} dan S_{MI} (parameter spektrum respon s percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3.2)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (3.3)$$

$$S_{MS} = 1,3 \cdot 0,7 = 0,91$$

$$S_{MI} = 2,8 \cdot 0,3 = 0,84$$

d. Menghitung parameter percepatan desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan periode 1 detik S_{DI} harus ditentukan melalui persamaan berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.4)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.5)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} 0,91 = 0,61$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} 0,84 = 0,56$$

e. Spektrum respons desain

Bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan :

- Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.6)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS}
- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.9)$$

f. Kategori Desain Gempa

Sesuai pasal 6.5 kategori desain seismik, struktur harus memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal 6.5 pada SNI 1726:2012. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain

seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 3.10 dan Tabel 3.11.

Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} \leq 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} \leq 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan perhitungan sebelumnya. Berdasarkan Tabel 3.10 dan Tabel 3.11 ditentukan kategori desain seismik. Diketahui data sebagai berikut :

$S_{DS} = 0,61$, Kategori risiko D

$S_{D1} = 0,56$, Kategori risiko D

Maka kategori desain seismiknya adalah D

- g. Menentukan faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (Cd) dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa.

Kombinasi sistem perangkai dalam arah yang berbeda. Sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur, bila sistem yang berbeda digunakan, masing masing nilai faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (Cd) dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk

sistem penahan gaya gempa harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur termuat dalam Tabel 9 SNI 1726-2012. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai R , C_d , dan Ω_0 dari Apartemen Darmo Hill yang ditunjukkan pada Tabel 3.12 dimana basement menggunakan struktur beton bertulang dan untuk podium serta lt 1 s.d 34 menggunakan struktur baja dengan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW).

Tabel 3.12 Nilai R , C_d , dan Ω_0 Apartemen Darmo Hill

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
Dinding geser pelat baja dan beton komposit	$7\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	6	TB	TB	TB	TB	TB
Sistem Rangka Pemikul Momen								
Rangka Beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB

- h. Gaya geser dasar gempa dan beban lateral gempa Sesuai pasal 7.8, gaya dasar seismik V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W \quad (3.10)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik, C_s harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.11)$$

Nilai C_s yang dihitung diatas tidak boleh melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.13)$$

Untuk struktur yang berlokasi di S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

Keterangan:

C_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

C_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda 1 detik

S_1 = parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

T = perioda struktur dasar (detik)

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan hunian

Sesuai pasal 7.8.3 gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.15)$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

h_i dan h_x = perioda struktur dasar (detik)

R = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x

k = eksponen yang terkait dengan perioda

struktur

Sesuai pasal 7.8.4 gaya tingkat desain gempa di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^N F_i \quad (3.16)$$

Keterangan:

F_i = bagian dari gaya geser dasar seismik yang timbul di tingkat i

3.6.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 dengan kombinasi sebagai berikut:

- a. 1,4D
- b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (S atau R)
- c. 1,2D + 1,6 (L_r atau S atau R) + (L atau 0,5 W)
- d. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau S atau R)
- e. 1,2D + 1,0E + L + 0.2S
- f. 0,9D - 1,0W
- g. 0,9D - 1,0E

3.7 Perencanaan Struktur Sekunder

3.7.1 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan gedung bertingkat sebagai penghubung antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat di atasnya. Pada Apartemen Darmo Hill ini tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan konstruksi dari baja.

3.7.2 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift diawali dengan *preliminary design* untuk menentukan ukuran penampang balok pemisah sangkar dan balok penumpu. Kemudian dilakukan kontroling dengan hasil analisa dengan ETABS.

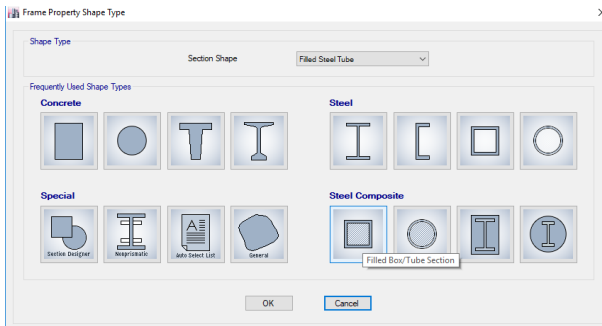
3.8 Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program ETABS dengan permodelan struktur ruang 3 dimensi. Berikut ini adalah permodelan *Concrete Steel Filled Tube* dan *Steel Plate Shear Wall* pada program bantu ETABS. Sebelum ke cara memasukkan permodelan CFST dan SPSW dibuat grid terlebih

dahulu sesuai dengan bentuk Apartemen Darmo Hill. Kemudian *define material properties* dengan steel. Kemudian barulah membuat balok kolom dengan *section properties*.

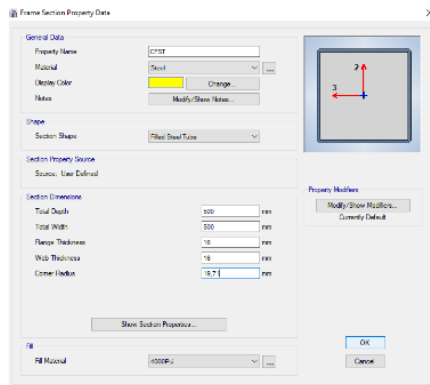
3.8.1 Concrete Steel Filled Tube

Pilih *define > section properties > frame sections > add new properties*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 *Frame Property Shape Type*

Pilih *Steel Composite* dengan bentuk *rectangular*. Maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.5. Untuk dimensi dari CFST sendiri menggunakan ukuran 500 x 500 mm dengan tebal 16 mm. Sesuai pada brosur CFST pada lampiran.

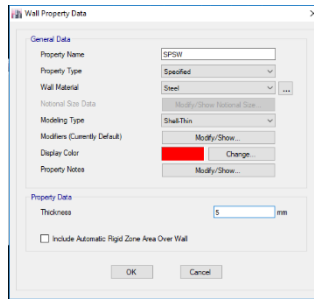


Gambar 3.5 *Frame Section Property Data CFST*

Klik ok maka input CFST sudah selesai, kemudian balok dan kolom digambarkan pada ETABS sesuai dengan tata letaknya.

3.8.2 Steel Plate Shear Wall

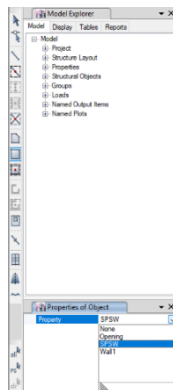
Setelah balok kolom sudah terbentuk, SPSW dimodelkan. Elemen dinding geser plat baja (SPSW) dimodelkan sebagai elemen shell seperti pada plat lantai. *Klik define > section properties > wall sections*. Maka akan muncul tampilan pada



Gambar 3.6. Untuk ketebalan SPSW direncanakan sebesar 5 mm.

Gambar 3.6 Wall Property Data SPSW

Penggambaran dinding geser plat baja menggunakan perintah *Draw Rectangular Area*. Kemudian pada kotak dialog *Properties of Object* klik kotak isian *Section* dan diganti ke pilihan SPSW seperti pada Gambar 3.7.

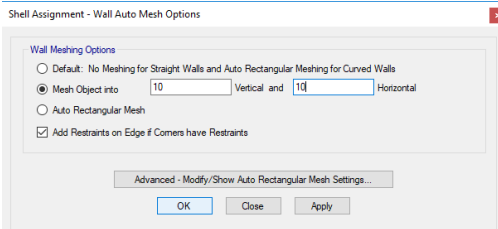


Gambar 3.7 Section SPSW

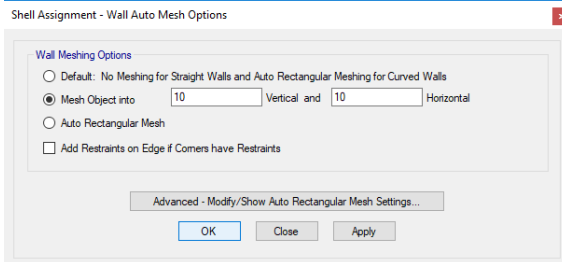
Cara penggambaran dibagi menjadi dua cara. Untuk cara pertama yaitu dengan mengeklik satu joint pojok kemudian klik joint pojok arah diagonalnya. Cara pertama ini dilakukan pada elevasi dasar atau lantai dasar.

Cara kedua digunakan pada lantai 1-37 dengan menggunakan perintah *Quick Draw Area*. Dengan cara ini cukup klik pada daerah tengah-tengah antara balok dan kolom dengan terlebih dahulu memilih *Section* yang digunakan yaitu "SPSW" pada kotak dialog *Properties of Object*. Atau bisa juga di *replicate*.

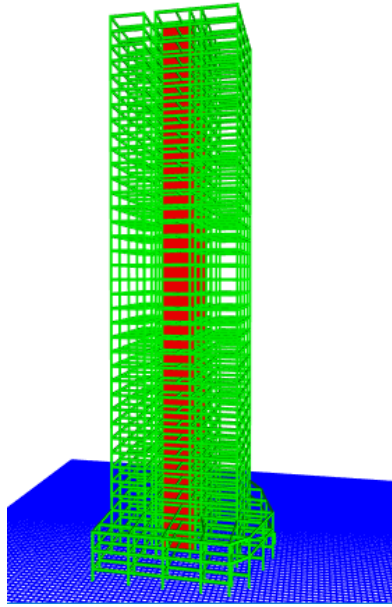
Elemen Shell yang dipakai untuk permodelan dinding geser plat baja perlu dibagi ke dalam pias-pias kecil sejumlah tertentu. Dengan klik *assign > shell > wall auto mesh options*. Maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9. Pada Gambar 3.8 diaplikasikan pada lantai dasar dimana pada dinding geser diperlukan tumpuan atau jepitan. Sehingga kolom *add restrains* dicentang. Untuk Gambar 3.9 digunakan SPSW pada lt 1-37 tanpa mencentang kolom *add restrains*.



Gambar 3.8 *Shell Assignment* SPSW lantai dasar



Gambar 3.9 *Shell Assignment* SPSW lantai 1-37



Gambar 3.10 Model 3 Dimensi Struktur Apartemen Darmo Hill dengan SPSW

3.9 Perencanaan Struktur Utama Baja

Perencanaan struktur primer dilakukan bersamaan dengan melakukan kontrol desain dari hasil permodelan dan analisa struktur. Struktur utama meliputi struktur dan balok serta adanya penambahan dinding geser plat baja yang merupakan bentuk sistem ganda.

3.9.1 Balok






Balok direncanakan menggunakan profil I dengan ketentuan penampang sebagai berikut :

$$\begin{array}{l}
 \text{Plat sayap} \quad : \quad \text{Plat badan} \\
 \lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad : \quad \lambda = \frac{h_w}{t_w} \\
 \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} : \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)}
 \end{array}$$

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (N-kompak) } : \lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (N-kompak)}$$

Untuk melakukan perencanaan digunakan Tabel Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F yang ditunjukkan pada Tabel 3.12.

Tabel 3.13 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsingan Sayap	Kelangsingan Badan	Kondisi Batas
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	Y, LTB, FLB, TFY
F5		C, NC, S	S	Y, LTB, FLB, TFY
F6		C, NC, S	N/A	Y, FLB

a. Kuat nominal lentur penampang

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan :

$$M_u \leq \varphi M_n \quad (3.17)$$

Keterangan :

M_u = momen lentur terfaktor

φ = faktor tahanan = 0,9 (DFBK)

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

- **Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal**

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahanan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- **Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral**

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L . Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

b. Kuat geser

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu (V_n) harus memenuhi

$$V_u \leq \varphi V_n \quad (3.18)$$

Ketrangan :

φ = faktor tahanan = 0,90

V_n = tahanan geser nominal plat badan

Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah :

$$V_n = 0.6f_y A_w C_v \quad (3.19)$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

- Bila $h/t_w \leq 1.10 \sqrt{E/f_y}$ Maka, $C_v = 1.0$ (3.20)

- Bila $1.10 \sqrt{k_v E/f_y} < h/t_w \leq 1.37 \sqrt{k_v E/f_y}$ Maka, $C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E/f_y}}{h/t_w}$ (3.21)

- Bila $h/t_w > 1.37 \sqrt{k_v E/f_y}$ Maka, $C_v = \frac{1.51 k_v E}{(h/t_w)^2 f_y}$ (3.22)

Koefisien tekuk geser plat badan, k_v untuk badan tanpa pengaku transversal ditentukan sebagai berikut :

$$h/t_w < 260 \quad (3.23)$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Ketrangan :

A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w = Ketebalan badan

3.9.2 Desain Kolom

Kolom komposit CFST menerima kombinasi normal dan lentur.

a. Kriteria untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.24)$$
- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{f_y / 3E} \quad (3.25)$$

b. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFST

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.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.26)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.27)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.28)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.29)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.30)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.31)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.32)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.33)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c' \left(A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.34)$$

Penampang persegi diisi beton,

$$f_{cr} = \frac{9 E_s}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (3.35)$$

c. Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.36)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.37)$$

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_{lt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

M_{nt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

- P_{lt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
 P_{nt} = 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 $P - \delta$**

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \quad (3.38)$$

Dengan,

α = 1.00 (DFBK)

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

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.39)$$

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.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.40)$$

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 $P - \Delta$**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{estory}}} \quad (3.41)$$

Dengan,

α = 1.00 (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 perancah gaya lateral.

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

$$P_{estory} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.42)$$

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

d. Momen nominal

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.43)$$

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.

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

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.45)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.46)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.47)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left(3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.48)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.49)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.50)$$

e. Persamaan interaksi aksial momen

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

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

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.51)$$

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

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.52)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

$P_c = \varphi_c P_n$ = Kekuatan aksial desain, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

$M_c = \varphi_b M_n$ = Kekuatan lentur desain, Nmm

φ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

φ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

3.9.3 Desain Balok-Kolom

- Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur:
 - Momen lentur dominan

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (3.53)$$

- Gaya aksial dominan

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,20 \rightarrow \frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,00 \quad (3.54)$$

Keterangan:

P_u = Gaya normal tekan akibat beban terfaktor

M_{ux} dan M_{uy} = Momen lentur (amplifikasi) terhadap sumbu x dan sumbu y

P_n = Kekuatan nominal tekan

M_{nx} dan M_{ny} = Kekuatan nominal lentur terhadap sumbu x dan sumbu y

$\phi_c = 0,85$ faktor reduksi untuk kuat tekan

$\phi_b = 0,90$ faktor reduksi untuk kuat lentur

- Amplifikasi momen

- Amplifikasi momen untuk elemen tidak bergoyang

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} \quad (3.55)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crb}} \right)} \geq 1,00 \quad (3.56)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4\beta \leq 1,0 \rightarrow \beta = \frac{M_1}{M_2} \quad (3.57)$$

- Amplifikasi momen untuk elemen bergoyang

$$M_u = \delta_b \cdot M_{nt} + \delta_s \cdot M_{lt} \quad (3.58)$$

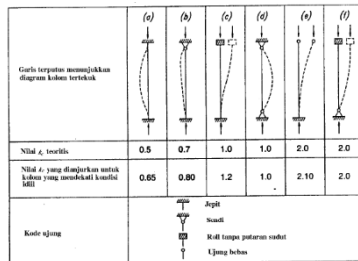
$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum N_u}{\sum N_{crs}} \right)} \quad (3.59)$$

$$N_{crb} = N_{crs} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_g \quad (3.60)$$

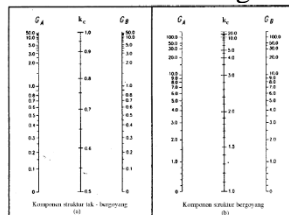
Keterangan:

M_{ntu} = momen berfaktor pada analisa orde pertama yang diakibatkan oleh beban tidak menimbulkan goyangan (beban gravitasi)

- δb = Faktor amplifikasi, untuk memasukan pengaruh P- δ
- Nu = Gaya tekan berfaktor
- N_{crb} = Gaya tekan kritis Euler untuk elemen tidak bergoyang (k-untuk tidak bergoyang)
- C_m = 1; elemen dengan ujung-ujung sederhana
- C_m = 0,85; elemen dengan ujung-ujung kaku
- Mlt = momen berfaktor pada analisa orde pertama yang diakibatkan beban yang menimbulkan pergoangan (beban lateral)
- δs = Faktor amplifikasi, untuk memasukan pengaruh P- Δ
- ΣNu = jumlah gaya tekan berfaktor seluruh kolom dalam satu tingkat yang ditinjau
- ΣN_{crb} = jumlah gaya kritis Euler untuk element bergoyang, (k-bergoyang) dalam satu tingkat yang ditinjau



Gambar 3.11 Nilai kc Untuk Kolom Dengan Ujung-Ujung Ideal



Gambar 3.12 Nilai kc Untuk Komponen Struktur (A) Tidak Bergoyang (B) Bergoyang

3.9.4 Dinding Geser Pelat Baja (SPSW/Steel Plate Shear Wall)

Kontrol dinding geser plat baja yang dipasang dengan ketebalan tertentu.

a. Syarat panel :

$$0.8 < \frac{L}{h} < 2.5 \quad (3.61)$$

b. Kontrol sudut kemiringan tarik plat $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h_s^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (3.62)$$

Keterangan :

- 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:

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (3.63)$$

c. Kekuatan geser nominal plat

$$\phi V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2 \alpha \quad (3.64)$$

Dimana :

- t_w = ketebalan plat, mm
- L_{cf} = jarak bersih antar kolom, mm

3.10 Perencanaan Sambungan

Melakukan perencanaan sambungan dengan memperhatikan jenis alat sambung yang digunakan dan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul nantinya tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur yang lain.

3.10.1 Baut

a. Kekuatan baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_n harus memenuhi

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.65)$$

Keterangan :

ϕ = faktor tahanan

R_n = tahanan nominal baut

1. Baut dalam geser

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u A_b \quad (3.66)$$

2. Baut yang memikul gaya tarik

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \quad (3.67)$$

3. Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m \quad (3.68)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (3.69)$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (3.70)$$

4. Tahanan tumpu

$$R_d = \phi_f R_n = 2.4 \phi_f d_b t_p f_u \quad (3.71)$$

Keterangan :

r_1 = 0.5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

ϕ_f = faktor tahanan untuk fraktur

f_u^b = kuat tarik baut

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

n = jumlah baut

- m = jumlah bidang geser
 d_b = diameter baut nominal pada daerah tak berulir
 t_p = tebal plat
 f_u = kuat tarik terendah baut atau plat

b. Tata letak baut

- Spasi minimum
 Jarak antara pusat-pusat standar, ukuran-ukuran, atau lubang-lubang slot tidak boleh kurang dari $\frac{2}{3}$ kali diameter nominal, d , dari sarana penyambung tersebut; jarak minimum yang umum digunakan adalah $3d$.
- Spasi maksimum dan jarak tepi
 Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm. Spasi longitudinal sarana penyambung antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu plat dan suatu profil atau dua plat pada kontak menerus harus sebagai berikut:
 - Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan bagian tertipis atau 305 mm.
 - Untuk komponen struktur tak-dicat dari baja yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 180 mm.

3.10.2 Sambungan Las

a. Las Tumpul

Area efektif las tumpul harus diperhitungkan sebagai panjang las kali throat efektif. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-lengkap (P JL) harus

mempunyai ketebalan sesuai dengan bagian yang tertipis di join. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS) harus seperti yang tertera padatable berikut:

Tabel 3.14 Throat Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian

Proses Pengelasan	Posisi Pengelasan F (datar), H (Horizontal), V (Vertikal), OH (overhead)	Tipe Las Tumpul (AWS D1.1/D1.1M, Gambar 3.3)	Throat Efektif
Shielded metal arc (SMAW)	Semua	Las tumpul J atau U V 60°	Tinggi las tumpul
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)			
Submerged arc (SAW)			
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)	F, H	Miring 45°	Tinggi las tumpul
Shielded metal arc (SMAW)	Semua	Miring 45°	Tinggi las tumpul dikurangi 1/8 in. (3 mm)
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)			

b. Las Sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang tw_1 , tw_2 , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las.

Tabel 3.15 Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan $1/4$ (6)	$1/8$ (3)
Lebih besar dari $1/4$ (6) sampai dengan $1/2$ (13)	$3/16$ (5) $1/4$ (6)
Lebih besar dari $1/2$ (13) sampai dengan $3/4$ (19)	$5/16$ (8)
Lebih besar dari $3/4$ (19)	
^[a] Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus digunakan. Catatan : Lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut.	

- Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi
 - Ukuran maksimum las sudut dari bagian bagian yang disambung harus :
 - Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.
 - Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm atau lebih; tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat-penuh. Untuk kondisilas yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

- Panjang minimum las sudut

Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan $\frac{1}{4}$ dari panjangnya.

- Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (3.72)$$

dengan,

$$R_n = f_{nBM} A_{BM} \text{ (logam dasar)} \quad (3.73)$$

$$R_n = f_{nw} A_{we} \text{ (las)} \quad (3.74)$$

Keterangan :

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

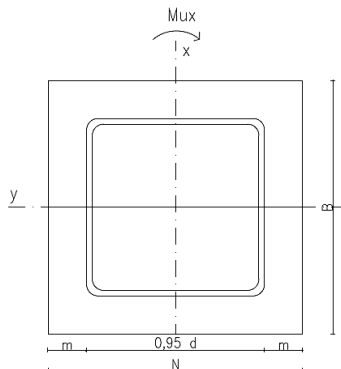
f_{nw} = tegangan nominal dari logam las, MPa

A_{BM} = Luas penampang logam dasar, mm²

A_{we} = Luas efektif las, mm²

3.10.3 Base Plate

Perencanaan base plate digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Berikut adalah perhitungan *base plate*.



Gambar 3.13 Arah Beban Sumbu X pada *Base Plate*

$$e = \frac{Mux}{Pu} \quad (3.75)$$

Akibat beban Pu

$$fpa = \frac{Pu}{B.N} \quad (3.76)$$

Akibat beban Mux

$$fpb = \frac{6Mux}{B.N^2} \quad (3.77)$$

Tekanan Maksimal

$$fp(max) = fpb + fpa \quad (3.78)$$

Menentukan Mupl

$$m = \frac{(N - 0.95D)}{2} \quad (3.79)$$

$$Mupl = (fp(max) - 2fpb \frac{m}{n})x(\frac{m^2}{2}) + (2fpb \frac{m}{n})(\frac{m^2}{3}) \quad (3.80)$$

Menentukan tebal *base plate*

$$t = \sqrt{\frac{4Mupl}{\phi fy}} \quad (3.81)$$

3.11 Perencanaan Struktur Bawah

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Puer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

3.11.1 Perencanaan Poer

Ketebalan minimum poer dibatasi dalam SNI 2847:2013 Pasal 15.7. Perencanaan tebal poer, khususnya untuk poer dengan bentuk persegi panjang harus dikontrol dengan kerja poer sebagai balok lebar atau dua arah.

Berikut ini adalah rumus untuk mengontrol tebal poer atau plat fondasi.

- **Kerja balok lebar**

$$V_u \leq \varphi V_n \quad (3.82)$$

atau

$$V_u \leq \varphi \times \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_w \times d \right) \quad (3.83)$$

- **Kerja balok lebar**

$V_u \leq$ minimum dari :

$$\left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_o \times d \right) \quad (3.84)$$

$$\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{12} \times b_o \times d \right) \quad (3.85)$$

$$\left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_w \times d \right) \quad (3.86)$$

Dimana :

β_c = Rasio antara sisi panjang dan sisi pendek dari kolom atau dinding

b_o = Keliling pada permukaan kritis

α_s = 40 untuk kolom dalam
30 untuk kolom tepi
20 untuk kolom sudut

b. Penulangan poer

Momen poer yang ditentukan berdasarkan pada Pasal 15.4, SNI 2847:2013 akan digunakan pada perhitungan penulangan poer yang disesuaikan dengan Pasal 10, SNI 2847:2013. Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} \quad (3.87)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \quad (3.88)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \quad (3.89)$$

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) + \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.90)$$

$$\rho_{bal_{max}} \quad (3.91)$$

$$\rho_{f_y \min}^{1.4} \quad (3.92)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (3.93)$$

Persyaratan rasio tulangan ρ :

- a. Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka dipakai ρ_{min}
- b. Jika $\rho_{perlu} > \rho_{max}$, maka :
 - Memperbesar penampang
 - Memperbesar mutu baja tulangan, f_y
 - Memperbesar kuat tekan karakteristik beton, f'_c

Luas tulangan yang dibutuhkan adalah :

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d \quad (3.94)$$

dimana :

- M_n = Kekuatan momen nominal penampang (Nmm)
- ρ_{bal} = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
- m = Perbandingan tegangan antara baja dan beton
- R_n = Tegangan penampang (N/mm²)
- A_s = Luas tulangan tarik non prategang (mm²)

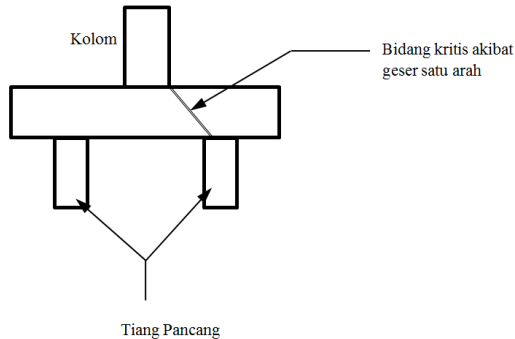
c. Kontrol Terhadap Geser Ponds

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan-persamaan berikut :

1. Geser satu arah pada poer

- Tentukan beban poer $q_r = \frac{p}{LuasPoer}$
- Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah
- Kontrol d (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah
- $\sigma_u = \frac{\Sigma P}{A}$
- $V_u = \sigma_u \times (\text{luas total poer} - \text{luas ponds})$
- Kontrol perlu kebutuhan tulangan geser :
 $\phi V_c > V_u$ (tidak perlu tulangan geser)
 $\phi V_c < V_u$ (perlu tulangan geser)
 Jika $\phi V_c < V_u$ (perlu tulangan geser), maka dimensi poer dibesarkan.

Gambar bidang kritis akibat geser satu arah ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Bidang Kritis Akibat Geser Satu Arah

2. Geser dua arah pada poer

- Kontrol kemampuan beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_o \times d \quad (3.95)$$

Dimana :

β_c = Rasio antara sisi panjang dan sisi pendek dari kolom atau dinding

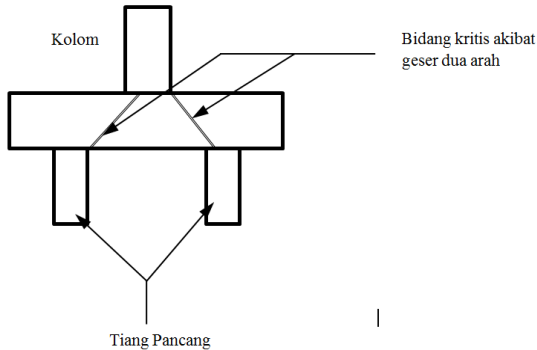
b_o = Keliling dari penampang kritis

$$b_o = 4(0.5d + b_{kolom} + 0.5d) \quad (3.96)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \quad (3.97)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \quad (3.98)$$

Gambar bidang kritis akibat geser satu arah ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Bidang Kritis Akibat Geser Dua Arah

3.11.2 Tiang Pancang

a. Gaya yang Bekerja Pada Sebuah Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung gaya yang bekerja pada sebuah tiang pancang akibat beban vertikal dan momen :

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot d_{xi}}{\sum_{i=1}^n d_{xi}^2} \pm \frac{M_x \cdot d_{yi}}{\sum_{i=1}^n d_{yi}^2} \quad (3.99)$$

Dimana :

$\sum V$ = Jumlah beban vertikal (N)
 n = Jumlah tiang

M_x dan M_y = Momen-momen yang bekerja pada perletakan (Nmm)

d_{xi} dan d_{yi} = Jarak-jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kelompok tiang, nilai +/- menunjukkan posisi tiang tertekan atau tertarik akibat adanya momen (mm)

b. Daya Dukung Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus umum daya dukung tiang tunggal :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.100)$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas ultimit tiang pancang (N)

Q_e = Kapasitas ujung tiang pancang (N)

Q_f = Kapasitas gesekan tiang pancang (N)

W = Berat tiang pancang (N)

Untuk perhitungan daya dukung tiang berdasarkan penyajian data tanah SPT dapat dihitung dengan cara berikut :

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.101)$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada fondasi

Q_P = *Resistance ultimate* di dasar fondasi

Q_S = *Resistance ultimate* akibat lekatan lateral

$$Q_P = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.102)$$

Dimana :

A_p = Luas penampang ujung tiang

N_p = Harga rata-rata SPT 4D diatas ujung tiang dan 4D di bawah ujung tiang

K = Koefisien karakteristik tanah
 $12 \text{ t/m}^2 = 117.7 \text{ kPa}$, untuk lempung

20 t/m² = 196 kPa, untuk lanau berlempung

25 t/m² = 245 kPa, untuk lanau berpasir

40 t/m² = 392 kPa, untuk pasir

$$Q_p = \text{Tegangan di ujung tiang}$$

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \quad (3.103)$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral pada sisi tiang

N_s = Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam $3 \leq N \leq 50$

A_s = Luas selimut tiang yang terbenam (keliling x panjang terbenam)

Harga N yang digunakan dalam hitungan perancangan dengan memperhatikan koreksi *overburden* dinyatakan oleh persamaan : (Skempton, 1986)

$$N = C_N \cdot N' \quad (3.104)$$

Dimana :

$N' = N$ = Jumlah pukulan kenyataan di lapangan

a) Untuk pasir halus *normally consolidated* :

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{p_o'}{p_r}} \quad (3.105)$$

b) Untuk pasir kasar *normally consolidated* :

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{p_o'}{p_r}} \quad (3.106)$$

c) Untuk pasir *overconsolidated* :

$$C_N = \frac{1,7}{0,7 + \frac{p_o'}{p_r}} \quad (3.107)$$

Dengan,

p_o' = tekanan *overburden* efektif (kN/m²)

p_r = 100 kN/m² = tegangan efektif referensi.

c. Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Efisiensi kelompok tiang ditentukan dengan menggunakan persamaan konversi Labarre.

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \quad (3.108)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{D}{s} \right) \quad (3.109)$$

- E_k = Efisiensi kelompok tiang pancang
 n = Jumlah tiang dalam kolom
 m = Jumlah tiang dalam baris
 s = jarak titik pusat tiang pancang ke titik berat poer (mm)
 D = Diameter tiang pancang (mm)
- Sehingga daya dukung 1 tiang dalam kelompok adalah :

$$Q_{ult} = E_k \times Q_{ult(1tiang)} \quad (3.110)$$

Dimana :

$$Q_{ult} \geq P_{max} \text{ tiang} \quad (3.111)$$

$$Q_{ult} \geq P_{min} \text{ tiang} \quad (3.112)$$

d. Daya Dukung Bahan Tiang Pancang

Daya dukung bahan tiang pancang diperhitungkan berdasarkan data tiang pancang dari perusahaan penyedia tiang pancang yang kemudian dibandingkan dengan daya dukung tanah dan beban yang diterima tiang pancang.

3.12 Pengerjaan Gambar Rencana

Dari hasil perhitungan struktur atas (pelat, balok, kolom dan dinding geser pelat baja) dan struktur bawah dituangkan ke dalam gambar rencana. Gambar rencana dibuat dengan program bantu Autocad.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

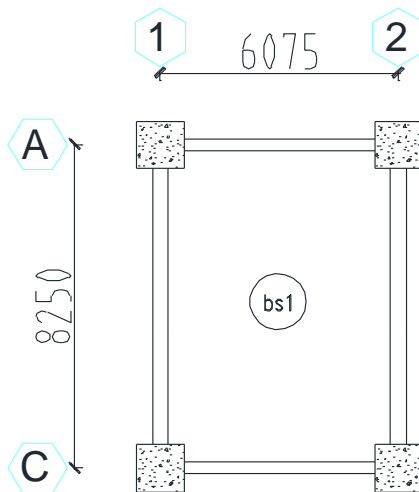
BAB IV HASIL ANALISA DAN PERENCANAAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Setelah direncanakan dimensi struktur maka dilakukan proses *trial and error* dalam analisis struktur. Adapun perhitungan *preliminary design* sebagai berikut :

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk Beton

Tinggi minimum balok induk direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 9.5.2 (Tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk f_y selain 420 Mpa nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 f_y/700)$. Direncanakan menggunakan tulangan $f_y=420$ Mpa, sehingga dimensi balok induk direncanakan. Berikut ini adalah beberapa contoh perhitungn dimensi balok induk :



Gambar 4.1 Potongan Penampang Balok Induk 40/60 cm

Pada Gambar 4.1 bs1 merupakan keterangan balok induk yang ditinjau. Keterangan dimensi balok induk basement dapat dilihat di Lampiran A pada Tabel A.1. Untuk denah pelat dapat dilihat pada Lampiran Gambar dengan Nomor Gambar 27.

- Balok induk memanjang

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{8250}{16} = 515,625 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 600}{3} = 400 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang sebesar 40/60 cm.

- Balok induk melintang

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{6075}{16} = 379,6875 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 400}{3} = 266,67 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang sebesar 40/50 cm tetap digunakan 40/60 cm.

Rekapitulasi preliminary design balok induk dapat dilihat di Lampiran A pada Tabel A.2, Tabel A.3 dan Tabel A.4.

4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak Beton

Tinggi minimum balok anak direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 9.5.2 (Tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk f_y selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 f_y/700)$. Direncanakan menggunakan tulang $f_y=420$ Mpa, sehingga dimensi balok anak direncanakan:

- Balok anak pada bs1

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{8250}{21} = 392,85 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 400}{3} = 266,67 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok anak memanjang sebesar 30/40 cm.

- Balok anak Tipe II

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{6075}{21} = 289,29 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 300}{3} = 200 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok anak memanjang sebesar 20/30 cm.

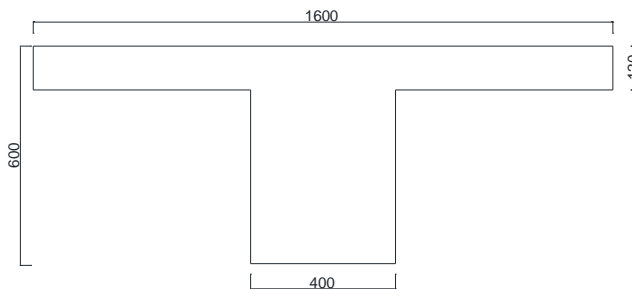
Rekapitulasi preliminary design balok anak dapat dilihat di Lampiran A pada Tabel A.2, Tabel A.3 dan Tabel A.4.

4.1.3 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton

Direncanakan tebal pelat 12 cm dan ukuran balok 40/60 cm.

Perhitungan lebar efektif:

1. $be1 = L/4 = 941/4 = 235,25$
2. $be2 = bw + 8t = 40 + 8 \times 15 = 160$
3. $be3 = bw + \frac{1}{2}S = 40 + 0,5 \times 182,5 = 131,25 \text{ cm}$



Gambar 4.2 Potongan Penampang Balok Induk 40/60 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131,25}{40} - 1\right) \left(\frac{15}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{60}\right) + 4 \left(\frac{15}{60}\right)^2 + \left(\frac{131,25}{40} - 1\right) \left(\frac{15}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{131,25}{40} - 1\right) \left(\frac{15}{60}\right)}$$

$$k = 1,68$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,68 \times 40 \times 60^3$$

$$I_{balok} = 1212584 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 941 \times \frac{15^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 135504 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{1212584}{135504} = 8,94 > 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5

$$h_{min} = \frac{L_n \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{941 \left(0,8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \left(\frac{941}{182,5} \right)}$$

$$= 12,5 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm}$$

Tebal pelat yang direncanakan 12 cm tidak memenuhi.
Pada perencanaan menggunakan tebal pelat 13 cm.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom Basement

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan

momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727:2013 untuk beban mati dan SNI 1727:2013 untuk beban hidup, yang diberikan di tiap lantainya sebagai perencanaan pembebanan kolom.

1. Beban Mati

Tabel 4.1 Beban Mati Keseluruhan Bangunan

Jenis	b (m)	l (m)	h	n	Total	Pengali	Berat (kg)
Aspal	8,05	7,15	x	3	172,6725	28	4834,83
plafon+penggantung	8,05	7,15	x	3	172,6725	18	3108,105
MEP	8,05	7,15	x	3	172,6725	25	4316,813
spesi	8,05	7,15	x	3	172,6725	21	3626,123
Keramik	8,05	7,15	x	3	172,6725	24	4144,14
Beton pelat (bondek)	8,05	7,15	0,075	3	172,6725	2400	414414
bondek	8,05	7,15	x	3	172,6725	10,1	1743,992
balok memajang	8,05	7,15	x	3	172,6725	137	23656,13
Balok melintang	8,05	7,15	x	3	172,6725	137	23656,13
Kolom beton (CFT)	0,7	0,7	4	3	1,47	2400	3528
Kolom Baja (CFT)	0,0709		4	3	0,8508	7850	6678,78
Beton basement	8,05	7,15	0,15	3	172,6725	2400	414414
Balok Basemen memanjang	8,05	7,15	0,22	3	172,6725	2400	414414
Balok Basemen melintang	8,05	7,15	0,22	3	172,6725	2400	414414
Total							1736949

2. Beban Hidup

Tabel 4.2 Beban Hidup Keseluruhan Bangunan

Jenis	b (m)	h (m)	l	n	Total	Pengali	Berat (kg)
Atap	8,05	7,15	x	3	172,6725	97,894	16903,6
Lantai	8,05	7,15	x	3	172,6725	195,787	33807,03
Total							50710,63

3. Beban berfaktor

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 1736949 + 1,6 \times 50710,6 = 2165476 \text{ kg}$$

4. Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ($\phi=0,35$).

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{2165476}{0,35 \times 40 \times 9,81} = 6590,903 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{14029,65} = 118,45 \text{ cm} \approx 120 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi kolom pada *basement* menggunakan dimensi 120/120 cm.

4.1.5 Perencanaan Dimensi Shearwall Basement

Bedasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

$$T \geq H/25 = 3000/25 = 120 \text{ mm}$$

$$T \geq L/25 = 9410/25 = 376 \text{ mm}$$

Direncanakan tebal dinding geser sebesar 400 mm

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder meliputi perencanaan dimensi pelat lantai gedung, perencanaan balok anak, perencanaan tangga, dan perencanaan balok lift.

4.2.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung

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

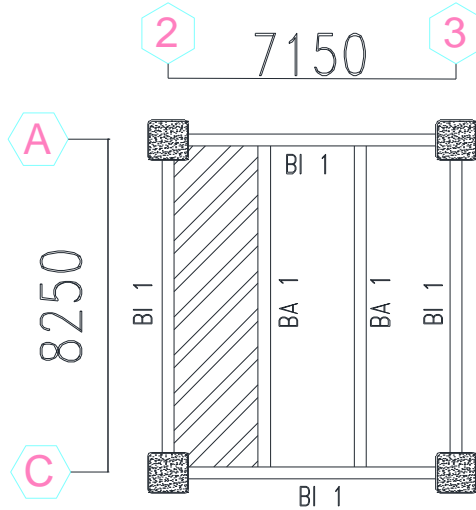
- A.** Pelat Lantai Atap
- B.** Pelat Lantai 1-33 Apartemen
- C.** Pelat Lantai LG, GF, dan UG
- D.** Pelat Lantai Koridor
- E.** Pelat Lantai Lobby
- F.** Pelat Lantai Retail / Mini Anchor

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 $f_c' = 25 \text{ Mpa}$.
- Bondex menggunakan tebal 0.75 mm.
- Mutu baja tulangan U-48 ($f_y = 4800 \text{ kg/cm}^2$).

4.2.1.1 Pelat Atap

Denah pelat atap dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Pelat Atap yang Direncanakan

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

Beban Mati :

- Berat aspal (2 cm) : $2 \times 14 = 28 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafond dan penggantung : $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat *ducting* dan *plumbing* : $19,53 \text{ kg/m}^2$
- $q_D = 65,53 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai atap : $q_L = 97,894 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L$
 $= 65,53 + 97,894 = 163,424 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan pelat bondex

- Bentang : $= 2,50 \text{ m}$

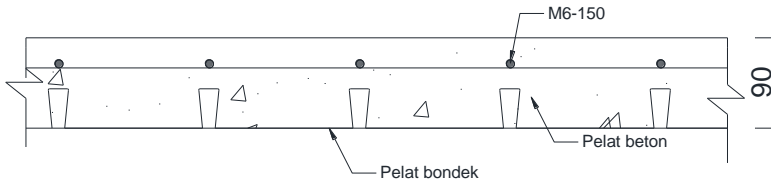
- Beban berguna = 200
- Dari tabel perencanaan praktis “SUPER FLOOR DECK” dengan spesifikasi bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $1,71 \text{ cm}^2/\text{m}$

Menentukan tulangan negatif

Konversi tulangan

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 1,71 \times 4800/5000 \\ &= 1,64 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

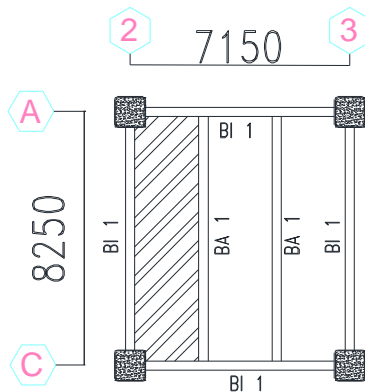
Berdasarkan brosur wiremesh dengan tulangan negatif sebesar $1,88 \text{ cm}^2/\text{m}$ digunakan tulangan negatif Wiremesh M6-150.



Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai Atap

4.2.1.2 Pelat Lantai 1 - 33 Apartemen

Denah pelat lantai 1-33 dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Pelat Lantai 1-33 yang Direncanakan

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

Beban Mati :

- Berat spesi (1 cm) : 21 = 21 kg/m²
 - Berat keramik (1 cm) = 24 kg/m²
 - Berat plafond dan penggantung : 11 + 7 = 18 kg/m²
 - Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,53 kg/m²
- $q_D = 82,53 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai apartemen $q_L = 195,787 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna:

- $Q_u = q_D + q_L$
 $= 82,53 + 195,787 = 278,317 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan pelat bondex

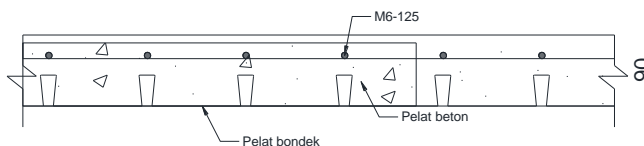
- Bentang = 2,50
- Beban berguna = 300
- Dari tabel perencanaan praktis “SUPER FLOOR DECK” dengan spesifikasi bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 2,09 cm²/m

Menentukan tulangan negatif

Konversi tulangan

- As pakai = 2,09 x 4800/5000
 $= 2,01 \text{ cm}^2/\text{m}$

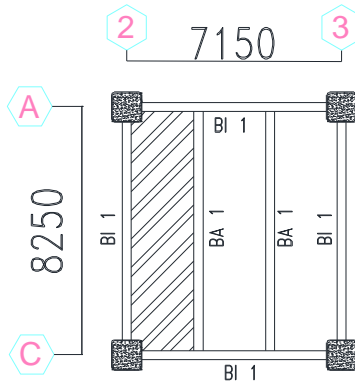
Berdasarkan brosur wiremesh dengan tulangan negatif sebesar 2,26 cm²/m digunakan tulangan negatif Wiremesh M6-125.



Gambar 4.6 Penulangan Pelat Lantai 1 – 33 Apartemen

4.2.1.3 Pelat Lantai LG, GF, dan UG

Denah pelat lantai LG, GF, dan UG dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pelat Lantai LG, GF, dan UG yang Direncanakan Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat spesi (1 cm) : 21 = 21 kg/m²
 - Berat keramik (1 cm) = 24 kg/m²
 - Berat plafond dan penggantung : 11 + 7 = 18 kg/m²
 - Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,53 kg/m²
- $q_D = 82,53 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai apartemen $q_L = 195,787 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna:

$$\begin{aligned}
 - Q_u &= q_D + q_L \\
 &= 88 + 195,787 = 278,317 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Perencanaan pelat bondex

- Bentang = 2,50
- Beban berguna = 300

- Dari tabel perencanaan praktis “SUPER FLOOR DECK” dengan spesifikasi bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $2,09 \text{ cm}^2/\text{m}$

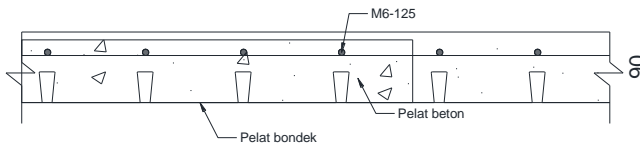
Menentukan tulangan negatif

Konversi tulangan

As pakai = $2,09 \times 4800/5000$

= $2,01 \text{ cm}^2/\text{m}$

Berdasarkan brosur wiremesh dengan tulangan negatif sebesar $2,26 \text{ cm}^2/\text{m}$ digunakan tulangan negatif Wiremesh M6-125.



Gambar 4.8 Penulangan Pelat Lantai LG, GF, dan UG Apartemen

Untuk perhitungan pelat lantai yang lain berdasarkan perbedaan fungsi berbeda pada beban hidup. Untuk lantai koridor beban hidup sebesar $= 488 \text{ kg/m}^2$, lantai lobby sebesar $= 488 \text{ kg/m}^2$, lantai retail / mini anchor sebesar $= 366 \text{ kg/m}^2$. Berdasarkan SNI 1727 : 2013 Tabel 4-1 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Pelat

Deskripsi	Tebal (mm)	Tulangan negatif
Lantai Atap	9	M6 - 150
Lantai 1-33	9	M6 - 125
Lantai LG, GF, UG	9	M6 - 125
Koridor	9	M7 - 100
Lobby	9	M7 - 100
Retail	9	M7 - 125

4.2.1.4 Pelat Lantai Basement

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan SNI 1727-2013.

• Beban Mati	
○ Berat beton (0.13x2400)	= 312 kg/m ²
○ Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m ²
○ Berat keramik	= 24 kg/m ²
○ Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m ²
○ Berat MEP	= 19,53 kg/m ² +
Total	= 394,53 kg/m ²

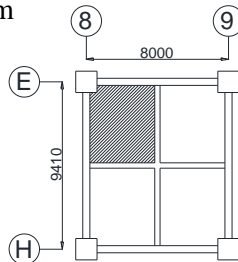
• Beban Hidup	
○ Lantai	= 195,787 kg/m ²
Total (q_L)	= 195,787 kg/m ²

• Beban Berfaktor	
$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(394,53) + 1,6(195,787)$	
$= 786,67 \text{ kg/m}^2$	

Data-data perencanaan pelat beton:

Tebal pelat = 130 mm

Selimut beton = 40 mm



Gambar 4.9 Pelat yang diperhitungkan

$$L_x = 365 \text{ cm}$$

$$L_y = 433,5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{433,5}{365} = 1,92 < 2 \text{ (Pelat satu arah)}$$

Mutu beton = 45 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(45 - 28)}{7} = 0,729$$

$$\rho_b = \frac{0,85x\beta_1x f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

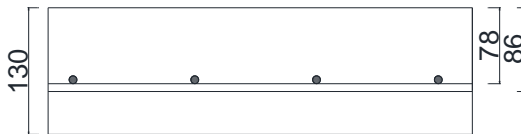
$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.729 \times 450}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0390$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0390 = 0.0292$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{45}}{420} = 0.0039$$

ρ_{min} dipakai 0.0039

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 45} = 10.98$$



Gambar 4.10 Penulangan Pelat

d_x = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$d_x = 130 - 40 - (0,5 \times 8) = 86 \text{ mm}$$

d_y = tebal pelat - selimut beton - diameter tulangan bawah - 0,5 diameter tulangan atas

$$d_y = 130 - 40 - 8 - (0,5 \times 8) = 78 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel

13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 850,86 \cdot 3,65^2 \cdot 28$$

$$= 295,9095 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 850,86 \cdot 3,65^2 \cdot 64$$

$$= -676,365 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 850,86 \cdot 3,65^2 \cdot 20$$

$$= 211,3639 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 850,86 \cdot 3,65^2 \cdot 56$$

$$= -591,819 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{6763650}{0,9 \cdot 1000 \cdot 86^2} = 1,016$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 1,016}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00245$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0039$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0039 \times 1000 \times 105 = 419,26 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{A_{\text{asperlu}}} = \frac{0,25 \pi x 10^2 x 1000}{459,19} = 187,32 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur ϕ 10-200

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{6461280}{0,9 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 0,795$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,98 \times 0,795}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00191$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0039$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0039 \times 1000 \times 95 = 379,333 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{A_{\text{asperlu}}} = \frac{0,25 \pi x 10^2 x 1000}{379,333} = 207,0472 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur ϕ 10-250.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat 1	Lx = 400 cm	ϕ 10-200 mm	ϕ 10-250 mm
	Ly = 740 cm		
Pelat 2	Lx = 303,75 cm	ϕ 10-200 mm	ϕ 10-250 mm
	Ly = 825cm		

Tabel 4.5 Rekapitulasi Penulangan Pelat (Lanjutan)

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat 3	Lx = 303,75 cm	Ø10-200 mm	Ø10-250 mm
	Ly = 812,5 cm		
Pelat 4	Lx = 357,5 cm	Ø10-200 mm	Ø10-250 mm
	Ly = 812,5 cm		
Pelat 5	Lx = 357,5 cm	Ø10-200 mm	Ø10-250 mm
	Ly = 825 cm		
Pelat 6	Lx = 400 cm	Ø10-200 mm	Ø10-250 mm
	Ly = 822,5 cm		
Pelat 7	Lx = 400 cm	Ø10-200 mm	Ø10-250 mm
	Ly = 752,5 cm		
Pelat 8	Lx = 400 cm	Ø10-200 mm	Ø10-250 mm
	Ly = 825 cm		

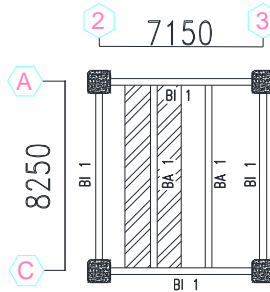
4.2.2 Perencanaan Balok Anak

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

Perencanaan balok anak dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan fungsi ruangan sama halnya dengan pembagian fungsi pada perhitungan pelat.

4.2.2.1 Balok Anak Lantai Atap

Balok anak lantai atap dengan panjang 8,25 m. Balok anak atap yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Balok Anak Atap yang Direncanakan

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 400x200x7x11, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 56,6 \text{ kg/m}$	$r = 16 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 72,16 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1088 \text{ cm}^3$	$= 342 \text{ mm}$
$d = 396 \text{ mm}$	$Z_y = 222 \text{ cm}^3$	$S_x = 1010 \text{ cm}^3$
$b_f = 199 \text{ mm}$	$i_x = 16,7 \text{ cm}$	$S_y = 145 \text{ cm}^3$
$t_w = 7 \text{ mm}$	$i_y = 4,48 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 11 \text{ mm}$	$I_x = 20000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 1450 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

1. Perhitungan Pembebanan

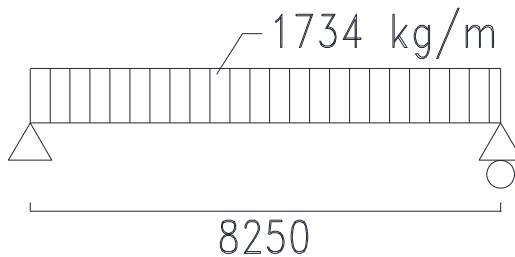
Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.

- **Beban Mati**
- Berat pelat bondek $= 10.1 \text{ kg/m}^2$
- Berat beton (0.09x2400) $= 216 \text{ kg/m}^2$
- Berat aspal 2 cm (2x14) $= 28 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung (11+7) $= 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat MEP $= 19.53 \text{ kg/m}^2 +$
- Total $= 291.6 \text{ kg/m}^2$

Berat perhitungan pelat lantai	
Total x lebar pelat = 291.6×3.075	= 896.67 kg/m
Berat profil	= 56.6 kg/m +
	= 953.27 kg/m
Sambungan (10%)	= 95.327 kg/m +
Total (q_D)	= 1048.6 kg/m

- **Beban Hidup**
Lantai atap (97.894×3.0375) = 297.353 kg/m
Total (q_L) = 297.353 kg/m

- **Beban Berfaktor**
 $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(1048.6) + 1,6(297.353)$
= 1734 kg/m

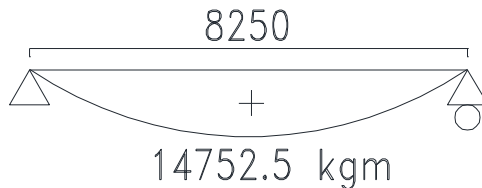


Gambar 4.12 Pembebanan pada Balok Anak Atap

2. Gaya dalam pada balok anak atap

- Momen yang terjadi

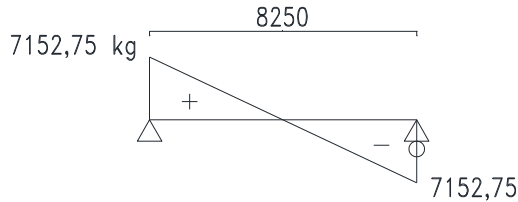
$$M_u = \frac{1}{8} x q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 1734.35 x 8.25^2 = 14752.5 \text{ kgm}$$



Gambar 4.13 Gaya Momen Balok Anak Atap

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L = \frac{1}{2} x 1734.35 x 8.25 = 7152.75 \text{ kg}$$



Gambar 4.14 Gaya Geser Balok Anak Atap

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{2 \cdot 11} = 9.04$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{342}{7} = 48.85$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 1088 \times 2500 = 2720000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1475250 \leq 0.9 \times 2720000$$

$$1475250 \text{ kgcm} \leq 2448000 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

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

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

$$L_p = 223 \text{ cm}$$

$$L_r = 622 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang Pendek)}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 1088 \cdot 2500$$

$$= 2720000 \text{ kg cm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1475250 \leq 0.9 \times 2720000$$

$$1475250 \text{ kgcm} \leq 2448000 \text{ kgcm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{7} = 48.85$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.357$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 34,2 \times 0,7 \times 1$$

$$= 35910 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$7154 \text{ kg} \leq 35910 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 825 \text{ cm}$$

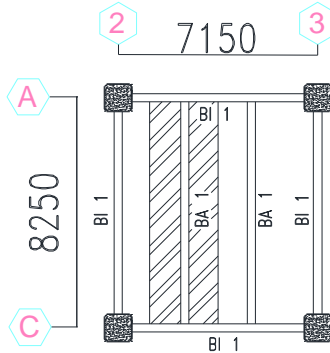
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{825}{360} = 2.29 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(10.48 + 2.9735) \times 825^4}{2000000 \times 20000} = 2.02 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2.19 \text{ cm} < 2.29 \text{ cm (OK)}$$

4.2.2.2 Balok Anak Lantai Apartemen

Balok anak lantai apartemen dengan panjang 8,25 m. Balok anak atap yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Balok Anak Lantai yang Direncanakan

Balok anak yang terletak pada lantai apartemen direncanakan menggunakan profil WF 600x200x10x15, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 94,6 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h = d-2(t_r+r)$
$A = 120,5 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2535 \text{ cm}^3$	$= 510 \text{ mm}$
$d = 596 \text{ mm}$	$Z_y = 311 \text{ cm}^3$	$S_x = 4980 \text{ cm}^3$
$b_f = 199 \text{ mm}$	$i_x = 23,9 \text{ cm}$	$S_y = 602 \text{ cm}^3$
$t_w = 10 \text{ mm}$	$i_y = 4,05 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 15 \text{ mm}$	$I_x = 68700 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 7670 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

1. Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai 1-33 ini menggunakan SNI 1727-2013.

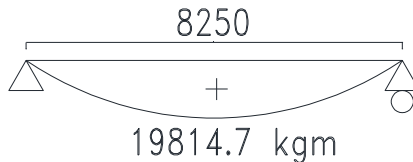
- Beban Mati
 - Berat pelat bondek $= 10.1 \text{ kg/m}^2$
 - Berat beton (0.09x2400) $= 216 \text{ kg/m}^2$
 - Berat spesi 1 cm (1x21) $= 21 \text{ kg/m}^2$

○ Berat keramik	= 24 kg/m ²
○ Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m ²
○ Berat MEP	= 19.53 kg/m ² +
Total	= 308.63 kg/m ²
Berat perhitungan pelat lantai	
Total x lebar pelat = 308.63 x 3.075	= 949.04 kg/m
Berat profil	= 94,6 kg/m +
	= 1043.64 kg/m
Sambungan (10%)	= 104.36 kg/m +
Total (q _D)	= 1148 kg/m
• Beban Hidup	
Lantai (195.787x3.0375)	= 594.703 kg/m
Total (q _L)	= 594.703 kg/m
• Beban Berfaktor	
q _U = 1,2q _D + 1,6q _L = 1,2(1148) + 1,6(594.703)	
	= 2329 kg/m



Gambar 4.16 Pembebanan pada Balok Anak Lantai

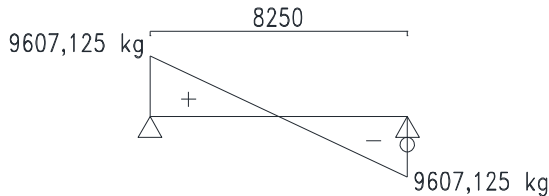
3. Gaya dalam pada balok anak lantai 1-33
- Momen yang terjadi
- $$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 2329 x 8.25^2 = 19814.7 \text{ kgm}$$



Gambar 4.17 Gaya Momen Balok Anak Lantai

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2329 \times 8.25 = 9607.125 \text{ kg}$$



Gambar 4.18 Gaya Geser Balok Anak Lantai

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{2 \times 10} = 9.95$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{510}{10} = 51$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2535 \times 2500 = 6337500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1981470 \leq 0.9 \times 6337500$$

$$1981470 \text{ kgcm} \leq 5703750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

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

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

$$L_p = 201 \text{ cm}$$

$$L_r = 579 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang Pendek)}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2535 \times 2500$$

$$= 6337500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1981470 \leq 0.9 \times 6337500$$

$$1981470 \text{ kgcm} \leq 5703750 \text{ kgcm (OK)}$$

5. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{510}{10} = 51$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.357$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 51 \times 1$$

$$= 76500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$9607.125 \text{ kg} \leq 76500 \text{ kg (OK)}$$

6. Kontrol lendutan

$$L = 825 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{825}{360} = 2.29 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(11,48 + 0,594) \times 825^4}{2000000 \times 68700} = 0.53 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.53 \text{ cm} < 2.29 \text{ cm (OK)}$$

4.2.3 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan yang ada di atasnya. Pada perencanaan ini, struktur tangga menggunakan konstruksi dari baja dengan menggunakan bondek.

4.2.3.1 Tangga Lantai Apartemen

- Tinggi antar lantai (h) = 3400 mm
- Panjang bordes = 1500 mm
- Panjang tangga = 3000 mm
- Lebar tangga = 1350 mm
- Lebar injakan (i) = 300 mm
- Tinggi injakan (t) = 155 mm
- Perhitungan jumlah injakan tangga

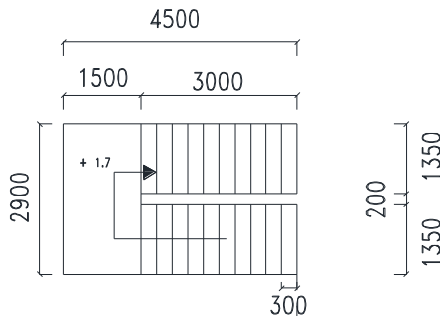
$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{\frac{h}{2}}{t} = \frac{\frac{3400}{2}}{155} = 10.9 \approx 11$$

$$\text{Jumlah injakan} = \text{jumlah tanjakan} - 1 = 11 - 1 = 10$$

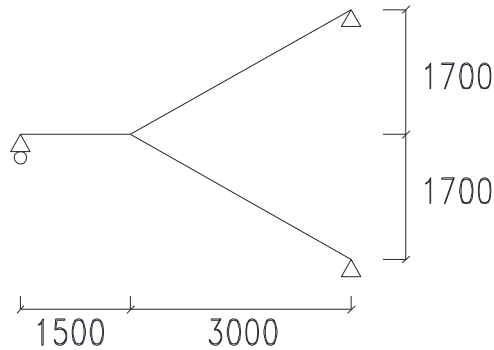
- $60 \text{ cm} \leq (2(t) + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq (2(15.5) + 30) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 6 \leq 65 \text{ cm (OK)}$
- $25^\circ < a < 40^\circ$

$$25^\circ < \arctan\left(\frac{\frac{h}{2}}{\text{panjang tangga}}\right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < 29.5^\circ < 40^\circ \text{ (OK)}$$



Gambar 4.19 Sketsa Denah Tangga

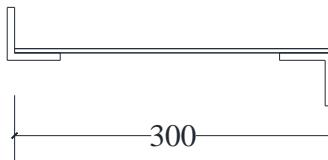


Gambar 4.20 Sketsa Potongan Tangga

4.2.3.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

Mutu baja BJ 41 $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$



Gambar 4.21 Pelat Anak Tangga

1. Perencanaan tebal pelat anak tangga

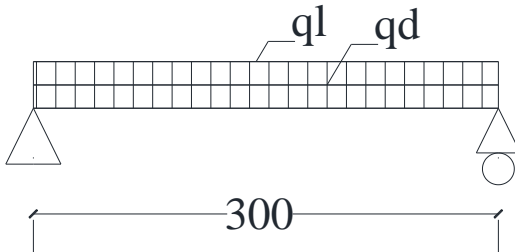
Direncanakan, anak tangga menggunakan pelat baja tebal 4 mm. Peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban mati =

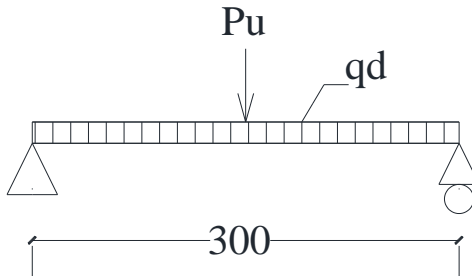
Berat pelat = $0,004 \times 1,35 \times 7850$	$= 42,39 \text{ kg/m}^2$
Sambungan = (10% Berat Pelat)	$= 4,239 \text{ kg/m}^2 +$
Total (q_D) =	$= 46,629 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup

Tangga dan jalan keluar	$= 488,44 \text{ kg/m}^2$
Beban hidup per meter = $488,44 \times 1,35$	$= 659,4 \text{ kg/m}$
Beban hidup terpusat, $P = 1,33 \text{ kN}$	$= 135,6 \text{ kg}$



Gambar 4.22 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.23 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 46,629 \times 0,3^2 = 0,524 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 659,4 \times 0,3^2 = 7,418 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,3 = 10,171 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan :

$$M_D = 0,524 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 10,171 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 0,524 + 1,6 \times 10,171 = 16,904 \text{ kgm}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 135 \times 0,4^2 = 5,4 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 5,4 \times 2500 = 13500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$16,904 \text{ kgm} \leq 0,9(135)$$

$$16,904 \text{ kgcm} \leq 121,5 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{30}{240} = 0,125 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 135 \times 0,4^3 = 0,72 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{1}{48} \times \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,504) \cdot 30^4}{2000000 \cdot 0,72} \right] + \left[\frac{1}{48} \times \frac{135,62 \cdot 30^3}{2000000 \cdot 0,72} \right] =$$

$$f^0 = 0,0034 + 0,053 = 0,056 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,0564 < 0,125 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Perencanaan pengaku pelat anak tangga

Pengaku pelat anak tangga direncanakan dengan profil siku sama kaki L 50x50x7, dengan data sebagai berikut:

$$W = 5.15 \text{ kg/m}$$

$$r = 7 \text{ mm}$$

$$e = 1.49 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$A = 6.56 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$d = 7 \text{ mm}$$

$$I_x = I_y = 14.6$$

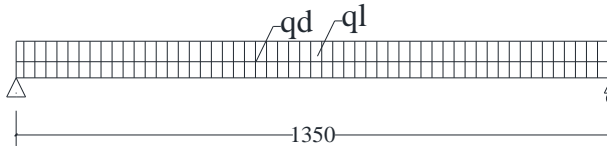
$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{cm}^4$$

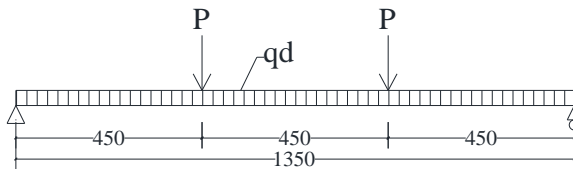
$$i_x = i_y = 1.49 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

- Perhitungan pembebanan
- Beban mati (1/2 lebar injakan):
 Berat pelat = $0,004 \times 0,15 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$
 Berat profil siku sendiri = $5,15 \text{ kg/m} + 9,86 \text{ kg/m} = 0,986 \text{ kg/m}$
 Berat sambungan (10%) = $0,986 \text{ kg/m}$
 Total $q_D = 10,846 \text{ kg/m}$
- Beban hidup (1/2 lebar injakan):
 Tangga dan jalan keluar ($488,444 \times 0,15$) = $73,266 \text{ kg/m}$
 Beban terpusat (SNI 1727:2013 4.5.4) = $135,62 \text{ kg}$



Gambar 4.24 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.25 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam
 $M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 10,846 \times 1,35^2 = 2,47 \text{ kgm}$
 $M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 73,266 \times 1,35^2 = 16,691 \text{ kgm}$
 $M_{LP} = \frac{1}{3} \times P \times L = \frac{1}{3} \times 135,62 \times 1,35 = 61,03 \text{ kgm (Menentukan)}$
 $V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 2,47 \times 1,35 = 7,32 \text{ kg}$
 $V_L = P = 135,62 \text{ kg}$

- Perhitungan kombinasi pembebanan

$$M_U = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2(2,47) + 1,6(61,03) = 100,61 \text{ kgm}$$

$$V_U = 1,2V_D + 1,6V_L = 1,2(7,32) + 1,6(135,62) = 225,777 \text{ kg}$$

- Kontrol kuat momen lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{7} = 7.142$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15.273$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$Z_x = (b - e) \times d \times \frac{b - e}{2} + e \times d \times \frac{e}{2} + (b - d) \times d \times \left(e - \frac{d}{2} \right)$$

$$Z_x = (50 - 14,9) \times 7 \times \frac{50 - 14,9}{2} + 14,9 \times 7 \times \frac{14,9}{2} + (50 - 7) \times 7 \times \left(14,9 - \frac{7}{2} \right)$$

$$Z_x = 8520,47 \text{ mm}^3 = 8.52047 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 8.52047 \times 2500 = 21301,18 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$10061,15 \leq 0,9(21301,18)$$

$$10061,15 \text{ kgcm} \leq 19171,0575 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

Untuk profil siku tunggal, nilai $K_v = 1,2$ (SNI 1729:2015

Pasal G4)

$$b - d/d \leq 1,1 \sqrt{k_v E / F_y}$$

$$50 - 7/7 \leq 1,1 \sqrt{1,2 \cdot 200000 / 250}$$

$$6,143 \leq 34,082$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 0,7 \times 1 = 5250 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 0,9 V_n$$

$$225,777 \leq 0,9(5250)$$

$$225,777 \text{ kg} \leq 4725 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 135 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{135}{240} = 0.5625 \text{ cm}$$

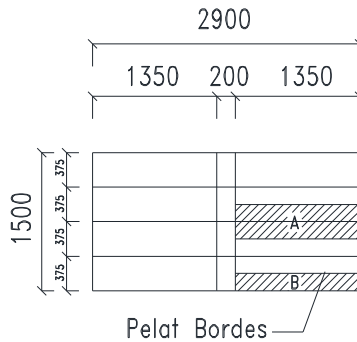
$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{23}{684} \times \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,108) \cdot 135^4}{2000000 \cdot 14,6} \right] + \left[\frac{23}{684} \times \frac{135,62 \cdot 135^3}{2000000 \cdot 14,6} \right] =$$

$$f^0 = 0.016 + 0.38425 = 0.4 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.4 < 0.5625 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.3.3 Perencanaan Bordes

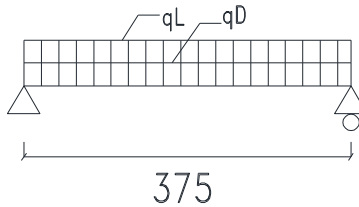


Gambar 4.26 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes

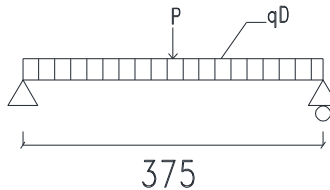
1. Perencanaan tebal pelat bordes

Direncanakan, anak tangga menggunakan pelat baja tebal 6 mm. Peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013

- Beban mati =
 Berat pelat = $0,006 \times 1,35 \times 7850 = 63,585 \text{ kg/m}^2$
 Sambungan = (10% Berat Pelat) = $\frac{6,358 \text{ kg/m}^2}{100} \times 100 = 6,358 \text{ kg/m}^2$
 Total (q_D) = $63,585 + 6,358 = 69,943 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup
 Tangga dan jalan keluar = $488,44 \text{ kg/m}^2$
 Beban hidup per meter = $488,44 \times 1,35 = 659,4 \text{ kg/m}$
 Beban hidup terpusat, P = 1,33 kN = 135,6 kg



Gambar 4.27 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Rata



Gambar 4.28 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 69,9 \times 0,375^2 = 1,23 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 659,4 \times 0,375^2 = 11,6 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,375 = 12,72 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan

$$M_D = 1,23 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 12,72 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 2,644 + 1,6 \times 24,933 = 43,067 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 135 \times 0,6^2 = 12,15 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 12,15 \times 2500 = 30375 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$43,067 \text{ kgm} \leq 0,9(303,75)$$

$$43,067 \text{ kgcm} \leq 273,375 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{37,5}{240} = 0,16 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 135 \times 0,6^3 = 2,43 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(7,293) \cdot 37,5^4}{2000000 \cdot 2,43} \right]$$

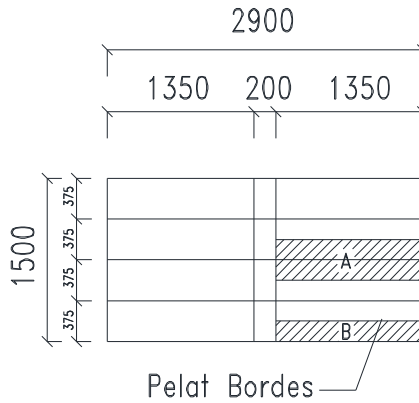
$$f^0 = 0,04 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,04 < 0,16 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Perencanaan balok bordes

Balok bordes direncanakan menggunakan profil WF 100x50x5x7, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 9.3 \text{ kg/m}$	$r = 8 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 11.85 \text{ cm}^2$	$Z_x = 42 \text{ cm}^3$	$= 70 \text{ mm}$
$d = 100 \text{ mm}$	$Z_y = 9 \text{ cm}^3$	$S_x = 37.5 \text{ cm}^3$
$b_f = 50 \text{ mm}$	$i_x = 3.98 \text{ cm}$	$S_y = 5.91 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 1.12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 7 \text{ mm}$	$I_x = 187 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 14.8 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$



Gambar 4.29 Balok Bordes Tangga

- Perhitungan pembebanan
 - Beban Mati (A)

Berat pelat = 0.006×7850	$= 47,1 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat = $47.1 \times 0.375 \text{ m}$	$= 17,663 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9,3 \text{ kg/m} +$
	$= 26,96 \text{ kg/m}$
Sambungan (10%)	$= 3,52 \text{ kg/m} +$
Total (q_{DA})	$= 30,48 \text{ kg/m}$
 - Beban Mati (B)

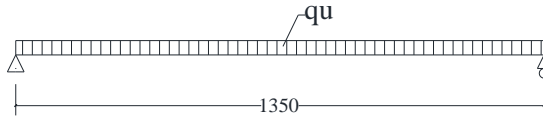
Berat pelat = 0.006×7850	$= 47,1 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat = $47.1 \times 0.1875 \text{ m}$	$= 8,83 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9,3 \text{ kg/m} +$
	$= 18,13 \text{ kg/m}$
Sambungan (10%)	$= 2,225 \text{ kg/m} +$
Total (q_{DB})	$= 24,477 \text{ kg/m}$
 - Beban hidup

Tangga dan jalan keluar ($488,444 \times 0.375$)	$= 183,17 \text{ kg/m}$
--	-------------------------

- Beban Berfaktor

$$q_U = 1,2q_{DA} + 1,6q_L = 1,2 \times 30,48 + 1,6 \times 183,17$$

$$= 36,576 + 293,072 = 329,65 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.30 Pembebanan Pada Balok Bordes

- Gaya dalam pada balok anak lantai

- Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} x q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 329,65 x 1,35^2 = 75,1 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} x q_U x L = \frac{1}{2} x 329,65 x 1,35 = 222,51 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,571$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

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

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 42 \times 2500 = 105000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 \times 105000$$

$$7510 \leq 94500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 135 \text{ cm}$$

$$L_p = 55.754 \text{ cm}$$

$$L_r = 286.927 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 75,1 \text{ kgm}$$

$$M_A = 61,2 \text{ kgm}$$

$$M_B = 75,1 \text{ kgm}$$

$$M_C = 61,2 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 75,1}{2,5 \times 61,2 + 3 \times 75,1 + 4 \times 61,2 + 3 \times 75,1}$$

$$= 1.14 \leq 2.3$$

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

$$= 1.14 \left[105000 - (105000 -$$

$$0,7 \times 2500 \times 37.5) \left(\frac{135 - 55.754}{286.927 - 55.754} \right) \right] < 105000$$

$$103979.85 < 105000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 103979.85$$

$$7810 \text{ kgcm} \leq 93581.864 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

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

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0.5 \times 1$$

$$= 7500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$222,51 \leq 7500 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 135 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{135}{240} = 0.5625 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{2,14 \times 135^4}{2000000 \times 187} = 0.025 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.025 \text{ cm} < 0.375 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.3.4 Perencanaan 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 250x125x5x8 dengan data-data sebagai berikut:

$W = 25.7 \text{ kg/m}$	$r = 12 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 32.68 \text{ cm}^2$	$Z_x = 305 \text{ cm}^3$	$= 208 \text{ mm}$
$d = 248 \text{ mm}$	$Z_y = 63 \text{ cm}^3$	$S_x = 285 \text{ cm}^3$
$b_f = 124 \text{ mm}$	$i_x = 10.4 \text{ cm}$	$S_y = 41.1 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 2.79 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$I_x = 3540 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 255 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

- Perhitungan pembebanan

○ Bidang miring

- Beban mati

$$\text{Berat pelat bondek } (0.004 \times 7850 \times 1.35/2) = 21,195 \text{ kg/m}$$

$$\text{Hand rail} = 20 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku } (2 \times 5.15/0.3 \times 1.35/2) = 23.175 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok utama } (25.7/\cos(27.25^\circ)) = 28.91 \text{ kg/m} +$$

$$= 93,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan (10\%)} = 9,328 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total } (q_{D1}) = 102,61 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (q_{L1})

$$\text{Tangga dan jalan keluar } (488,444 \times 1.35/2) = 329.6997 \text{ kg/m}$$

- Beban Berfaktor

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2q_{D1} + 1,6q_{L1} \\ &= 123,132 + 527,5195 \\ &= 650,643 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Bidang horizontal

- Beban mati

$$\begin{aligned} \textit{Hand rail} &= 20 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil balok utama (berat)} &= 25,7 \text{ kg/m} + \\ &= 45,7 \text{ kg/m} \\ \text{Sambungan (10\%)} &= 4,57 \text{ kg/m} + \\ \text{Total (} q_{D2} \text{)} &= 50,27 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban hidup (q_{L2})

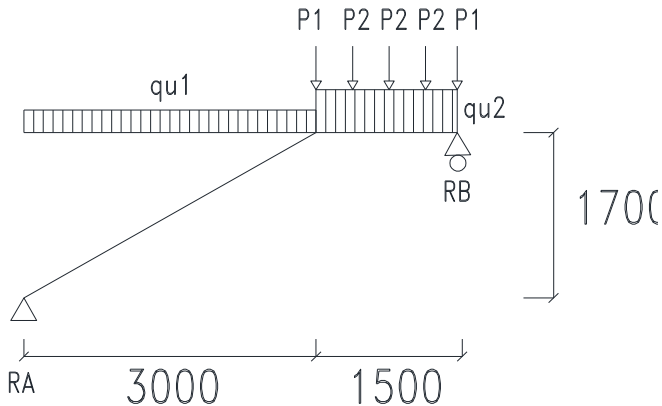
$$\text{Tangga dan jalan keluar (} 488,444 \times 1,35/2 \text{)} = 329,6997 \text{ kg/m}$$

- Beban Berfaktor

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2} \\ &= 60,324 + 527,5195 \\ &= 587,8435 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$P1 = 0,5 \times 1,2q_{DB} \times 1,35 = 0,5 \times 1,2 \times 24,477 \times 1,35 = 19,827 \text{ kg}$$

$$P2 = 0,5 \times 1,2q_{DA} \times 1,35 = 0,5 \times 1,2 \times 38,725 \times 1,35 = 31,3677 \text{ kg}$$



Gambar 4.31 Pembebanan pada balok utama tangga

- Gaya dalam pada balok utama tangga

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a(4,5) - q_{U1}(3)((3/2)+1,5) - q_{U2}(1,5)((1,5/2) - P_1(1,5) + P_2(0,375+0,75+1,125) = 0$$

$$R_a = 1470,5 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b(4,5) - q_{U1}(3)((3/2)) - q_{U2}(1,5)((1,5/2)+3) - P_1(3+4,5) + P_2(3,375+3,75+4,125) = 0$$

$$R_b = 1496,9 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = (R_a + R_b) - q_{U1} \times l_1 - q_{U2} \times l_2 - 2P_1 - 3P_2 = 0$$

$$\Sigma V = (1470,5 + 1496,9) - 650,643 \times 3 - 587,8435 \times 1,5 - 2 \times 19,827 - 3 \times 31,367 = 0$$

- Momen yang terjadi

$$\text{Letak } M_{\max} = R_a / q_{U1} = 1470,5 / 650,613 = 2,26 \text{ m}$$

$$M_{\max} = R_a \cdot X - 0,5 \cdot q_{U1} \cdot X^2$$

$$= 1470,5 \times 2,26 - 0,5 \times 650,643 \times 2,26^2 = 1661,71 \text{ kgm}$$

$$M_c = R_a \cdot L - 0,5 \cdot q_{U1} \cdot L^2 = 1470,5 \times 3 - 0,5 \times 650,643 \times 3^2$$

$$= 1483,6 \text{ kgm}$$

$$M_D = R_b \cdot 1,125 - 0,5 \cdot q_{U2} \cdot 1,125^2 - P_1(1,125) - P_2(0,75+0,35)$$

$$= 1496,9 \cdot 1,125 - 0,5 \cdot 587,8435 \cdot 1,125^2 - P_1(1,125) -$$

$$P_2(0,75+0,35)$$

$$= 1464,73 \text{ kgm}$$

$$M_E = R_b \cdot 0,75 - 0,5 \cdot q_{U2} \cdot 0,75^2 - P_1(0,75) - P_2(0,375)$$

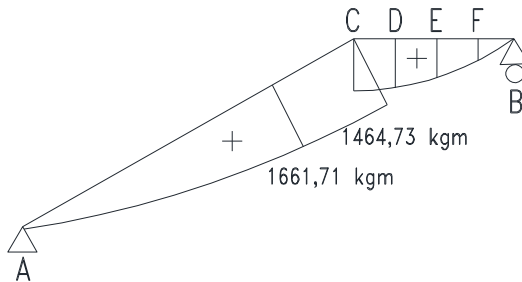
$$= 1496,9 \cdot 0,75 - 0,5 \cdot 587,8435 \cdot 0,75^2 - 19,827(0,75) -$$

$$31,367(0,375)$$

$$= 930,71 \text{ kgm}$$

$$M_F = R_b \cdot 0,375 - 0,5 \cdot q_{U2} \cdot 0,375^2 - P_1(0,375)$$

$$= 527,44 \text{ kgm}$$



Gambar 4.32 Bidang Momen Balok Tangga Utama

Momen max= 166171 kgcm

o Gaya geser yang terjadi

$$D_{A\ K_a} = R_a \cdot \cos(29,5^\circ) = 1470,5 \cdot \cos(29,5^\circ) = 1279,34 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{C\ K_i} &= D_{A\ K_a} - q_{U1} \cdot \cos(29,5^\circ) \cdot 3 \\ &= 1279,34 - 650,643 \cdot \cos(29,5^\circ) \cdot 3 = -418,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{C\ K_a} &= R_a - q_{U1} \cdot 3 - P_1 = 1470,5 - 650,613 \cdot 3 - 19,827 \\ &= -501,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$D_{D\ K_i} = D_{C\ K_a} - q_{U2} \cdot 0,375 = -501,26 - 587,8435 \cdot 0,375 = -721,7 \text{ kg}$$

$$D_{D\ K_a} = D_{D\ K_i} - P_2 = -721,7 - 31,367 = -753,41 \text{ kg}$$

$$D_{E\ K_i} = D_{D\ K_a} - q_{U2} \cdot 0,375 = -753,41 - 587,8435 \cdot 0,375 = -973,51 \text{ kg}$$

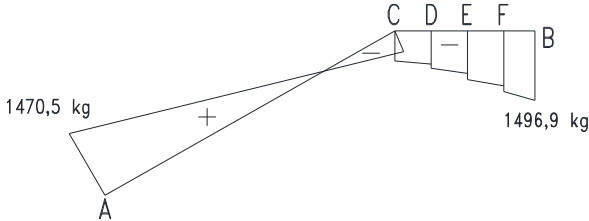
$$D_{E\ K_a} = D_{E\ K_i} - P_2 = -973,51 - 31,367 = -1004,9 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{F\ K_i} &= D_{E\ K_a} - q_{U2} \cdot 0,375 = -1004,9 - 587,8435 \cdot 0,375 \\ &= -1225,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$D_{F\ K_a} = D_{F\ K_i} - P_2 = -1225,3 - 31,367 = -1256,68 \text{ kg}$$

$$D_{B\ K_i} = D_{F\ K_a} - q_{U2} \cdot 0,375 = -1256,68 - 587,8435 \cdot 0,375 \\ = -1477,1 \text{ kg}$$

$$D_{B\ K_a} = D_{B\ K_i} - P_1 = -1477,1 - 19,827 = -1496,9 \text{ kg}$$

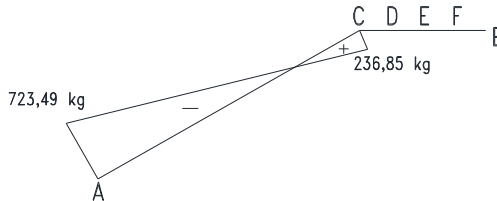


Gambar 4.33 Bidang Geser Balok Tangga Utama
Geser max = 1496,9 kg

- Gaya Normal yang terjadi

$$N_A = R_a \cdot \sin(29,5^\circ) = -1470,5 \cdot \sin(29,5^\circ) = -723,49 \text{ kg}$$

$$N_C = N_A - q_{U1} \cdot \sin(29,5^\circ) \cdot 3 = -723,49 + 650,643 \sin(29,5^\circ) \cdot 3 \\ = 236,85 \text{ kg}$$



Gambar 4.34 Bidang Normal Balok Tangga Utama

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \cdot 8} = 7,75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$241077,8 \leq 0.9 \times 762500$$

$$241077,8 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 15.5^2} = 33.767 \text{ cm}$$

$$L_p = 136.887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404.55 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$166171 \leq 0.9 \times 762500$$

$$166171 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 20.8 \times 0.5 \times 1 = 15600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$1496,9 \leq 15600 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan
Batang A-C

$$L \text{ miring} = \frac{300}{\cos 29,5} = 344,8 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{344,8}{360} = 0,96 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{L^2}{E \cdot I_x} (M_{max} - 0,1 \times (M_a + M_c)) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{344,8^2}{2000000 \cdot 3540} (166171 - 0,1 \times (0 + 148360)) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.033 \text{ cm} < 0.96 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

Batang C-B

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{150}{360} = 0,41 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{L^2}{E \cdot I_x} (M_{max} - 0,1 \times (M_b + M_c)) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{200^2}{2000000 \cdot 3540} (166171 - 0,1 \times (0 + 148360)) \\ &= 0,011 \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.011 \text{ cm} < 0.41 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.3.5 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 250x125x5x8, dengan data – data sebagai berikut:

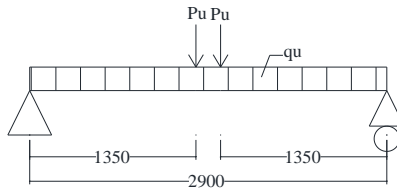
W = 25.7 kg/m	r = 12 mm	h = d-2(t _r +r)
A = 32.68 cm ²	Z _x = 305 cm ³	= 208 mm
d = 248 mm	Z _y = 63 cm ³	S _x = 285 cm ³
b _r = 124 mm	i _x = 10.4 cm	S _y = 41.1 cm ³
t _w = 5 mm	i _y = 2.79 cm	f _y = 250 Mpa
t _f = 8 mm	I _x = 3540 cm ⁴	f _u = 410 Mpa
	I _y = 255 cm ⁴	E = 200000 Mpa

- Perhitungan pembebanan
- Beban Mati

Berat profil balok utama (berat)	$= 25.7 \text{ kg/m} +$
	$= 25.7 \text{ kg/m}$
Sambungan (10%)	$= 2.57 \text{ kg/m} +$
Total (q_D)	$= 28.27 \text{ kg/m}$
- Beban Berfaktor

$q_{U2} = 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2}$
$= 1,2 \times 28.27 + 1,6 \times 0$
$= 33.924 \text{ kg/m}$

$P_u = 1974,158$ (Dari reaksi R_B balok utama)



Gambar 4.35 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

- Gaya dalam pada balok penumpu
- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = R_A = \frac{1}{2} \times q_U \times L + P_u = \frac{1}{2} \times 33.924 \times 2.9 + 1974,158$$

$$= 2023,348 \text{ kg}$$
- Momen yang terjadi

$$M_u = R_A \times \frac{L}{2} - \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 - P_u \times L$$

$$= 2023,348 \times \frac{2.9}{2} - \frac{1}{8} \times 33.924 \times 2.9^2 - 1974,158 \times 0.1$$

$$= 2700,78 \text{ kgm}$$
- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7.75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$270078 \leq 0.9 \times 762500$$

$$270078 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 135 \text{ cm}$$

$$L_p = 136.887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404.55 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$270078 \leq 0.9 \times 762500$$

$$270078 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 20.8 \times 0.5 \times 1$$

$$= 15600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$2023,348 \leq 15600 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

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

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{290}{360} = 0.805 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \left[\frac{Pa}{24} \times \frac{(3L^2 - 4a^2)}{E \cdot I_x} \right] \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(28.27) \cdot 290^4}{2000000 \times 3540} + \left[\frac{1974,158}{24} \times \frac{(3 \times 290^2 - 4 \times 135^2)}{2000000 \times 3540} \right] \\ &= 0.3677 + 0.281 = 0.649 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.649 \text{ cm} < 0.805 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.4 Perencanaan Balok Lift

Balok *lift* yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* dan beban yang terjadi pada *lift* yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpang *lift*. Pada bangunan ini menggunakan 2 lift penumpang dengan spesifikasi sama. Untuk spesifikasi lift lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran brosur lift.

4.2.4.1 Spesifikasi Lift

Lift yang digunakan dalam perencanaan ini adalah lift yang diproduksi oleh hyundai elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe Lift = Geared Elevators *Speed* 1 - 1,75 m/sec

Merek = Hyundai

Kapasitas = 20 orang / 1350 kg

Lebar Pintu = 1100

Car size = 2000 x 1500

Hostway size = 5250 x 4000

Beban reaksi ruang mesin

R1 = 11800 kg

(berat mesin penggerak + beban kereta + pelengkap)

R2 = 9100 kg (berat bandul pemberat + perlengkapan)

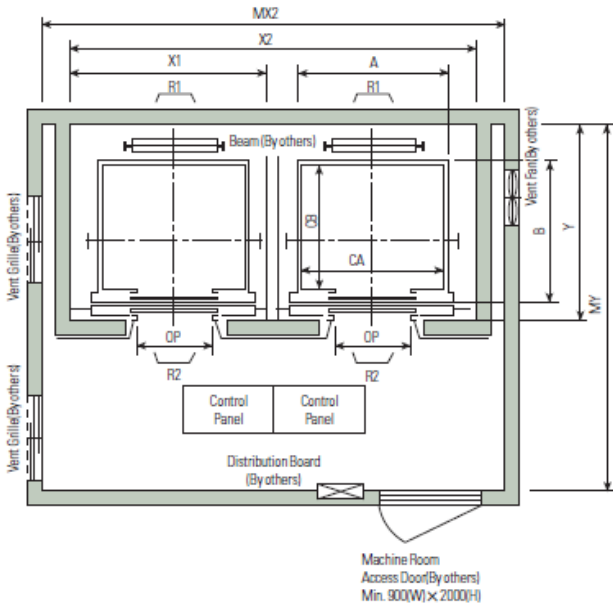
Koefisien kejut beban hidup karena lift

Pada pasal 4.6.3 SNI 1727 : 2013 beban untuk mesin lift harus ditingkatkan sebesar 50%.

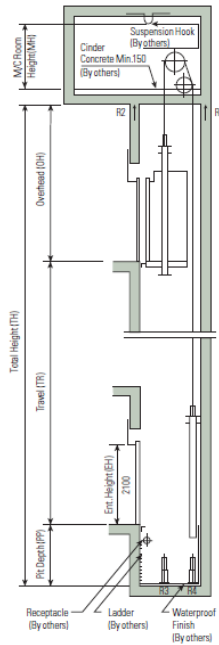
$$K_{LL} = (1 + 50 \%) = 1,5$$

Sehingga beban yang bekerja pada balok :

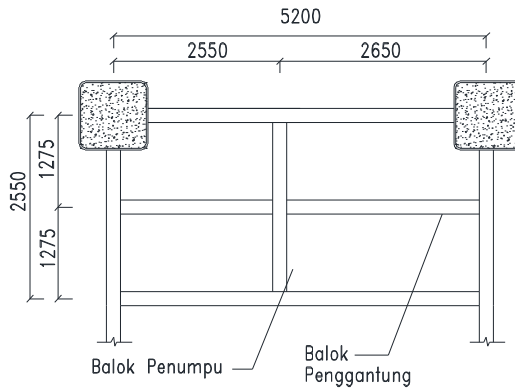
$$\begin{aligned} P &= \sum R \times K_{LL} \\ &= (11800 \text{ kg} + 9100 \text{ kg}) \times 1,5 \\ &= 31350 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.36 Spesifikasi Lift



Gambar 4.37 Potongan Lift



Gambar 4.38 Potongan Melintang Lift

4.2.3.1 Perencanaan balok penggantung lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 450x200x9x14, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 76 \text{ kg/m}$	$r = 18 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 96.67 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1621 \text{ cm}^3$	$= 386 \text{ mm}$
$d = 450 \text{ mm}$	$Z_y = 289 \text{ cm}^3$	$S_x = 1490 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 18,6 \text{ cm}$	$S_y = 187 \text{ cm}^3$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$i_y = 4,4 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$I_x = 33500 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 1870 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

1. Perhitungan pembebanan

- Beban merata

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 76 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan (10\%)} = 7,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total (q}_D) = 83,6 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (q_L)

$$\text{Beban hidup terpusat untuk maintenance} = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban hidup} = \frac{\text{beban terpusat}}{\text{panjang balok}} = \frac{100 \text{ kg}}{2,7 \text{ m}} = 37,03 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor

$$q_U = 1,2q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 83,6 + 1,6 \times 37,03 = 159,568 \text{ kg/m}$$

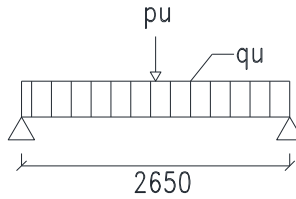
$$p_U = 1,4p_D = 1,4 \times 31350 = 43890 \text{ kg}$$

- Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 11800 (1+0,5) = 17700 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 9100 (1+0,5) = 13650 \text{ kg}$$



Gambar 4.39 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

$$P_D = 31350 \text{ kg}$$

Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penggantung lift

- Momen yang terjadi

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

$$M_u = \frac{1}{8} x 159,568 x 2,65^2 + \frac{1}{4} x 43890 x 2,65 = 29217,2 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

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

$$= (\frac{1}{2} x 159,568 \text{ kg/m} x 2,65 \text{ m}) + (\frac{1}{2} x 43890 \text{ kg})$$

$$= 22156,43 \text{ kg}$$

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{28} = 7,143$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{450}{9} = 42,889$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 1621 \times 2500 = 4052500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2921720 \leq 0.9 \times 4052500$$

$$2921720 \text{ kgcm} \leq 3647250 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 265 \text{ cm}$$

$$L_p = 219 \text{ cm}$$

$$L_r = 641 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$\begin{aligned} M_a = M_c &= M_u \times \frac{3}{4} \\ &= 29217,2 \times \frac{3}{4} \\ &= 21912,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= M_u \\ &= 29217,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3 \\ &= \frac{12,5 \cdot 29217,2}{2,5 \cdot 29217,2 + 3 \cdot 21912,9 + 4 \cdot 29217,2 + 3 \cdot 21912,9} \leq 2.3 \\ &= 1.136 \leq 2.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p \\ &= 1.13 \left[4052500 - (4052500 - \right. \\ &\quad \left. 0,7 \times 2500 \times 1490) \left(\frac{265 - 219}{641 - 219} \right) \right] < 4052500 \\ &321179,73 < 4052500 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 4052500$$

$$321179,73 \leq 3647250 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,889$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 34,74 \times 1 \\ &= 52110 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 0,9 \cdot V_n$$

$$22156,43 \text{ kg} \leq 46899 \text{ kg (OK)}$$

4. Kontrol lendutan

$$L = 265 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{265}{360} = 0,736 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{23PL^3}{648 \cdot E \cdot I_x} \right] = \\ &= \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,836) \cdot 265^4}{2000000 \cdot 33500} \right] + \left[\frac{1,31350 \cdot 265^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 33500} \right] = 0,181 \text{ cm} \\ f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 0,181 \text{ cm} < 0,736 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)} \end{aligned}$$

4.2.3.2 Perencanaan balok penumpu *lift*

Balok penumpu *lift* direncanakan menggunakan profil WF 500x200x10x16, dengan data – data sebagai berikut:

W = 89,7 kg/m	r = 20 mm	h = d-2(t _f +r)
A = 114,2 cm ²	Z _x = 2096 cm ³	= 428 mm
d = 500 mm	Z _y = 332 cm ³	S _x = 1910 cm ³
b _f = 200 mm	i _x = 20,5 cm	S _y = 214 cm ³
t _w = 10 mm	i _y = 4,33 cm	f _y = 250 Mpa
t _f = 16 mm	I _x = 47800 cm ⁴	f _u = 410 Mpa
	I _y = 2140 cm ⁴	E = 200000 Mpa

5. Perhitungan pembebanan

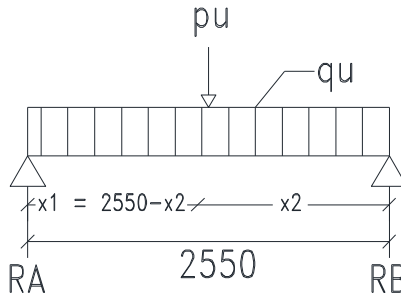
- Beban merata

- Beban mati

Berat profil balok penumpu <i>lift</i>	= 89,7 kg/m
Berat sambungan (10%)	= 8,97 kg/m+
Total (q _D)	= 98,67 kg/m

- Beban terpusat lift

$$P_D = V_u \text{ balok penggantung lift} = 22156,43 \text{ kg}$$



Gambar 4.40 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

Menentukan jarak balok penumpu lift

$$- \sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_2 = 0$$

$$17700 \cdot 2,55 - \frac{1}{2} \cdot 118,4 \cdot 2,55^2 - P_u \cdot x_2 = 0$$

$$P_u \cdot x_2 = 17700 \cdot 2,55 - \frac{1}{2} \cdot 118,4 \cdot 2,55^2$$

$$P_u = \frac{44750}{x_2} \dots\dots\dots (\text{pers 1})$$

$$- \sum M_A = 0$$

$$(-R_B \cdot L) + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 + P_u \cdot (L - x_2) = 0$$

$$(-13650 \cdot 2,55) + \frac{1}{2} \cdot 118,4 \cdot 2,55^2 + P_u \cdot (2,55 - x_2) = 0$$

Dari persamaan 1 dimasukkan nilai pu =

$$(-13650 \cdot 2,55) + \frac{1}{2} \cdot 118,4 \cdot 2,55^2 + \frac{44750}{x_2} \cdot (2,55 - x_2) = 0$$

$$(-34807,5) + 326,1654 + \frac{44750}{x_2} \cdot (2,55 - x_2) = 0$$

$$x_2 = \frac{-114112,5}{-82172,6}$$

$$x_2 = 1,39$$

$$- x_1 = L - x_2 = 2,55 \text{ m} - 1,39 \text{ m} = 1,16 \text{ m}$$

- Beban kombinasi

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \times q_D \\ &= 1,2 \times 83,6 \\ &= 118,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= 1,4 \times P_D \\ &= 1,4 \times 22156,43 \\ &= 31019 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift

$$- \sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_2 = 0$$

$$V_A \cdot 2,55 - \frac{1}{2} \cdot 118,4 \cdot 2,55^2 - 31019 \cdot 1,39 = 0$$

$$V_A = 17059,4 \text{ kg}$$

$$- \sum M_A = 0$$

$$V_B \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_1 = 0$$

$$V_B \cdot 2,55 - \frac{1}{2} \cdot 118,4 \cdot 2,55^2 - 31019 \cdot 1,16 = 0$$

$$V_B = 14261,6 \text{ kg}$$

$$M_x = V_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot x^2 + \frac{x_1 \cdot (L-x) \cdot P_u}{L}$$

$$x = 0 \quad ; \quad M_x = 0 \text{ kgm}$$

$$x = 1,39 \quad ; \quad M_x = 39966,5 \text{ kgm}$$

$$x = 1,16 \quad ; \quad M_x = 39966,5 \text{ kgm}$$

- Momen yang terjadi
 $M_u \text{ max} = 39966,5 \text{ kgm}$
- Gaya geser yang terjadi
 $V_u \text{ max} = 17059,4 \text{ kg}$

6. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{32} = 3,125$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2096 \times 2500 = 5240000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$3996650 \leq 0.9 \times 5240000$$

$$3996650 \text{ kgcm} \leq 4716000 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

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

$$L_p = 219 \text{ cm}$$

$$L_r = 641 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang Pendek)

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x$$

$$M_p = 5240000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 5240000$$

$$3996650 \leq 4716000 \text{ kgcm (OK)}$$

7. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,889$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 42,8 \times 1$$

$$= 64200 \text{ kg}$$

$$V_u \leq 0,9 V_n$$

$$17059,4 \text{ kg} \leq 57780 \text{ kg (OK)}$$

8. Kontrol lendutan

$$L = 255 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{255}{360} = 0.71 \text{ cm}$$

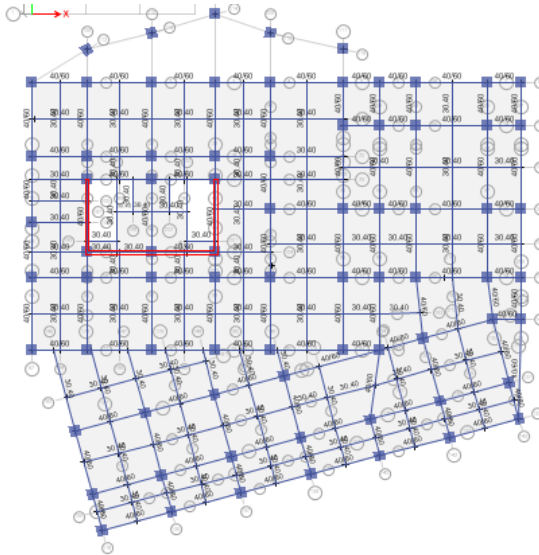
$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D).L^4}{E.I_x} \right] + \left[\frac{1PL^3}{48.E.I_x} \right] =$$

$$= \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0.9867).255^4}{2000000.47800} \right] + \left[\frac{1.31019.255^3}{48.2000000.47800} \right] = 0.112 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.112 \text{ cm} < 0,736 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$

4.3 Permodelan Struktur

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem dinding geser plat baja (SPSW). Struktur dinding geser plat baja berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan Apartemen Darmo Hill yang terdiri dari 36 lantai apartemen dan 1 basement dengan total tinggi 126.7 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 4.41 Denah struktur apartemen darmo hill

Pada gambar 4.38 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Analisis yang dilakukan pada struktur apartemen darmo hill ini tanpa menggunakan dilatasi. Bentuk struktur yang tidak simetris akan memungkinkan struktur tersebut memiliki respon yang tidak beraturan. Ketidakteraturan respon tentunya dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur. Hal ini bisa dikurangi dengan mengatur penempatan dinding geser sebagai penahan beban lateral.

Permodelan struktur apartemen darmo hill dilakukan menggunakan program bantu ETABS. Pada program ETABS, struktur apartemen akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa) dan SNI-1729-2015 (Baja).

4.3.1 Pembebanan Struktur Utama

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

1. Beban Mati

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

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding partisi sebesar $73,42 \text{ kg/m}^2$

- Berat aspal sebesar 14 kg/ m² untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat spesi sebesar 22 kg/ m² untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/ m² untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat MEP sebesar 19,53 kg/m²
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/ m²
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir

Berikut adalah beban mati tambahan pelat atap dan pelat lantai gedung:

- Pelat Atap

Berat aspal 2 cm (2x14)	= 28 kg/m ²
Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m ²
Berat MEP	= 19,53 kg/m ² +
Total	= 65,53 kg/m ²
Sambungan (10%)	= 6,553 kg/m ² +
Total	= 72,083 kg/m ²

- Pelat Lantai

Dinding Partisi	= 73.42 kg/m ²
Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m ²
Berat keramik	= 24 kg/m ²
Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m ²
Berat MEP	= 19,53 kg/m ² +
Total	= 155,95 kg/m ²
Sambungan (10%)	= 15,595 kg/m ² +
Total	= 171,545kg/m ²

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang memungkinkan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang digunakan adalah:

Atap = 97,893 kg/m²

Lantai	= 195,785 kg/m ²
Lantai Parkir	= 195,719 kg/m ²
Lantai Gym	= 488,44 kg/m ²
Koridor	= 488,44 kg/m ²
Jalur Akses	= 195,785 kg/m ²
Lantai Toko	= 366,078 kg/m ²

3. Beban Gempa

Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia.

4. Data Tanah

Penentuan jenis tanah merupakan salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan. Salah satu cara untuk menentukan jenis tanah adalah dengan melakukan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan penentuan jenis tanah:

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

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

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

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata N_{SPT}

Data Bor	$\sum t_i$	$\sum (t_i / N_i)$	N_{SPT} rata-rata
BH-1	30	3.38	8.88
BH-2	30	3.20	9.36
BH-3	30	3.13	9.58
BH-4	30	3.96	7.57
BH-5	30	3.55	8.44

Berdasarkan data tersebut jenis tanah pada Apartemen Darmo Hill Surabaya dikategorikan kelas situs SE (tanah lunak).

4.3.1.1 Berat Total Bangunan

Perhitungan berat per lantai bangunan ini berdasarkan RSNI 03-1727-1989 tabel P3-1. Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur Gedung Apartemen Darmo Hill yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 80% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2000 untuk kombinasi 1D + 1L. Besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material bangunan dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan perhitungan berat struktur yang diambil dari analisis menggunakan program ETABS untuk kombinasi 1D+1L dan perhitungan berat secara manual. Hasil perbandingan tersebut tidak boleh melebihi batasan 5%. Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup (1D+1L) dari permodelan ETABS dan secara manual. Untuk perhitungan manual didapatkan berat manual 291370,6 kN. Untuk perhitungan hasil ETABS didapatkan 280686 kN. Sehingga hasil perbandingan tersebut 3,8%.

4.3.1.2 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 + 1.0E + 1.0LL
- 0.9 DL + 1.0E

Keterangan :

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah, X dan Y

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

4.3.2 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.2.1 Arah Pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah bebas, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus dengan peninjauan sebesar 30%.

4.3.2.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah response spectrum. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi response spectrum merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012.

Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E).

Tabel 4.7 Parameter Gempa Surabaya untuk Situs E

PGA (g)	0,325	SMS (g)	0,91	TS (s)	0,91
Ss (g)	0,7	SM1 (g)	0,84		
S1 (g)	0,3	SDS (g)	0,61		
Fa	1,3	SD1 (g)	0,56		
Fv	2,8	TO (s)	0,183		

4.3.2.3 Faktor Reduksi Gempa

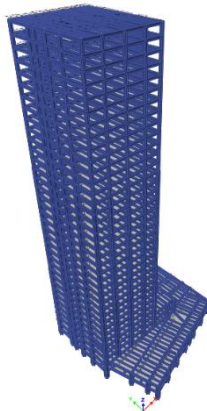
Pada tugas akhir ini, gedung apartemen direncanakan menggunakan sistem rangka baja dengan steel plate shear wall. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 diperoleh nilai- nilai batasan yaitu:

Tabel 4.8 Faktor R^a , C_d^b , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
Dinding geser pelat baja dan beton komposit	$7 \frac{1}{2}$	$2 \frac{1}{2}$	6	TB	TB	TB	TB	TB
Sistem Rangka Pemikul Momen								
Rangka Beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB

4.3.2.4 Faktor keutamaan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keamanan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Pada tabel 1 SNI 1726:2012, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1$.



Gambar 4.42 Denah struktur apartemen darmo hill

4.3.3 Kontrol Desain

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

- Kontrol 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.

4.3.3.1 Kontrol Partisipasi massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar sesuai menurut SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa asli dari masing-masing arah.

Dari hasil ETABS, didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 0.902 pada moda ke 36 dan partisipasi massa arah Y sebesar 0.903 pada moda ke 38. Maka dapat disimpulkan analisa struktur telah memenuhi SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

Tabel 4.9 Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	37	0,071	0,9044	0,8976
Modal	38	0,069	0,9055	0,8985
Modal	39	0,069	0,9126	0,9005
Modal	40	0,068	0,9126	0,9089

4.3.3.2 Kontrol Waktu Getar Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari:

$$T_a = C_t \cdot H_n^x$$

(nilai C_t dan x diambil dari tabel 15 SNI 1726:2012)

$$C_t = 0,0724; x = 0,75; h_n = 126,7 \text{ m}$$

$$T_a = 0,0724 \cdot 126,7^{0,75} = 2,734 \text{ detik}$$

Dengan nilai $SD1 = 0,56$, maka $C_u = 1,4$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 2,734 \times 1,4 = 3,827 \text{ detik.}$$

Didapatkan nilai $T_x = 1,843$ detik dan $T_y = 1,813$ detik , maka analisa struktur telah memenuhi syarat SNI 1726:2012.

4.3.3.3 Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 , nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0,61}{\frac{7,5}{1}} = 0,081$$

Nilai C_s tidak boleh lebih dari:

$$C_{s \max X} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,56}{1,843 \left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,0405$$

Dan tidak boleh kurang dari:

$$C_{s \min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 = 0,044 \times 0,61 \times 1 = 0,02684$$

Maka diambil nilai $C_s = 0,0405$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur adalah:

Berat total struktur adalah sebesar 280686 kN

Maka: $V_{\text{statik}} = C_s X_s W = 0.0405 \times 280686 = 11371,62 \text{ kN}$

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

Tabel 4.10 Gaya Geser Dasar Beban Gempa

Combo	Fx (kN)	Fy (kN)
Quake X Max	10986,8	5181,9
Quake Y Max	5173,7	11029

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$10986,8 \geq 9665,873 \text{ kN (OK)}$$

- Arah-Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$11029 \geq 9665,873 \text{ kN (OK)}$$

4.3.3.4 Kontrol batas simpangan antar lantai (Drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan Pasal 7.9.3 SNI 1726:2012, untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Di mana:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_{i1} = C_d \times \delta_{c1}/I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_{i1} = (\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d/I$$

Di mana:

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 1726:2012 didapatkan $C_d = 6$ dan dari Tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1$. Berdasarkan Tabel 16 SNI 1726:2012 untuk semua struktur lainnya, simpangan antar tingkat ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02h_s^x$$

Di mana:

H_{sx} = tinggi tingakat di bawah x

Untuk tinggi tingkat 3,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02(3,5) = 0,07 \text{ m} = 70 \text{ mm}$$

Simpangan yang terjadi didapatkan dari analisis program bantu ETABS 2013.

Tabel 4.11 Simpangan Antar Lantai Sumbu X

Lantai	Tinggi Lt	δ_{ei}	$\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}$	Δ	Δa	Kontrol
Atap	3400	158,5	2,2	13,2	68	Ok
33	3400	156,3	2,4	14,4	68	Ok
32	3400	153,9	2,7	16,2	68	Ok
31	3400	151,2	2,9	17,4	68	Ok
30	3400	148,3	3,3	19,8	68	Ok
29	3400	145	3,4	20,4	68	Ok
28	3400	141,6	3,7	22,2	68	Ok
27	3400	137,9	3,8	22,8	68	Ok
26	3400	134,1	4,1	24,6	68	Ok
25	3400	130	4,3	25,8	68	Ok
24	3400	125,7	4,5	27	68	Ok
23	3400	121,2	4,6	27,6	68	Ok
22	3400	116,6	4,8	28,8	68	Ok
21	3400	111,8	4,5	27	68	Ok
20	3400	107,3	4,6	27,6	68	Ok
19	3400	102,7	4,8	28,8	68	Ok
18	3400	97,9	4,8	28,8	68	Ok
17	3400	93,1	5	30	68	Ok
16	3400	88,1	5,1	30,6	68	Ok
15	3400	83	5,2	31,2	68	Ok
14	3400	77,8	5,2	31,2	68	Ok
13	3400	72,6	5,3	31,8	68	Ok
12	3400	67,3	5,4	32,4	68	Ok
11	3400	61,9	5,3	31,8	68	Ok
10	3400	56,6	5,5	33	68	Ok
9	3400	51,1	5,4	32,4	68	Ok
8	3400	45,7	5,2	31,2	68	Ok
7	3400	40,5	5,3	31,8	68	Ok
6	3400	35,2	5,2	31,2	68	Ok
5	3400	30	5,3	31,8	68	Ok
4	3400	24,7	5,1	30,6	68	Ok
3	3400	19,6	5	30	68	Ok
2	3400	14,6	4,3	25,8	68	Ok
1	3400	10,3	3,3	19,8	68	Ok
UG	3500	7	3,3	19,8	70	Ok
G	4000	3,7	2,8	16,8	80	Ok
LG	4000	0,9	0,9	5,4	80	Ok
Basement	3000	0	0	0	60	Ok
Base	0	0	0	0	0	Ok

Tabel 4.12 Simpangan Antar Lantai Sumbu Y

Lantai	Tinggi Lt	δ_{ei}	$\delta_{ei} - \delta_{ei(i-1)}$	Δ	Δa	Kontrol
Atap	3400	148,4	2,2	13,2	68	Ok
33	3400	146,2	2,4	14,4	68	Ok
32	3400	143,8	2,6	15,6	68	Ok
31	3400	141,2	2,9	17,4	68	Ok
30	3400	138,3	3,1	18,6	68	Ok
29	3400	135,2	3,3	19,8	68	Ok
28	3400	131,9	3,5	21	68	Ok
27	3400	128,4	3,7	22,2	68	Ok
26	3400	124,7	3,8	22,8	68	Ok
25	3400	120,9	4,1	24,6	68	Ok
24	3400	116,8	4,2	25,2	68	Ok
23	3400	112,6	4,3	25,8	68	Ok
22	3400	108,3	4,4	26,4	68	Ok
21	3400	103,9	4,2	25,2	68	Ok
20	3400	99,7	4,3	25,8	68	Ok
19	3400	95,4	4,4	26,4	68	Ok
18	3400	91	4,5	27	68	Ok
17	3400	86,5	4,6	27,6	68	Ok
16	3400	81,9	4,7	28,2	68	Ok
15	3400	77,2	4,7	28,2	68	Ok
14	3400	72,5	4,8	28,8	68	Ok
13	3400	67,7	4,8	28,8	68	Ok
12	3400	62,9	4,9	29,4	68	Ok
11	3400	58	4,8	28,8	68	Ok
10	3400	53,2	4,8	28,8	68	Ok
9	3400	48,4	4,8	28,8	68	Ok
8	3400	43,6	4,8	28,8	68	Ok
7	3400	38,8	4,6	27,6	68	Ok
6	3400	34,2	4,6	27,6	68	Ok
5	3400	29,6	4,6	27,6	68	Ok
4	3400	25	4,4	26,4	68	Ok
3	3400	20,6	4,4	26,4	68	Ok
2	3400	16,2	4,2	25,2	68	Ok
1	3400	12	4,1	24,6	68	Ok
UG	3500	7,9	4,1	24,6	70	Ok
G	4000	3,8	2,9	17,4	80	Ok
LG	4000	0,9	0,9	5,4	80	Ok
Basement	3000	0	0	0	60	Ok
Base	0	0	0	0	0	Ok

4.3.3.5 Kontrol sistem ganda

Berdasarkan berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1., sistem rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan rangka *shear wall*, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Tabel 4.13 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser Kontrol

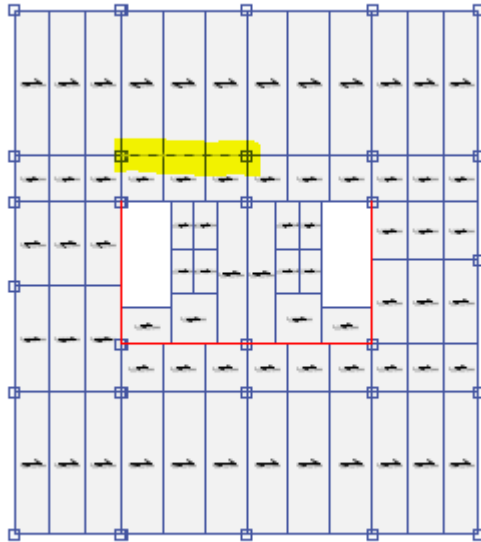
Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	kN	%	kN	%
SPSW	4962,81	42	6706,42	59
SPRMK	6876,48	58	4723,76	41
Total	11839,3	100	11430,2	100

4.4 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729:2015.

4.4.1 Balok Induk

4.4.1.1 Balok Induk Atap



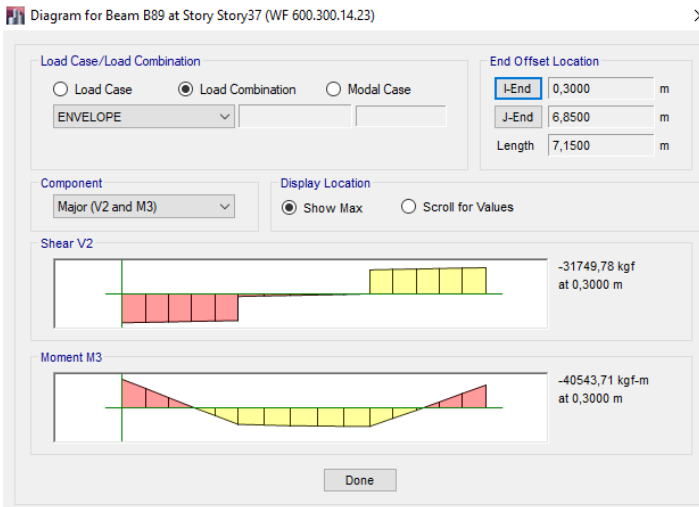
Gambar 4.43 Balok Induk Atap yang ditinjau

Balok induk atap direncanakan menggunakan profil WF 600x300x14x23, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 175 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 222,4 \text{ cm}^2$	$Z_x = 5017 \text{ cm}^3$	$= 492 \text{ mm}$
$d = 594 \text{ mm}$	$Z_y = 1076 \text{ cm}^3$	$S_x = 4620 \text{ cm}^3$
$b_f = 302 \text{ mm}$	$i_x = 24,9 \text{ cm}$	$S_y = 701 \text{ cm}^3$
$t_w = 14 \text{ mm}$	$i_y = 6,9 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 23 \text{ mm}$	$I_x = 137000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 10600 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

a. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Balok induk yang ditinjau adalah balok B89 pada lantai 33 (lantai atap). Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.44 Gaya Dalam Balok Induk Atap Sebelum Komposit

$M_{max} : 40543 \text{ kgm}$

$V_{max} : 31749 \text{ kg}$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

○ Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,1$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 5017 \times 2500 = 12542500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$4054300 \leq 0.9 \times 12542500$$

$$4054300 \leq 11288250 \text{ kgcm (OK)}$$

• Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 238 \text{ cm}$$

$$L_p = 343,484 \text{ cm}$$

$$L_r = 1076,136 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 5017 \times 2500 = 12542500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$4054300 \leq 0.9 \times 12542500$$

$$4054300 \leq 11288250 \text{ kgcm (OK)}$$

• Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,1$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.35$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 59,4 \times 1.4 \times 1 = 124740 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$43005 \leq 124740 \text{ kg (OK)}$$

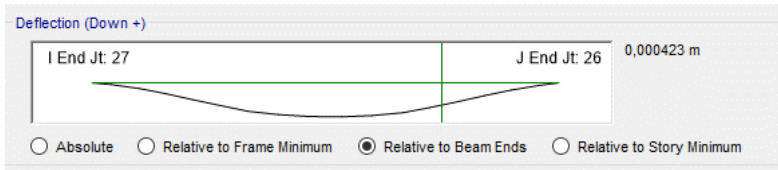
- Kontrol lendutan

$$L = 715 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{715}{360} = 1,98 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.03 \text{ cm (Hasil dari program ETABS)}$$

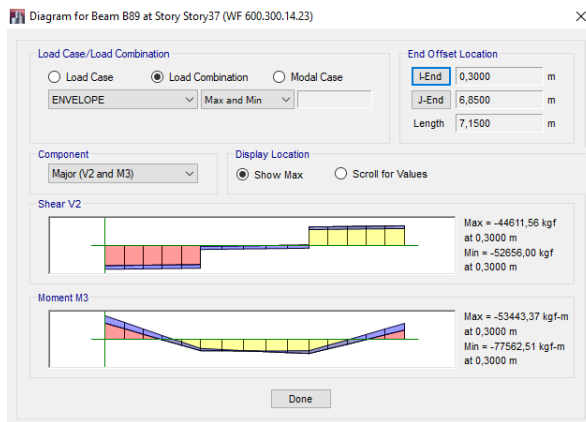
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.0423 \text{ cm} < 2.27 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$



Gambar 4.45 Lendutan yang terjadi pada ETABS

- Setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis telah terjadi. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.46 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sesudah Komposit

$$M_{max} : 53443 \text{ kgm}$$

$$M_{min} : 77562 \text{ kgm}$$

$$V_{max} : 44611 \text{ kg}$$

1. Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$b_{eff} \leq \frac{1}{8}L = \frac{1}{8} \cdot 715 = 89,375 \text{ cm}$$

$$b_{eff} \leq \frac{1}{2}S = \frac{1}{2} \cdot 684,8 = 342,4 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai $b_{eff} = 89,375 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C1 = 0,85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0,85 \times 250 \times 3,6 \times 89,375 = 68371,875 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 222,4 \times 2500 = 556000 \text{ kg}$$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada baja

$$a = \frac{c}{0,85 f_c' b_{eff}} = \frac{68371,875}{0,85 \cdot 250 \cdot 89,375} = 3,6 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_{plat} - a/2 = 54 + 36 - 45 = 72 \text{ mm}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 2,3 \times 2500 = 173650 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil P_w

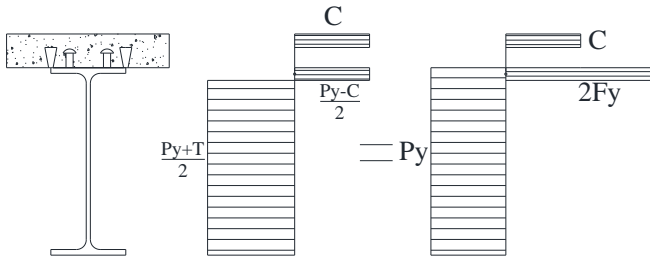
$$P_w = \frac{P_{yc-T}}{2} - P_f = \frac{556000 - 68371,875}{2} - 173650 = 70164,0625 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{70164,0625}{1,4 \times 2500} = 20,04 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(173650 \times 0,5 \times 2,3) + (70164,0625 (2,3 + 0,5 \times 20,04))}{173650 + 70164,0625} = 4,37 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{2}D = \frac{1}{2} \cdot 594 = 297 \text{ mm}$$



Gambar 4.47 Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$C = 68371,875 \text{ kg}$$

$$T = 556000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) \\ &= 68371,875 (7.2 + 4.37) + 556000 (29.7 - 4.37) \\ &= 14876757 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$53443 \leq 0.9 \times 14876757$$

$$53443 \leq 133890,819 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0.6 \times 2500 \times 59.4 \times 1.4 \times 1 = 134940 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$44611 \leq 124740 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 715 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{715}{360} = 1,98 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,0975 \text{ cm (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2.16 \text{ cm} < 2.27 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$



Gambar 4.48 Lendutan yang terjadi pada ETABS

2. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 89,375/30 = 2,9 = 4 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot \text{Ar} \cdot f_y = 4 \times 0.785 \times 5000 = 157000 \text{ kg}$$

$$P_y = \text{As} f_y = 222,4 \times 2500 = 556000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 2,3 \times 2500 = 173650 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{556000 - 157000}{2} - 173650 = 25850 \text{ kg}$$

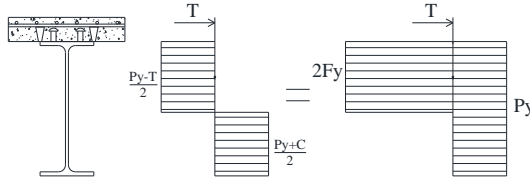
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{25850}{1,4 \times 2500} = 7,38 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(173650 \times 0,5 \times 2,3) + (25850 (2,3 + 0,5 \times 7,38))}{173650 + 25850} = 1,77 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 29,7 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_{\text{plat}} - c = 5,4 + 3,6 - 2 = 7 \text{ cm}$$



Gambar 4.49 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$\begin{aligned} M_n &= T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) \\ &= 157000(7 + 1,77) + 556000(29,7 - 1,77) \\ &= 16902974 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$77562 \leq 0,9 \times 16902974$$

$$77652 \leq 152127 \text{ kgm (OK)}$$

3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{25} = 25278,734 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (250 \cdot 25278,734)^{0,5} = 35571,65 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 4100 = 8702,25 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{68371,875}{2 \times 8702,25} = 3,92 = 6 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 3,6 = 28,8 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{817,5}{12} = 68,125 = 70 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{157000}{2 \times 8702.25} = 9.02 = 10 \text{ buah}$$

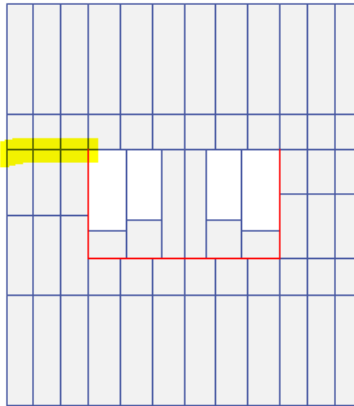
Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{715}{6} = 119.167 = 70 \text{ cm}$$

4.4.1.2 Balok Induk Lantai



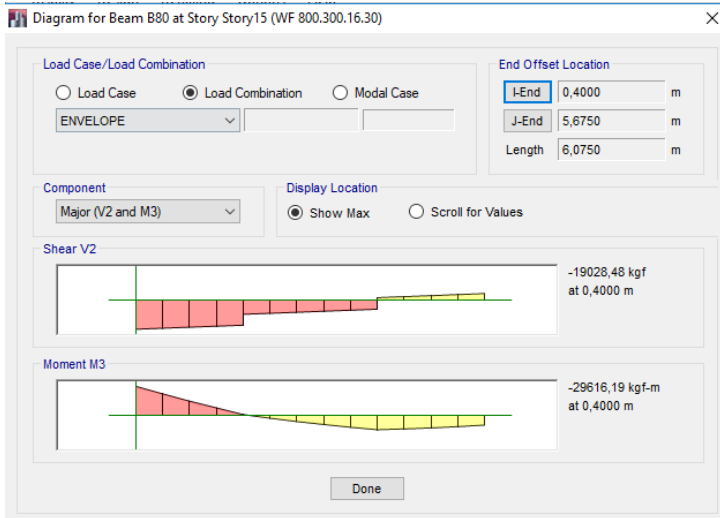
Gambar 4.50 Balok Induk Lantai yang ditinjau

Balok induk lantai direncanakan menggunakan profil WF 800x300x16x30, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 241 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 307,6 \text{ cm}^2$	$Z_x = 9287 \text{ cm}^3$	$= 692 \text{ mm}$
$d = 808 \text{ mm}$	$Z_y = 1416 \text{ cm}^3$	$S_x = 8400 \text{ cm}^3$
$b_f = 302 \text{ mm}$	$i_x = 33 \text{ cm}$	$S_y = 915 \text{ cm}^3$
$t_w = 16 \text{ mm}$	$i_y = 6,7 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 30 \text{ mm}$	$I_x = 339000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 13800 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

b. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Balok yang ditinjau adalah B80 pada lantai 12. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.51 Gaya Dalam Balok Induk Lantai Sebelum Komposit

$M_{max} : 29616 \text{ kgm}$

$V_{max} : 19028 \text{ kg}$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{302}{2 \times 30} = 5.03$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

○ Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 9287 \times 2500 = 23217500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2961600 \leq 0.9 \times 23217500$$

$$2961600 \leq 20895750 \text{ kgcm (OK)}$$

• Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 607,5 \text{ cm}$$

$$L_p = 333,53 \text{ cm}$$

$$L_r = 1036,25 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 9287 \times 2500 = 23217500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2961600 \leq 0.9 \times 23217500$$

$$2961600 \leq 20895750 \text{ kgcm (OK)}$$

• Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.35$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 80,8 \times 1.6 \times 1 = 193920 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$19028 \leq 193920 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 607,5 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{607,5}{360} = 1,68 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.08 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

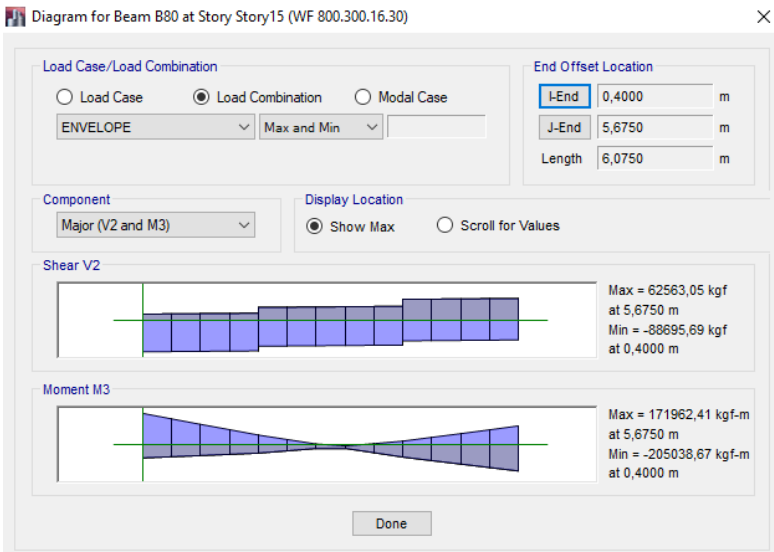
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.07 \text{ cm} < 1.68 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$



Gambar 4.52 Lendutan yang terjadi pada ETABS

b. Setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis telah terjadi. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.53 Gaya Dalam Balok Lantai Sesudah Komposit

M_{max} : 171962 kgm

M_{min} : 205039 kgm

V_{max} : 62563 kg

4. Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$B_{eff} \leq \frac{1}{8}L = \frac{1}{8} 607,5 = 75,93 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{2}S = \frac{1}{2} \cdot 577,3 = 288,65 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai $B_{eff} = 75,93 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda p$ (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C1 = 0,85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0,85 \times 250 \times 3,6 \times 75,94 = 58092,188 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 307,6 \times 2500 = 769000 \text{ kg}$$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada baja

$$a = \frac{c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{58092,188}{0,85 \cdot 250 \cdot 75,94} = 3,6 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_{plat} - a/2 = 54 + 36 - 18 = 72 \text{ mm}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 3 \times 2500 = 226500 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil P_w

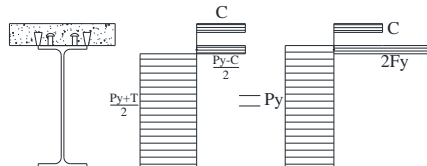
$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{769000 - 58092,188}{2} - 226500 = 128953,9 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{128953,9}{1,6 \times 2500} = 32,3 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(226500 \times 0,5 \times 3) + (128953,9 (3 + 0,5 \times 32,3))}{226500 + 128953,9} = 7,89 \text{ cm}$$

$$d3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 808 = 404 \text{ mm}$$



Gambar 4.54 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$C = 58092,188 \text{ kg}$$

$$T = 769000 \text{ kg}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) = 58092,188 (7,2 + 7,89) + 769000 (40,4 - 7,89) = 25875362,8 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$171962 \leq 0,9 \times 25875362,8$$

$$171962 \leq 232878,265 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 80,8 \times 1,6 \times 1 = 193920 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$62563 \leq 193920 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 607,5 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{607,5}{360} = 2.61 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.0175 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.17 \text{ cm} < 2.61 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$



Gambar 4.55 Lendutan yang terjadi pada ETABS

5. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

Diameter = 10 mm

Luas Tulangan (A_r) = 0.785 cm²

Jumlah tulangan = $B_{eff}/\text{Jarak tulangan} = 75,94/30 = 2,5 = 4$ buah
selimut beton (c) = 20 mm

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y = 4 \times 0.785 \times 5000 = 157000 \text{ kg}$$

$$P_y = A_{sfy} = 307,6 \times 2500 = 769000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 3 \times 2500 = 226500 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{769000 - 157000}{2} - 226500 = 79500 \text{ kg}$$

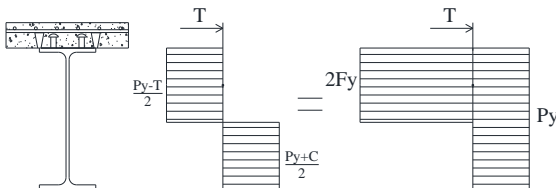
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{79500}{1.6 \times 2500} = 19,875 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(226500 \times 0,5 \times 1.6) + (79500 (1.6 + 0,5 \times 19,875))}{226500 + 79500} = 4,47 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 40,4 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_{plat} - c = 5.4 + 3,6 - 2 = 7 \text{ cm}$$



Gambar 4.56 Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Negatif Balok Induk Melintang

$$M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) = 157000(7 + 4,47) + 796000(40,4 - 4,47) = 29430037,5 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$205039 \leq 0,9 \times 29430037,5$$

$$205039 \leq 264870 \text{ kgm (OK)}$$

6. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{25} = 25278,734 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (250 \cdot 25278,734)^{0,5} = 35571,65 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 4100 = 8702,25 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{58092,188}{2 \times 8702,25} = 3,33 = 6 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 8 \times t_{plat} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{607,5}{6} = 101,25 = 70 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{157000}{2 \times 8702,25} = 9,02 = 10 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 8 \times t_{plat} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{607,5}{10} = 60,75 = 60 \text{ cm}$$

4.4.4.3 Penulangan balok induk beton

Langkah-langkah menghitung elemen struktur balok harus memenuhi SNI 2847-2013 pasal 21.3.4 dan ACI 318M-14 pasal 18.6.

Mutu beton = 40 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Diameter tulangan longitudinal = 25 mm, $A_s = 4,908 \text{ cm}^2$

Diameter tulangan sengkang = 13 mm, $A_s = 1,327 \text{ cm}^2$

$b = 400 \text{ mm}$

$h = 600 \text{ mm}$

Selimut beton = 40 mm

$d = h - \text{selimut beton} - 0,5 \text{ tulangan longitudinal} - \text{tulangan sengkang}$

$d = 600 - 40 - (0,5 \times 25) - 13 = 534.5 \text{ mm}$

$d' = \text{Selimut beton} + 0,5 \text{ tulangan longitudinal} + \text{tulangan sengkang}$

$d' = 40 + (0,5 \times 25) + 13 = 65.5 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 400}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0363$$

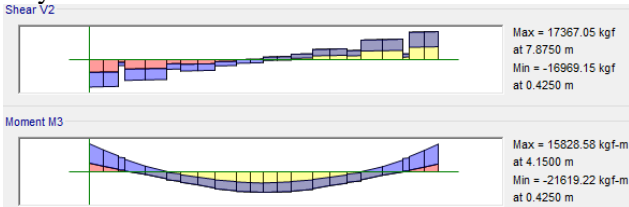
$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0363 = 0.0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

ρ_{min} dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.352$$

- Gaya dalam



Gambar 4.57 Gaya Dalam Balok Induk Beton 40/60

Mu tumpuan negatif = 21619 kgm

Mu tumpuan positif = 6666,86 kgm

Mu lapangan = 15828,58kgm

- Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{216192200}{0,9 \cdot 400 \cdot 534,5^2} = 2,102$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 2,102}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0053$$

$$As_{perlu} = \rho b d = 0.0053 \times 400 \times 534,5 = 1132,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{As} = \frac{1132,29}{490,87} = 2,306 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 4D25

Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1963,495 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 60,637 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s,terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1963,495 \times 420 \times \left(534,3 - \frac{60,637}{2} \right)$$

$$M_n = 415782237.6 \text{ N.mm}$$

$\varphi M_n = 0,9 \times 415782237,6 = 37420,401 \text{ kg.m} >$
 $M_u = 21619,22 \text{ kg.m}$
 maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 4D25

Kontrol kesesuaian penggunaan nilai faktor reduksi kekuatan $c =$

$$\beta_1 = \frac{a}{c} = \frac{60,637}{0,764} = 79,368 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{0,003 \times (d-c)}{c} = \frac{0,003 \times (534,5 - 79,368)}{79,368}$$

$$\varepsilon_s = 0,017 > 0,005 \text{ (asumsi } \varphi \text{ benar)}$$

- Perhitungan tulangan positif tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{66668600}{0,9 \cdot 400 \cdot 534,5^2} = 0,648$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 0,648}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0015 < \rho \text{ min}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d = 0,0038 \times 400 \times 534,5 = 824,506 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_s} = \frac{824,506}{490,87} = 1,67 \text{ buah}$$

Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.10 menyatakan bahwa jumlah tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan atas atau minimal dipasang 2 buah tulangan.

$$n_{\text{bawah}} \geq 1/3 n_{\text{atas}}$$

$$n_{\text{bawah}} \geq 1/3 \times 4$$

$$n_{\text{bawah}} \geq 2$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D25

Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{981,747 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 30,318 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s,terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,747 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{30,318}{2} \right)$$

$$M_n = 214141830.5 \text{ N.mm} \quad \phi M_n = 0,9 \times 214141830.5 = 19272,764 \text{ kg.m} > M_u = 6666,86 \text{ kg.m}$$

maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 2D25

Kontrol kesesuaian penggunaan nilai faktor reduksi kekuatan

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,318}{0,764} = 39,684 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{0,003 \times (d - c)}{c} = \frac{0,003 \times (534,5 - 39,684)}{39,684}$$

$$\varepsilon_s = 0,037 > 0,005 \text{ (asumsi } \phi \text{ benar)}$$

- Perhitungan tulangan lapangan

$$Rn = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{158285800}{0,9 \cdot 400 \cdot 534,5^2} = 1,539$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 1,539}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00375$$

$$A_{sperlu} = \rho b d = 0,0038 \times 400 \times 534,5 = 824,506 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{sperlu}}{A_s} = \frac{824,506}{490,87} = 1,67 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D25 (tulangan atas)

Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.10 menyatakan bahwa jumlah tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan atas atau minimal dipasang 2 buah tulangan.

$$n_{bawah} \geq 1/3 n_{atas}$$

$$n_{bawah} \geq 1/3 \times 2$$

$$n_{bawah} \geq 2$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D25

Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{981,747 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 30,318 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s,terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 981,747 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{30,318}{2} \right)$$

$$M_n = 214141830.5 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 214141830.5 = 19272,764 \text{ kg.m} >$$

$$M_u = 15828,58 \text{ kg.m}$$

maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 2D25

Kontrol kesesuaian penggunaan nilai faktor reduksi kekuatan $c =$

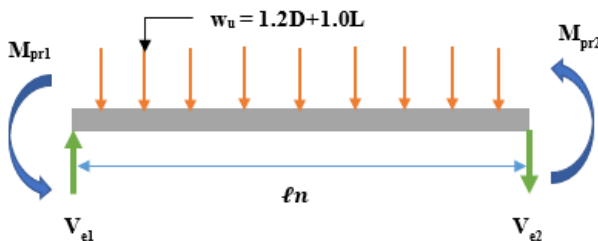
$$\frac{a}{\beta_1} = \frac{30,318}{0,764} = 39,684 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{0,003 \times (d - c)}{c} = \frac{0,003 \times (534,5 - 39,684)}{39,684}$$

$$\epsilon_s = 0,037 > 0,005 \text{ (asumsi } \phi \text{ benar)}$$

- Perhitungan geser tumpuan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.1 dan ACI 318M-14 pasal 18.6.5, gaya geser rencana (V_e) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum (M_{pr}) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.



Gambar 4.58 Ilustrasi Geser Balok SRPMK

$$L_n = 8300 \text{ mm}$$

$$W_u = 20 \text{ kN/m}$$

Gaya lintang tumpuan

$$a_1 = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1963,495 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 74,79 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a_1}{2} \right) \\ &= 1963,495 \times 1,25 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{74,79}{2} \right) \end{aligned}$$

$$M_{pr1} = 511,914 \text{ kNm}$$

$$a_2 = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{981,747 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 37,898 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr2} &= A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a_1}{2} \right) \\ &= 981,747 \times 1,25 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{37,898}{2} \right) \end{aligned}$$

$$M_{pr2} = 265,723 \text{ kNm}$$

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u \times L_n}{2}$$

$$V_{ekn} = \frac{511,914 + 265,723}{8,3} - \frac{20 \times 8,3}{2}$$

$$V_{ekn} = 176,69 \text{ kN}$$

Kuat geser beton

Syarat 1:

$$V_{ekn}/2 = 176,69/2 = 88,34$$

$$\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{511,914 + 265,723}{8,3} = 93,69 > V_{ekn}/2 \text{ (OK)}$$

Syarat 2:

$N_u < 0,2A_g f'_c$ (Nu balok sangat kecil sehingga OK)

$V_c = 0$ (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 dan ACI 318M-14 pasal 18.6.5.2)

Luas tulangan yang dibutuhkan:

$$V_u > V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - V_c}{\phi} = \frac{174,59 - 0}{0,75} = 232,8 \text{ kN}$$

$$V_{s \max} = 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_{s \max} = 0,66 \times \sqrt{40} \times 300 \times 534,5 = 901,46 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s < V_{s \max}$ (OK)

Dipakai sengkang 2 kaki D13 $\rightarrow A_v = 265,46 \text{ mm}^2$

Maka jarak sengkang

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 534,5}{232800} = 243,8 \text{ mm}$$

Syarat spasi tumpuan:

$$s < d/4 = 534,5/4 = 133,625 \text{ mm}$$

$$s < 6d_{min} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

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

Sehingga dipasang tulangan transversal tumpuan 2D13-100 mm.

- Perhitungan geser lapangan

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 534,5 = 229,87 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{174,59}{0,75} - 229,87$$

$$V_s = 2,93 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u - V_c}{\phi} = \frac{174,59 - 0}{0,75} = 232,8 \text{ kN}$$

$$V_{s \max} = 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_{s \max} = 0,66 \times \sqrt{40} \times 300 \times 534,5 = 901,46 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s < V_{s \max}$ (OK)

Dipakai sengkang 2 kaki D13 $\rightarrow A_v = 265,46 \text{ mm}^2$

Maka jarak sengkang

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 534,5}{2930} = 19385561,72 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang 2 kaki D13-200

Syarat spasi lapangan:

$$s < d/2 = 534,5/4 = 267,25 \text{ mm}$$

$$s < 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan transversal lapangan 2D13-200 mm.

- Perhitungan tulangan torsi

Perhitungan Luas dan Keliling Penampang

A_{cp} = Luas bruto penampang beton

$$= b \times h$$

$$= 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

P_{cp} = keliling luar penampang beton

$$= 2 \times (b + h)$$

$$= 2 \times (400 + 600) = 2000 \text{ mm}$$

Kontrol kebutuhan tulangan torsi

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut:

$$T_u < \phi \cdot 0,083\lambda\sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang total

P_{cp} = Keliling penampang total

λ = 1 (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75

Sehingga dapat dihitung:

$$T_u < \phi \cdot 0,083\lambda\sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$23644333 \text{ N.mm} < 11338663 \text{ N.mm}$$

Tidak membutuhkan tulangan torsi namun tetap dipasang tulangan torsi minimum.

- Panjang penyaluran tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sebagai berikut:

$$l_{dh} > 8.db = 200 \text{ mm}$$

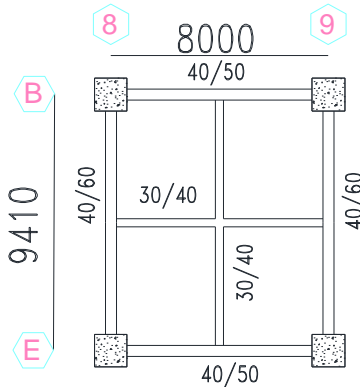
$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} > \frac{0,24.f_y.db}{\sqrt{f_c}} = 398,447 \text{ mm}$$

Maka digunakan $l_{dh} = 400 \text{ mm}$ masuk ke dalam kolom, dengan panjang kait $12.db = 300 \text{ mm}$.

4.4.4.4 Penulangan Balok Anak Beton

Konfigurasi balok anak yang direncanakan berjenis grid dengan bentang 8 m dan 9,41 m.



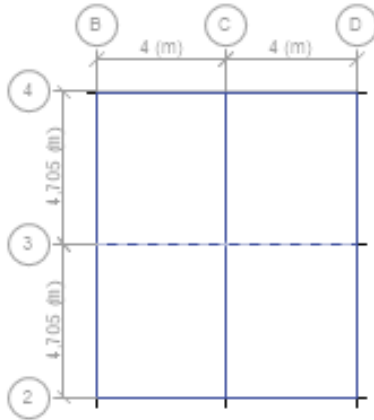
Gambar 4.59 Balok Anak yang Direncanakan

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan SNI 1727-2013.

- **Beban Mati**
 - Berat pelat (0,13x2400) = 312 kg/m²
 - Berat spesi 1 cm = 21 kg/m²
 - Berat keramik = 24 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung (11+7) = 18 kg/m²
 - Berat MEP = 19,53 kg/m² +
 - Total = 394 kg/m²
 - Berat sendiri balok (0,3x0,40x2400) = 288 kg/m

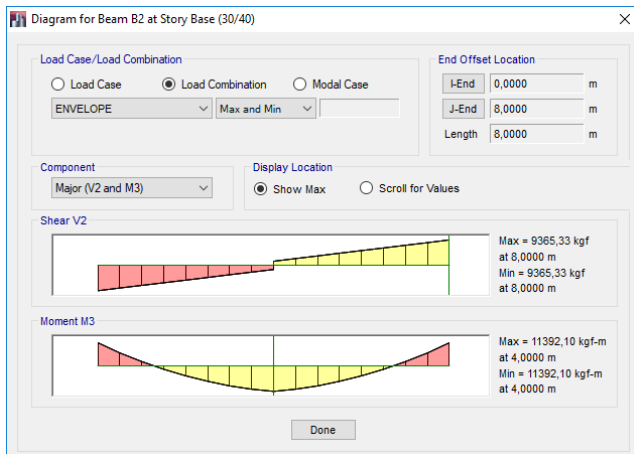
- **Beban Hidup**
 - Lantai = 488,41 kg/m²
 - Total (q_L) = 488,41 kg/m²

Dikarenakan konfigurasi balok anak yang ditinjau berjenis grid sehingga analisa menggunakan program bantu ETABS.



Gambar 4.60 Gambar Permodelan Balok Anak

- Gaya dalam pada balok anak



Gambar 4.61 Hasil Gaya Dalam Balok Anak

Mu tumpuan = 11392 kgm

Mu lapangan = 4425 kgm

Vu = 9365 kg

Data-data perencanaan balok anak beton:

Mutu beton = 35 Mpa

Mutu tulangan = 410 Mpa

Diameter tulangan longitudinal = 22 mm, $A_s = 3,801 \text{ cm}^2$

Diameter tulangan sengkang = 13 mm, $A_s = 1,327 \text{ cm}^2$

$b = 300 \text{ mm}$

$h = 400 \text{ mm}$

Selimut beton = 40 mm

$d = h - \text{selimut beton} - 0,5 \text{ tulangan longitudinal} - \text{tulangan sengkang}$

$d = 400 - 40 - (0,5 \times 22) - 13 = 336 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 400}{410} \left(\frac{600}{600 + 410} \right) = 0,0344$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0344 = 0,0258$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{410} = 0,0036$$

ρ_{min} dipakai 0,0036

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{410}{0,85 \times 35} = 13,78$$

- Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{113920000}{0,9 \times 300 \times 336^2} = 3,73$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,781} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,781 \times 3,73}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,00978$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho b d = 0,00978 \times 300 \times 336 = 985,178 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_s} = \frac{985,178}{380,1327} = 2,69 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 4D22

- Perhitungan tulangan positif tumpuan

$$A_{\text{smin}} = \frac{1}{2} A_s = \frac{985,178}{2} = 492,58 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_s} = \frac{985,178}{380,1327} = 1,29 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D22

- Perhitungan tulangan positif lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{44250000}{0,9 \cdot 300 \cdot 336^2} = 1,45$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,781} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,781 \times 1,45}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,0036$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho b d = 0,0036 \times 300 \times 336 = 366,1 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_s} = \frac{366,1}{380,13} = 0,96 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D22

- Perhitungan tulangan negatif lapangan

$$A_{\text{smin}} = \frac{1}{2} A_s = \frac{366,1}{2} = 183,05 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_s} = \frac{183,05}{380,13} = 0,48 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D22

- Perhitungan tulangan geser

$$Vu = 9365 \text{ kg}$$

$$Vs = \frac{1}{3}\sqrt{f'c}bd = \frac{1}{3}\sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 198780,3 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6}\sqrt{f'c}bd = \frac{1}{6}\sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 99390,14 \text{ N}$$

$$\phi(Vc + \frac{2}{3}\sqrt{f'c}bd) = 0.6 \left(99390,14 + \frac{(\frac{2}{3}\sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336)}{10} \right)$$

$$\phi \left(Vc + \frac{2}{3}\sqrt{f'c}bd \right) = 83487,72 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{2}{3}\sqrt{f'c}bd \right) \text{ (OK)}$$

$$\phi(Vc) = 0.6(99390,14) = 59634,08 \text{ kg}$$

$$\phi(Vc + Vs) = 0.6(99390,14 + 198780,3) = 178902,3 \text{ kg}$$

$$\phi(Vc) < V < \phi(Vc + Vs) \rightarrow \text{memenuhi kategori 3}$$

$$\text{Syarat Smaks} < d/2 = 336/2 = 168 \text{ mm}$$

$$Av = 2 \times 132,73 = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{265,46 \cdot 410 \cdot 336}{198780,3} = 183,97 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang 2D13-150 mm

4.4.2 Kolom

Pada perencanaan struktur kolom apartemen darmo hill dibedakan menjadi 3 grup kolom. Perbedaan ini berdasarkan dimensi kolomnya. Berikut ketiga grup kolom :

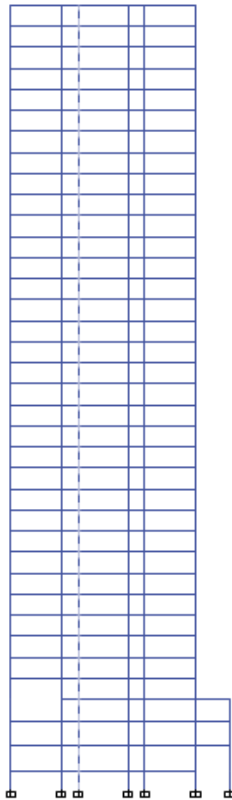
1. Lantai LG,G,UG,1 – Lantai 7 : HSS 1000 x 1000 x 25
2. Lantai 8 – Lantai 20 : HSS 800 x 800 x 25
3. Lantai 21 – Lantai 33 : HSS 600 x 600 x 22

A. Perencanaan Profil

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai LG – lantai 11. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 1000 x 1000 x 25 x 25 dan panjang kolom 400 cm pada lantai LG.

Dalam Etabs berada pada Kolom -X Grid 39. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	=	1000	mm	ix	=	39,4	cm
bf	=	1000	mm	iy	=	39,4	cm
tf	=	25	mm	Zx	=	29300	cm
tw	=	25	mm	Zy	=	29300	cm
A	=	942,8	cm ²	Ix	=	1470000	cm
r	=	87,5	kg/m	Iy	=	1470000	cm



Gambar 4.62 Kolom yang Ditinjau

Data Material :

-	f_y	=	250	MPa	=	2500	kg/cm ²
-	f_u	=	410	MPa	=	4100	kg/cm ²
-	f_c	=	55	MPa	=	550	kg/cm ²

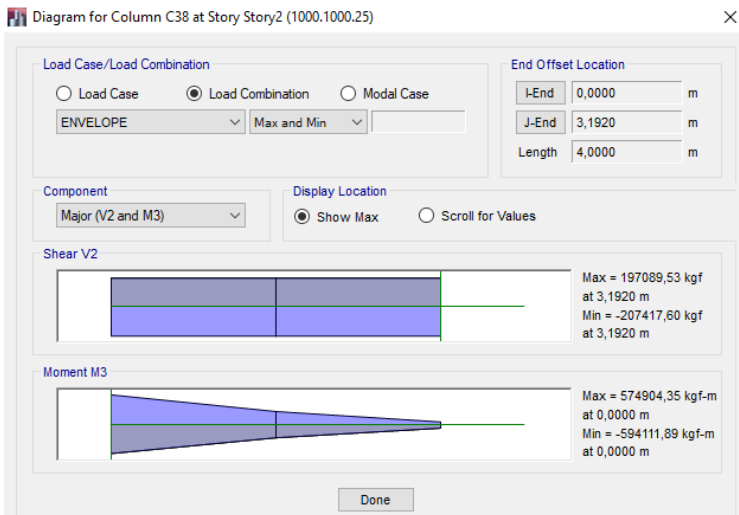
Modulus Elastisitas :

-	Beton (E_c)	=	23500	MPa
-	Baja (E_s)	=	200000	MPa

B. Output ETABS 2013

Dari Analisa permodelan dengan ETABS, didapatkan gaya dalam yang bekerja pada kolom dengan tinggi 4 m adalah sebagai berikut :

P_u	=	5589945	kg (ENVELOPE)
M_{ux}	=	523125	kgm (ENVELOPE)
M_{uy}	=	257045	kgm (ENVELOPE)



Gambar 4.63 Gaya Axial C38

C. Kontrol Penampang Kolom Komposit

$$A_s = 942,8 \text{ cm}^2 \text{ (dari brosur)}$$

$$A_c = (b \times d) - A_s$$

$$= (100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) - 942,8 \text{ cm}^2$$

$$= 9057,2 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 1\%$$

$$\frac{942,8 \text{ cm}^2}{942,8 \text{ cm}^2 + 9057,2 \text{ cm}^2} \geq 1\%$$

$$9,42\% > 1\% \text{ (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Luas Penampang *Pasal I2a SNI 1729:2015

Kontrol Tebal Minimum Profil

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

$$t_{\min} = 100 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 200000}} \leq 25 \text{ mm}$$

$$20,41 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Tebal Minimum *Pasal 12.3.1 ayat 5 SNI 1729:2002

Kontrol Penampang Komposit

Struktur Komposit Menahan Aksial Tekan

$$\lambda = \frac{b}{t_w} = \frac{1000}{25} = 40$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda$$

$$63,92 > 40 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Struktur Komposit Menahan Lentur Badan Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{1000}{25} = 40$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda$$

$$63,92 > 40 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Sayap Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{1000}{25} = 40$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda < \lambda_r$$

$$63,92 > 40 < 84,85 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Keterangan :

- *Kontrol Penampang*

**Tabel II.1a dan 1b SNI 1729:2015*

D. Kuat Tekan Struktur Komposit

Karena penampang komposit, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_p \\
 &= f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \\
 &= 2500 \times 942,8 + 0,85 \times 550 \times (9057,2 + 0) \\
 &= 4236741 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$C_2 = 0,85$ *Bab 12 Pasal 2b ayat (c) untuk penampang kompak

E. Momen Nominal Kolom Komposit

Pada Bab 13 Pasal 4b Persamaan I3-3a SNI 1727:2015 menyebutkan bahwa momen nominal (M_n) sama dengan momen plastis dari penampang (M_p) jika penampang kompak. Momen Plastis (M_p) dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang kolom komposit.

Berdasarkan Jurnal dari Chinese Taiwan Society for Earthquake Engineering, tentang Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan oleh Shosuke Morino dan Keigo Tsuda. Menyimpulkan untuk menghitung momen nominal dari kolom CFT diperhitungkan sebagai berikut :

- Panjang Kolom
 - $L \leq 12 D$
 - $4 \leq 12 \times 1$
 - $4 \leq 12 \text{ meter}$ Pers. (41) dan (42) pada jurnal
- Kuat Tekan Komposit

Karena panjang kolom kurang dari $12 \times D$ maka digunakan Persamaan (41) dan (42) pada jurnal dengan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan 41

$$\begin{aligned}
 N &\leq N_c \quad \longrightarrow \quad N = N_c \\
 M &\leq M_s + M_c
 \end{aligned}$$

Persamaan 42

$$N \geq N_c \longrightarrow N \leq N_s + N_c$$

$$M = M_s$$

Cek Persyaratan :

$$N \leq N_c$$

$$5589945 \text{ kg} \leq C_2 \times f_c' \times \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$5589945 \text{ kg} \leq 0,85 \times 550 \times (9057,2 + 0)$$

$$5589945 \text{ kg} \leq 4234241 \text{ kg} \longrightarrow \text{pakai pers. 41}$$

Keterangan :

$$N_c = \text{Kuat tekan nominal beton}$$

$$N_s = \text{Kuat tarik nominal baja}$$

$$M_c = \text{Momen Nominal Beton}$$

$$M_s = \text{Momen Nominal Baja}$$

- Momen Nominal Penampang (M_n)

Dari perhitungan sebelumnya digunakan momen nominal pada persamaan 41, maka perhitungan momen nominalnya adalah sebagai berikut :

$$M \leq M_s + M_c$$

Elemen Baja (M_s)

$$M_s = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 29300 \times 2500$$

$$= 73250000 \text{ kgcm} = 732500 \text{ kgm}$$

Elemen Beton (M_c)

$$X_n = 471,4 \text{ mm} \quad D_c = 942,8 \text{ mm}$$

$$X_{n1} = \frac{X_n}{cD} = \frac{471,4}{942,8} = 0,5 < 1 \longrightarrow \text{pakai pers. 44}$$

$$f_c = \frac{f_c'}{cV} = \frac{550}{3} = 183,333 \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan :

$$V_c = \text{safety factor untuk beton}$$

$$X_n = \text{garis netral}$$

$$D_c = \text{lebar beton}$$

$$f_c = \text{tegangan beton}$$

Persamaan 44 :

$$\begin{aligned} M_c &= \frac{X_n (3-2X_n)}{12} \times D_c^3 \times f_c \\ &= \frac{0,5 \times (3-(2 \times 0,5))}{12} \times 838028,4^3 \times 183,333 \\ &= 12803211,22 \text{ kgcm} = 128032,11 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan momen nominal (M_n) keseluruhannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_s + M_c \\ &= 732500 \text{ kgm} + 128032,11 \text{ kgm} \\ &= 860532,112 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 523125 \text{ kgm} &< 0,9 \times 860532,1 \text{ kgm} \\ 523125 \text{ kgm} &< 774478,9 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{Persyaratan Desain} & \quad (\text{Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015}) \\ \phi &= 0,9 \quad (\text{Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015}) \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral (L_b) berdasarkan panjang kolom dikurangi dengan tinggi dimensi balok (d) yaitu 69.2 cm, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} &= 400 \text{ cm} - 69.2 \text{ cm} \\ &= 330.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 39.4 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 1961,34 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_b &< L_p \\ 330.8 &< 1961,34 \longrightarrow \text{bentang pendek} \end{aligned}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan Momen Nominalnya (M_n) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_s + M_c \\ &= 732500 \text{ kgm} + 128032,11 \text{ kgm} \\ &= 860532,11 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{aligned} \mu &< \phi M_n \\ 523125 \text{ kgm} &< 0,9 \times 860532 \text{ kgm} \\ 523125 \text{ kgm} &< 774478,9 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Bentang Pendek (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

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

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

F. Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek $P-\Delta$ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut:

$$M_r = \beta_1 M_{nt} + \beta_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + \beta_2 P_{lt}$$

dengan,

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

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

1. Kuat Lentur Orde Kedua (M_r) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_1 = 7379,6 \text{ kgm} & P_1 = 2218158 \text{ kg} \\
 M_2 = 173882,1 \text{ kgm} & L = 330.8 \text{ cm} \\
 M_{nt} = 173882,1 \text{ kgm} & P_{nt} = 990639 \text{ kg} \\
 M_{lt} = 1730 \text{ kgm} & P_{lt} = 1227519 \text{ kg} \\
 P_{\text{Story}} = 5589945 \text{ kg} & \Delta_h = 2.270 \text{ mm} \\
 H = 40459,84 \text{ kg} &
 \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi \times 2000000 \times 1470000}{(1 \times 330.8)^2} = 265164923,4 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{7379,6}{173882,1} \right) = 0,5830$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1 \\
 &= \frac{0,5830}{1 - \left(1 \times \frac{2218158}{265164923} \right)} \geq 1 \\
 &= 0,588 < 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan β_1 adalah 1

Perhitungan Komponen B₂

$$R_m = 1$$

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) \\
 &= 1 - 0,15 \left(\frac{4514562,34}{5589945} \right) \\
 &= 0,879
 \end{aligned}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 0,879 \times \frac{40460 \times 3308}{2,27} = 51818147 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - \left(1 \times \frac{5589945}{51818147} \right)} \geq 1 \\
 &= 1,12 \geq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan β_2 adalah 1,12

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{ux} = \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times 173882,1 + 1,12 \times 1730 \\
 &= 175821,3 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 175821,3 kgm

2. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_1 &= 7379 \text{ kgm} & P_1 &= 2301570 \text{ kg} \\
 M_2 &= 173882 \text{ kgm} & L &= 330.8 \text{ cm} \\
 M_{nt} &= 173882 \text{ kgm} & P_{nt} &= 1074051 \text{ kg} \\
 M_{lt} &= 1730 \text{ kgm} & P_{lt} &= 1227519 \text{ kg} \\
 P_{\text{Story}} &= 1071433 \text{ kg} & \Delta_h &= 2,27 \text{ mm} \\
 H &= 50621 \text{ kg}
 \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi \times 2000000 \times 1470000}{(1 \times 330.8)^2} = 265164923,4 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{7379}{173882} \right) = 0,5830$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$= \frac{0,583}{1 - \left(1 \times \frac{2301570}{265164923} \right)} \geq 1$$

$$= 0,588 < 1$$

Sehingga, digunakan β_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B₂

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) \\
 &= 1 - 0,15 \left(\frac{3423975,22}{1071433} \right) \\
 &= 0,52
 \end{aligned}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 0,52 \times \frac{50621 \times 3308}{2,270} = 38407181,85 \text{ kg}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$

$$= \frac{1}{1 - \left(1 \times \frac{1071433}{38407182}\right)} \geq 1$$

$$= 1,029 > 1$$

Sehingga, digunakan β_2 adalah 1,029

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Muy} &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 173882 \text{ kgm} + 1,029 \times 1730 \text{ kgm} \\ &= 175661,65 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 47765.7 kgm.

3. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 1074051 \text{ kg} & B_2 &= 1,12 \\ P_{lt} &= 1227519 \text{ kg} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 1074051 \text{ kg} + 1,12 \times 1227519 \text{ kg} \\ &= 2450002,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

G. Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 860532,11 \text{ kgm} \\ P_n &= 6591241 \text{ kg} \\ M_{ux} &= 175821,293 \text{ kgm} \\ M_{uy} &= 175661,65 \text{ kgm} \\ P_r &= 2450002,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\begin{aligned} \emptyset P_n &= 0,9 \times 6591241 = 5932116,9 \text{ kg} \\ \emptyset M_n &= 0,9 \times 860532,11 = 774478,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{2450002,417}{5932116,9} = 0,413 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan interaksi 1 dengan rumusan sebagai berikut :

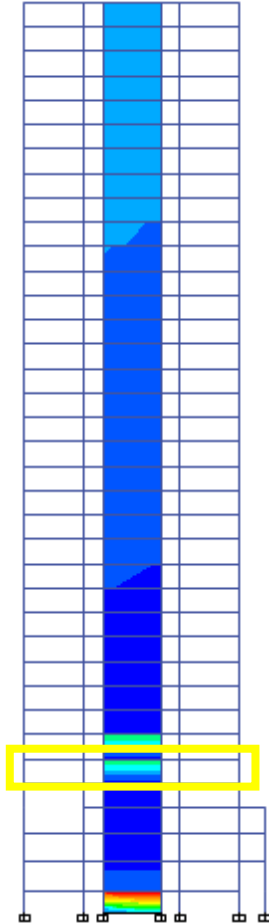
$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$0,816 < 1 \text{ (OK)}$$

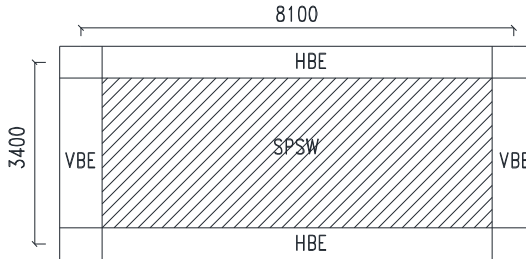
Sehingga kolom CFT dengan dimensi profil HSS 1000x1000x25 dapat digunakan.

4.4.3 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja

4.4.3.1 Desain Dinding Geser Pelat Baja



Gambar 4.64 SPSW yang ditinjau



Gambar 4.65 Desain SPSW

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser pelat baja dan pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Dari hasil analisis ETABS didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu $V_u = 61914 \text{ kg}$

Bahan :

BJ 37 : $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

Dimensi :

$L = 8,1 \text{ m}$

$h = 3,4 \text{ m}$

1. Tebal Dinding Geser (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 3-20)

Untuk perencanaan awal, diasumsikan sudut geser SPSW = 30° .

$$\phi V_n = 0,9 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L \times \sin(2\alpha)$$

$$61569 \text{ kg} = 0,9 \times 0,42 \times 2400 \times t_w \times 810 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0,09 \text{ cm digunakan } t_w = 0,3 \text{ cm}$$

2. Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 2-1)

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

$$= \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,3 \text{ cm} \times 810 \text{ cm}}{2 \times 424,6 \text{ cm}^2}}{1 + 0,3 \text{ cm} \times 340 \text{ cm} \left(\frac{1}{211,5 \text{ cm}^2} + \frac{(340 \text{ cm})^3}{360 \times 325000 \times 810 \text{ cm}} \right)}}$$

$\alpha = 43,76^\circ$ memenuhi syarat $30^\circ < \alpha < 55^\circ$ (**OK**)

3. Kekuatan geser aktual SPSW

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

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times 2400 \times 0,5 \times 810 \times \sin(2 \times 43,76^\circ)$$

$$\emptyset V_n = 158845,87 \text{ kg} > 61914 \text{ kg} \text{ (**OK**)}$$

4.4.3.2 Kontrol Desain Balok (HBE)

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF $800 \times 300 \times 16 \times 30$.

$$W = 241 \text{ kg/m} \quad r = 28 \text{ mm} \quad h_w = 692 \text{ mm}$$

$$A = 307,6 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 9287 \text{ cm}^3 \quad b_f = 302 \text{ mm}$$

$$t_w = 16 \text{ mm} \quad i_y = 6,7 \text{ cm}$$

$$t_f = 30 \text{ mm} \quad I_x = 339000 \text{ cm}^4$$

$$d = 808 \text{ mm} \quad I_y = 13800 \text{ cm}^4$$

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

1. Momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

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

Menentukan nilai q_u

$$q_u = R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1,5 \times 2500 \times (0,5 \times \cos^2 43,29^\circ - 0,5 \times \cos^2 43,76^\circ)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$L_h = L - 2 \left[\frac{1}{2} (d_c + d_b) \right]$$

$$L_h = 810 \text{ cm} - 2 \left[\frac{1}{2} (70 \text{ cm} + 69,2 \text{ cm}) \right]$$

$$L_h = 629 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{0 \times (171.2 \text{ cm})^2}{8}$$

$$= 0$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi yang didapatkan dari output ETABS.

$$M_u = M_u$$

$$= 74736 \text{ kgm}$$

2. Gaya aksial pada balok (*HBE*)

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

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times h$$

$$P_{HBE(VBE)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times [(\sin^2(43,76^\circ) \times 0,3 \text{ cm} \times 69,2 \text{ cm}) + [(\sin^2(43,76^\circ) \times 0,3 \text{ cm} \times 69,2 \text{ cm})]]$$

$$P_{HBE(VBE)} = 139528,6 \text{ kg}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y \times f_y \times [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] \times L_{cf}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times [0] \times (810 \text{ cm} - 70 \text{ cm})$$

$$P_{HBE(web)} = 0$$

Nilai $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] = 0$ karena dimensi *SPSW* lantai 1 dan lantai di atasnya sama.

Nilai P_{HBE} pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah :

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

$$P_{HBE} = 139528,6 \text{ kg} \pm \frac{1}{2} \times 0$$

$$P_{HBE} = 139528,6 \text{ kg (tekan)}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$\beta_1 = 1 \text{ (hasil perhitungan)}$$

Karena nilai $\beta_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$M_r = \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt}$$

$$= 1 \times 139528,6 \text{ kgm}$$

$$= 139528,6 \text{ kgm}$$

3. Gaya geser pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

Gaya geser dihitung dengan sebagai berikut:

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

Momen lentur balok, M_{pr} , dihitung dengan berdasarkan V_u balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsikan $2/3$ dari modulus penampang plastik balok.

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 \times R_y \times f_y \times Z_{RBS} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (2/3 \times 9287 \text{ cm}^3) \\ &= 255392 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 307,6 \text{ cm}^2 \\ &= 769000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{P_y} &= \frac{4620 \text{ kg}}{769000 \text{ kg}} \\ &= 0,07 < 0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^* &= (1,1 \times R_y \times f_y \times Z_{RBS}) \left[1 - \frac{1}{2} \frac{P_u}{P_y} \right] \\ &= 247601,2021 \text{ kgm} \end{aligned}$$

V_{ug} yang merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output ETABS. $P_u = 2282 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{2 \times 247601,2021 \text{ kgm}}{8,1 \text{ m}} \\ &= 61136,0993 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{302 \text{ mm}}{2 \times 30 \text{ mm}} = 5,03$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 5,03 < 10,75 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692 \text{ mm}}{16 \text{ mm}} = 43,25$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 3,76 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\ &= 106 \end{aligned}$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43,25 < 106 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 9287 \text{ cm}^3 \\ &= 23217500 \text{ kgcm} \\ &= 232175 \text{ kgm} \end{aligned}$$
- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 232175 \text{ kgm} \\ &= 208957,5 \text{ kgm} > 74736 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 810 \text{ cm}$$

$$L_p = 333,528 \text{ cm (dari tabel profil)}$$

$$L_r = 1036,251 \text{ cm (dari tabel profil)}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 74736 \text{ kgm}$$

$$M_A = 47065 \text{ kgm}$$

$$M_B = 63690 \text{ kgm}$$

$$M_C = 51384 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 74736}{2,5 \times 74736 + 3 \times 47065 + 4 \times 63690 + 3 \times 51384}$$

$$= 1,23 \leq 2.3$$

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

$$= 1,23 \left[23217500 - (23217500 - 0,7 \times 2500 \times 8400) \left(\frac{810 - 333,528}{1036,251 - 333,528} \right) \right] < 23217500$$

$$20444868,53 \text{ kgcm} \leq 23217500 \text{ kgcm (OK)}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$7473600 \leq 0.9 \times 20444868,53$$

$$7473600 \leq 18400381 \text{ kgcm (OK)}$$

5. Kontrol Penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{692 \text{ mm}}{16 \text{ mm}} = 43,3 ;$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 63,357$$

$$\text{karena } \frac{h}{tw} < 2.24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1$, sehingga :

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0.6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (74.8 \text{ cm} \times 1.6 \text{ cm}) \times 1$$

$$= 179520 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_n &\geq V_u \\
 \emptyset V_n &= 0,9 \times 179520 \text{ kg} \\
 &= 161568 \text{ kg} > 61136 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

6. Kekuatan tekan balok (*HBE*)

$$L = 810 \text{ cm}$$

$$K_c = 1 \text{ (sendi - sendi)}$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_c L}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000}{\left(\frac{1 \times 810}{6,7}\right)^2} = 1350,5458$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{1350,5458} = 1,85$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 1,85 < 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan:

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= f_y (0,658)^{\frac{f_y}{f_e}} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} (0,658)^{1,85} \\
 &= 1152 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= f_{cr} \times A_g \\
 &= 1152 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 307,6 \text{ cm}^2 \\
 &= 354359,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset P_n &= 0,85 \times 354359,2 \text{ kg} \\
 &= 301205,28 \text{ kg} > 139528,59 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

7. Interaksi aksial dan lentur balok (*HBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{139528 \text{ kg}}{301205,28 \text{ kg}} = 0,46 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{\emptyset M_c} = \frac{74736 \text{ kgm}}{208957,5 \text{ kgm}} = 0,357$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,78 < 1 \text{ (OK)}$$

8. Kontrol momen inersia balok (*HBE*) terhadap spsw

$$I_{HBE} \geq 0,00307 \frac{t_w \times L^4}{h}$$

$$= 0,00307 \frac{0 \times (810 \text{ cm})^4}{340 \text{ cm}}$$

$$I_{HBE} = 339000 \text{ cm}^4 > 0 \text{ cm}^4 \text{ (OK)}$$

9. Kontrol ketebalan pelat badan balok (*HBE*)

$$t_{w \text{ HBE}} \geq \frac{t_w \times R_y \times f_y}{f_{yHBE}}$$

$$1,6 \geq \frac{0,3 \times 1,5 \times 2500}{2500}$$

$$> 0,45 \text{ cm}$$

$$t_w = 1,6 \text{ cm} > 0,45 \text{ cm (OK)}$$

Balok $800 \times 300 \times 16 \times 30$ aman digunakan untuk balok (*HBE*) komponen *SPSW*.

4.4.3.3 Kontrol Desain Kolom (*VBE*)

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS $1000 \times 1000 \times 25 \times 25$ dengan mutu inti beton $f'_c = 40$ MPa dan tinggi kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 1000 mm	I_x	= 1470000 cm ⁴
b_f	= 1000 mm	I_y	= 1470000 cm ⁴
t_w	= 25 mm	i_x	= 39,4 cm
t_f	= 25 mm	i_y	= 39,4 cm
A	= 942,8 cm ²	Z_x	= 29300 cm ³
f_y	= 250 Mpa		

1. Gaya aksial pada kolom (*VBE*)

$$P_u = 3021512 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$E_m = [1/2 R_y \times f_y \times \sin(\alpha) \times t_w \times h] + V_u$$

$$E_m = [1/2 \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin(43,76^\circ) \times 0,3 \text{ cm} \times 340 \text{ cm}] + (61136 \text{ kg})$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= 325723,572 \text{ kg} \\
 P_{u \text{ total}} &= P_u + E_m \\
 &= 3021512 \text{ kg} + 325723,572 \text{ kg} \\
 &= 3347235,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$\beta_1 = 1$ (hasil perhitungan)

Karena nilai $B_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

2. Momen pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(\text{web})} &= R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times \left(\frac{hc^2}{12}\right) \\
 &= 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin^2(43,76^\circ) \times 0,3 \text{ cm} \times \left(\frac{(340 \text{ cm})^2}{12}\right) \\
 &= 5185668,943 \text{ kgcm} \\
 &= 51856,69 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen lentur pada kondisi kolom (*VBE*) mengalami tekan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\
 &= 210050,4 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_y &= f_y A_g \\
 &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 307,6 \text{ cm}^2 \\
 &= 2357000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(\text{web})} \\
 &= 0,5 \times 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{0}{1615000} = 0 < 0,2$$

$$M_{pr}^* = (M_{pr}) \left[1 - \frac{P_u}{P_y}\right]$$

$$\begin{aligned}
 &= (255392,5 \text{ kgcm}) \times [1 - 0] \\
 &= 255392,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pb} &= \frac{M \cdot pr}{1.1 R_y} + V_{ush} \\
 &= 21005040 \text{ kgcm} \\
 &= 210050,4 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 &= 0,5 \times (210050,4 + 210050) \\
 &= 210050,36 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 51856,69 \text{ kgm} + 210050,4 \text{ kgm} \\
 &= 261907,1 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $B_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\
 &= 1 \times 261907,1 \text{ kgm} \\
 &= 261907,1 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser pada kolom (VBE) akibat *SPSW*

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y \times f_y \times \sin^2(\alpha) \times t_w \times h \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times [\sin^2(43,76^\circ) \times 0,3 \text{ cm} \\
 &\quad \times 340 \text{ cm}] \\
 &= 201325,9707 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \frac{M_{pc}}{h_c} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{210050,37 + 261907,06}{3,4} \right) \times 100 \\
 &= 69405,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(web)} \\
 &= 270731,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (*VBE*)

Pada struktur dinding geser (*SPSW*) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan $f_c = 40$ MPa

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{1000}{2 \times 25} = 20$$

$$\lambda_p = 2,3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,3 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 65,054$$

$$\lambda < \lambda_p = 20 < 65,054 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_p \text{ (pada perhitungan kolom CFT sebelumnya)} \\ &= 5589945 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{1000 - 50 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 38$$

$$1,1 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{tw} < 1,1 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1$; sehingga

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times (100 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}) \times 1 \\ &= 375000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 375000 \text{ kg} = 337500 \text{ kg}$$

$$337500 \text{ kg} > 270731,47 \text{ kg (OK)}$$

5. Interaksi aksial dan lentur kolom (*VBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{3347235,6}{4751453} = 0,7 > 0,2$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,99 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

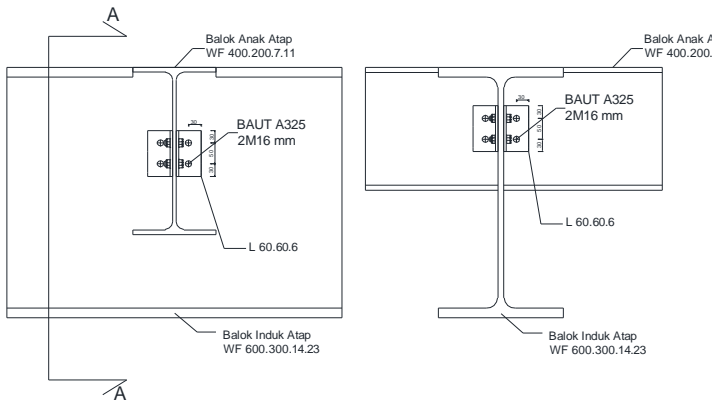
4.5 Perencanaan Sambungan

4.5.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak menggunakan tipe sambungan *simple connection*. Sambungan ini di desain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

4.5.1.1 Sambungan atap apartemen

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 7152,25 kg, dengan dimensi balok anak WF 400x200x7x11 dan balok induk WF 600x300x14x23. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6 dengan baut ukuran M16; $A_s=2,01 \text{ cm}^2$.



Gambar 4.66 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

a. Sambungan siku dengan balok anak:

$$\text{Øbaut} = \text{M16} \quad (A_b = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0,5)$$

$$\text{Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6) :}$$

$$\begin{aligned} \text{ØVn} &= \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \\ &= 13778,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10) :

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6 + 0,15) = 2,125 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 1,2 \times 2,125 \times 0,7 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 7318,5 \text{ kg} \leq 11020,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times 7318,5 = 5488,875 \text{ (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 7152,25 / 5488,875 = 1,3 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut M16.

b. Sambungan siku dengan balok induk:

$$\emptyset \text{baut} = \text{M16 (Ab} = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 (F}_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6) :

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot Ab \cdot m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \\ &= 13778,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10) :

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6 + 0,15) = 2,125 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 1,2 \times 2,125 \times 1,4 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,6 \times 1,4 \times 4100 \\ &= 14637 \text{ kg} \leq 22041,6 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times 14637 = 10977,75 \text{ (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 7152,25 / 10977,75 = 0,65 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut M16.

c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s.d. } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 1,5 db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s.d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan siku penyambung

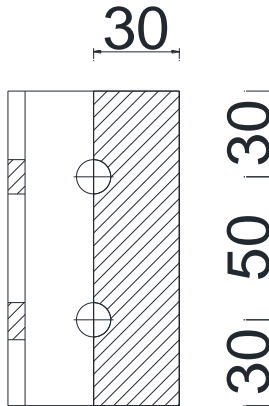
Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Kontrol Runtuh Tarik

 \emptyset lubang = 12 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)

= 13,5 mm = 1,35 cm



Gambar 4.67 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 11 \times 0,6 = 6,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = L_{\text{nv}} \times t_{\text{siku}} = (11 - 2 \times 1,35) \times 0,6 = 4,98 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 6,6 \cdot 2500 = 14850 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 4,98 \cdot 4100 = 15313,5 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$2\emptyset P_u = 2 \cdot 15313,5 = 30627 \text{ kg}$$

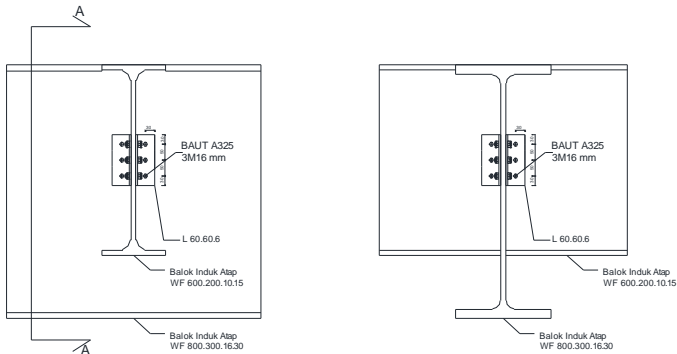
Syarat:

$$V_u \leq 2 \emptyset P_u \rightarrow 7152,25 \text{ kg} < 30627 \text{ kg (OK)}$$

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil jumlah sambungan serta jarak sambungan yang didapatkan untuk sambungan balok anak dengan balok induk sama.

4.5.1.2 Sambungan lantai apartemen

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 9607,125 kg, dengan dimensi balok anak WF 600x200x10x15 dan balok induk WF 800x300x16x30 Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku L 60,60,6 dengan baut ukuran M16; $A_s=2,01 \text{ cm}^2$.



Gambar 4.68 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

a. Sambungan siku dengan balok anak:

$$\text{Øbaut} = \text{M16} \quad (A_b = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0,5)$$

$$\text{Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6) :}$$

$$\begin{aligned} \text{ØVn} &= \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \\ &= 13778,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10) :}$$

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6 + 0,15) = 2,125 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 1,2 \times 2,125 \times 1 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,6 \times 1 \times 4100$$

$$= 10455 \text{ kg} \leq 15744 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times 10455 = 7841,25 \text{ (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 9607,125 / 7841,25 = 1,22 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M16.

- b. Sambungan siku dengan balok induk:

$$\emptyset \text{ baut} = \text{M16 (} A_b = 2,01 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Mutu baut A325 (} F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser (} r_1 = 0,5 \text{)}$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\emptyset V_n = \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 0,75 \times 4570 \times 2 \times 2,01 \text{ cm}^2$$

$$= 13778,55 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10) :

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6 + 0,15) = 2,125 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 1,2 \times 2,125 \times 1,6 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,6 \times 1,6 \times 4100$$

$$= 16728 \text{ kg} \leq 25190,4 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times 16728 = 12546 \text{ (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 9607,125 / 12546 = 0,77 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M16.

- c. Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak ke tepi} = 1,5 d_b \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s.d. } 72 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 1,5 d_b \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s.d } 72 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

- d. Kontrol kekuatan siku penyambung

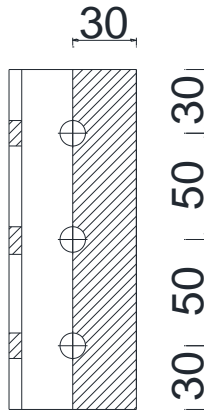
Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

$$\text{BJ41 (} f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

Kontrol Runtuh Tarik

$$\emptyset \text{ lubang} = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$



Gambar 4.69 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 16 \times 0,6 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nV} = L_{nV} \times t_{\text{siku}} = (16 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 7,17 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 9,6 \cdot 2500 = 21600 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 7,17 \cdot 4100 = 22047,75 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$2\emptyset P_u = 2 \cdot 21600 = 43200 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \emptyset P_u \rightarrow 9607,125 \text{ kg} < 43200 \text{ kg (OK)}$$

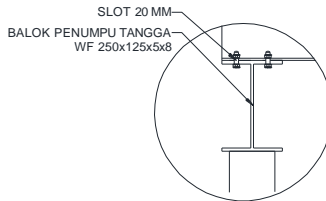
Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil jumlah sambungan serta jarak sambungan yang didapatkan untuk sambungan balok anak dengan balok induk sama.

4.5.2 Sambungan Balok Tangga

Sambungan balok tangga menggunakan tipe sambungan *simple connection*.

4.5.2.1 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok tangga utama dengan balok penumpu tangga direncanakan sebagai perletakan rol. Sehingga, dimensi balok utama tangga WF 250x125x5x8 berada diatas balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 dan dipasang baut ukuran M8 dengan lubang slot sepanjang $2,5db = 20$ mm. Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar 1496,9 kg. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 75 x 75 x 12.



Gambar 4.70 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

a. Sambungan Pada Sayap Balok Utama Tangga:

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,131 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Mutu baut A325 (} F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser (} r_1 = 0,5 \text{)}$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6) :

$$\begin{aligned} \text{ØVn} &= \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \times 4750 \times 1 \times 1,131 \text{ cm}^2 \\ &= 4029,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10):

$$\ell_c = 25 - 0,5 (12+1,5) = 20,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 \times db \times t_p \times f_u \\ &= 1,2 \times 20,25 \times 0,5 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4981,5 \leq 5904 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{ØRn} = 0,75 \times 4981,5 = 3736,125 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$\begin{aligned} n &= V_u : \text{ØVn} = 1496,9 \text{ kg} : 3736,125 \text{ kg} \\ &= 0,4 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 12 mm

b. Sambungan Pada Balok Penumpu Tangga:

$$\emptyset \text{ baut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,131 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Mutu baut A325 (} F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser (} r_1 = 0,5 \text{)}$$

$$\text{Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6) :}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 1 \times 1,131 \text{ cm}^2 \\ &= 4029,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10):}$$

$$\ell_c = 25 - 0,5 (12 + 1,5) = 20,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 1,2 \times 20,25 \times 0,5 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4981,5 \leq 5904 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times 4981,5 = 3736,125 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$\begin{aligned} n &= V_u : \emptyset V_n = 1496,9 \text{ kg} : 3736,125 \text{ kg} \\ &= 0,4 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 12 mm

c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s.d. } 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 1,5 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s.d } 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

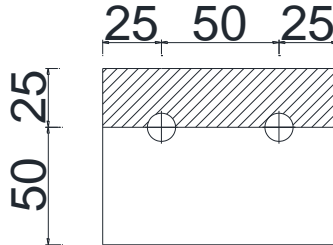
d. Kontrol kekuatan siku penyambung

$$\text{Dipakai siku penyambung } 75 \times 75 \times 12$$

$$\text{BJ41 (} f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

Kontrol Runtuh Tarik

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.71 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 10 \times 0,75 = 7,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{NV}} = L_{\text{NV}} \times t_{\text{siku}} = (10 - 2 \times 1,35) \times 0,75 = 5,475 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 7,5 \cdot 2500 = 16875 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 5,475 \cdot 4100 = 16835,625 \text{ kg}$$

(Menentukan)

Terdapat 1 siku sehingga

$$\emptyset P_u = 16835,625 \text{ kg}$$

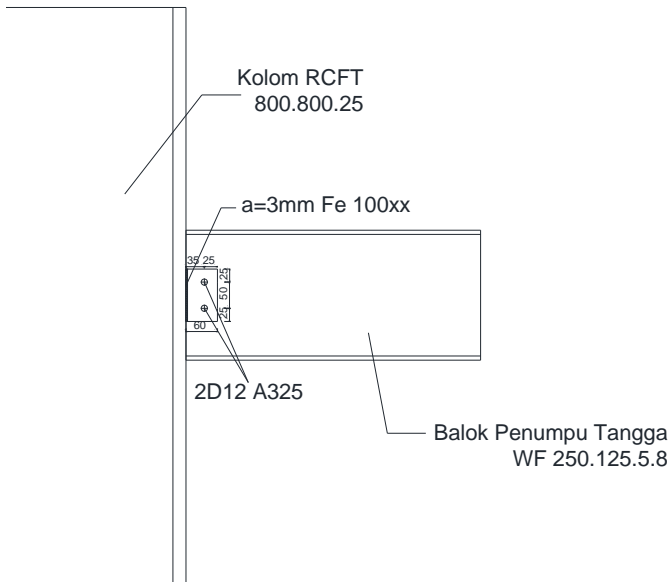
Syarat:

$$V_u \leq \emptyset P_u \rightarrow 1496,9 \text{ kg} < 16835,625 \text{ kg (OK)}$$

4.5.2.2 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar 2023,35 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 250x125x5x8 dan dimensi kolom yaitu HSS 800x800x25. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil pelat 6 mm.



Gambar 4.72 Sambungan Kolom dengan Balok Penumpu Tangga

a. Kontrol pelat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &= \frac{4100}{2500} \times 2.5 \\
 &= 4,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai $t_p = 0,6 \text{ cm}$

b. Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = \text{M12} \quad (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325} \quad (F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned}
 \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \times F_{nv} \times A_b \times m \\
 &= 0,75 \times 4570 \times 1 \times 1,131 \\
 &= 3876,5 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10) :

$$\ell_c = 25 - 0,5 (8+1,5) = 20,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \times \ell_c \times t \times F_u \leq 2,4 \times db \times t_p \times f_u \\ &= 1,2 \times 20,25 \times 0,5 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4981,5 \text{ kg} \leq 5904 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times 4981,5 = 3736,125 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} n &= V_u : \emptyset V_n = 2023,35 \text{ kg} : 3736,125 \text{ kg} \\ &= 0,5 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12

c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s.d. } 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 1,5 db \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s.d } 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm}$$

d. Sambungan kolom dengan pelat sambung

Direncanakan menggunakan las F_{e100xx} :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5,5 mm

Digunakan ketebalan las $w = 3 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 0,3) \times 10 \\ &= 2,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0,75 \times 4218 \text{ kg/cm}^2 \times 2,12 \text{ cm}^2 \\ &= 6709,78 \text{ kg} > 1965,9 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

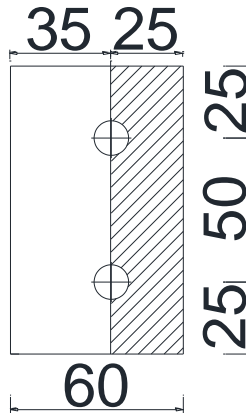
e. Kontrol kekuatan pelat penyambung

Dipakai pelat penyambung 6 mm

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Kontrol Runtuh Tarik

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.73 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 10 \times 0,6 = 6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (10 - 2 \times 1,35) \times 0,6 = 4,38 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\phi P_u = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 6 \cdot 2500 = 13500 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\phi P_u = \phi A_n f_u = 0,75 \cdot 4,38 \cdot 4100 = 13468,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi P_u \rightarrow 2023,35 \text{ kg} < 13468,5 \text{ kg (OK)}$$

4.5.3 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

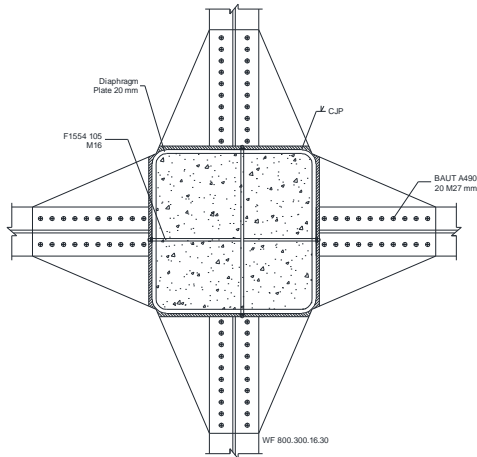
Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai rigid connection, yang mana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku.

Balok Induk = WF 800 x 300 x 16 x 30

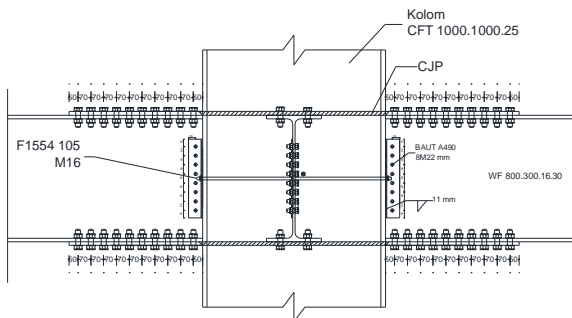
Kolom = CFT 1000 x 1000 x 25

Mutu Las = FE100xx

Mutu baut A490 ($F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2



Gambar 4.74 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom



Gambar 4.75 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- a. Perhitungan gaya geser pada sambungan
Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}^* &= 1,1 \times R_y \times Z_x \times F_y \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 9287 \times 2500 \\
 &= 38308875 \text{ kg cm} = 383088,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= 2 \times M_u/L \\ &= 2 \times 383088,75/6,075 = 126119,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Akibat beban kombinasi

Dari program ETABS, diperoleh V_u akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{u2} &= 19028 \text{ kg} \\ V_{u \text{ total}} &= 126119,75 + 19028 \\ &= 145147,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Sambungan geser pada badan balok

Pelat tebal 13 mm

baut = M22; $A_s = 3,79 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ($F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 3,79 \cdot 1 \\ &= 16458,075 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 5 - 0,5 (2,2 + 0,15) = 3,825 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 3,825 \cdot 1,3 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,2 \cdot 1,3 \cdot 4100 \\ &= 24464,7 \text{ kg} \leq 28142,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 24464,7 = 21106,8 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \phi V_n = 145147,75 / 21106,8 = 6,87 \approx 8 \text{ buah}$$

Dipasang 8 buah baut dengan ukuran M22.

d. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 26 \text{ mm s/d 132 mm} \end{aligned}$$

Pakai S1 = 50 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 26 \text{ mm s/d 132 mm} \end{aligned}$$

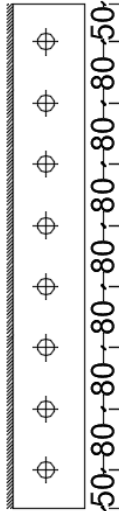
Pakai S2 = 50 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut : (S)} &= 3db \text{ s/d 15tp atau 200 mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d 165 mm} \end{aligned}$$

Pakai S = 80 mm

e. Kontrol kekuatan siku penyambung

$$\begin{aligned}\text{Ø lubang} &= 22 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.76 Detail Pelat Siku Sambungan Badan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 66 \times 1,3 = 85,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (66 - 8 \times 2,35) \times 1,3 = 61,36 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\text{Ø Pu} = \text{Ø Ag fy} = 0,9 \cdot 85,8 \cdot 2500 = 193050 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\text{Ø Pu} = \text{Ø An fu} = 0,75 \cdot 61,36 \cdot 4100 = 188682 \text{ kg}$$

(Menentukan)

Syarat:

$$V_u \leq \text{Ø Pu} \rightarrow 145147,75 \text{ kg} < 188682 \text{ kg (OK)}$$

f. Sambungan geser pada kolom

Direncanakan dengan single plate dengan las sudut dengan tebal plat 13 mm dengan panjang 660 mm. Pengelasan dilakukan pada 1 sisi *single plate* dengan kekuatan E100xx. Dengan $t_e=1$ cm

Perencanaan tebal las sudut

$$A_{we} = t_e \cdot d_{pelat}$$

$$= 1 \times 66$$

$$= 66 \text{ cm}^2$$

$$S = \left(\frac{d^2}{3}\right) = \left(\frac{66^2}{3}\right) = 1452 \text{ cm}^3$$

$$P_u = 145147,75 \text{ kg}$$

$$M_u = S \times P_u = 145147,75 \times 5 = 725738,75 \text{ kgcm}$$

$$\phi F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{145147,75}{66} = 2199,2 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{M_u}{S} = \frac{725738,75}{1452} = 499,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{2199,2^2 + 499,82^2}$$

$$= 2255,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{2255,3}{3163,5} = 0,71 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,71}{0,707} = 1,01 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{min} = 6$ mm dan menurut pasal J2.2b.b ukuran maksimum las sudut didapatkan $a_{max} = 13 - 2 = 11$ mm.

Maka dipakai las sudut dengan tebal 11 mm.

g. Sambungan pada diaphragm plat dengan kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$P_u = \frac{M_u}{D_{balok}} = \frac{38308875}{80,8} = 474119,74 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$t_e = 2 \text{ cm}$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 2 = 6327 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nBM} = 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 2 = 3690 \text{ kg/cm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Luas las tumpul

$$A_1 = t_e \cdot d_{plat}$$

$$= 2 \times 80 = 160 \text{ cm}^2$$

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{474119,74}{160} = 2963,24 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \leq F_{nBM} \text{ (OK)}$$

h. Sambungan pada diaphragm plat dengan sayap balok

Plate tebal 20 mm

baut = M27; $A_s = 5,722 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ($F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2

$V_u =$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 5,722 \cdot 1 \\ &= 24863,2 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 50 - 0,5(27 + 1,5) = 35,75 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 35,75 \cdot 2 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 27 \cdot 2 \cdot 4100$$

$$= 35178 \text{ kg} \leq 53136 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 35178 = 26383,5 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 474119,74 / 24863,2 = 19,774 \approx 20 \text{ buah}$$

Dipasang 20 buah baut dengan ukuran M27.

Kontrol jarak baut

Jarak tepi : (S1) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm
= 34 mm s/d 150 mm

Pakai S1 = 50 mm

Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm
= 34 mm s/d 150 mm

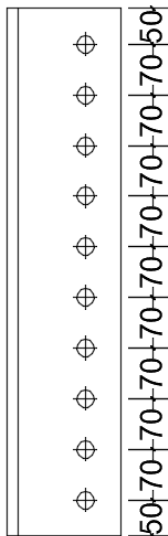
Pakai S2 = 50 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
= 81 mm s/d 200 mm

Pakai S = 70 mm

Kontrol kekuatan siku penyambung

\emptyset lubang = 27 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
= 28,5 mm = 2,85 cm



Gambar 4.77 Detail Sambungan Diaphragm Plat dengan Sayap Balok

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 73 \times 2 = 140 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (73 - 10 \times 2,85) \times 2 = 89 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset Pu = \emptyset Ag fy = 0,9 \cdot 146 \cdot 2500 = 328500 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset Pu = \emptyset An fu = 0,75 \cdot 89 \cdot 4100 = 328410 \text{ kg}$$

(Menentukan)

Terdapat 2 pelat sehingga

$$2\emptyset Pu = 2 \cdot 328410 = 656820 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\emptyset Pu \rightarrow 474120 \text{ kg} < 656820 \text{ kg (OK)}$$

4.5.4 Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 2 dan 3. Sambungan direncanakan menggunakan las sudut dengan mutu F_{e100XX} . Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

Sambungan antar kolom pada dinding geser akan disambung dengan menggunakan las sudut dengan mutu F_{E100XX} dan digunakan pelat tambahan dengan tebal 50 mm.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban gravitasi dan beban seismik akibat komponen vertikal.

- Gaya Aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin 2\alpha t_w h_c + \sum V_u$$

Dalam perhitungan sebelumnya didapatkan nilai E_m adalah

$$E_m = 3561275 \text{ kg}$$

- Momen pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= M_{VBE(WEB)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 29802 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\ &= 12632,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Misal $t_e = 1$

$$A_{we} = 4 \times (1 \times 100) = 400 \text{ cm}^2$$

$$I_p = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(100 + 100)^3}{6} = 1333333,33 \text{ cm}^4$$

$$S = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 100 \times 100 + \left(\frac{100^2}{3}\right) = 3333333,3 \text{ cm}^3$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S}$$

$$f_v = \frac{3561275}{400} + \frac{29802}{3333333,3} = 8903,28 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{12632,45}{400} + \frac{2980200}{3333333,3} = 31,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(31,67)^2 + (8903,28)^2} = 8903,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{8903,33}{3164,85} = 2,81 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{2,81}{0,707} = 3,9 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 50 \text{ mm}, a_{min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E100xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 5}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 100 \times 70,3}$$

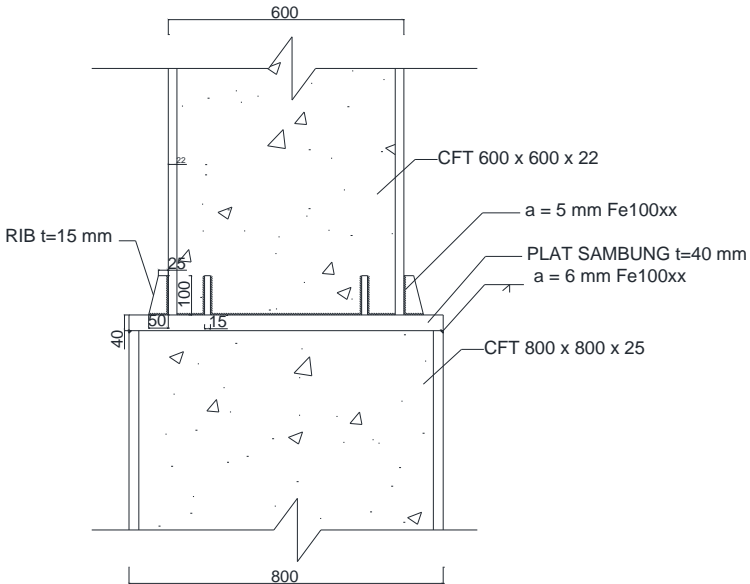
$$a_{eff} = 2,06 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 2 \text{ cm}$

4.5.5 Sambungan Kolom dengan Kolom Beda Dimensi

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sabagai penyambung antar kolomnya. Kolom yang ditinjau adalah kolom lantai 15 dan 16.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 4.78 Tampak Samping Sambungan Kolom dengan Kolom Beda Dimensi

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain ETABS dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 28417,22 \text{ kgm}$$

$$V_u = 14405,45 \text{ kg}$$

$$P_u = 356772,71 \text{ kg}$$

Gaya Tarik (T_u) :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_u = \frac{28417,22 \text{ kgm}}{0,7 \text{ m}} \pm 356772,7 \text{ kg}$$

$$= 397368,7386 \text{ kg}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

Tegangan Putus Las $F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Tebal las (t_e) = 0,6 cm

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \text{ cm}$$

$$A_w = t_e \times l_{we}$$

$$= 0,6 \times 280$$

$$= 168 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,8 \times F_u \times A_w$$

$$= 0,8 \times 5000 \times 168$$

$$= 604800 \text{ kg}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{14405,45 \text{ kg}}{0,6 \times 604800 \text{ kg}} \right)^2 + \left(\frac{397368,7386 \text{ kg}}{1604800 \text{ kg}} \right)^2 \leq 1$$

$$0,432 < 1 \text{ (OK)}$$

Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$f_{pmax} = \phi_c \times 0,9 \times f_c'$$

$$= 0,65 \times 0,9 \times 25 \text{ MPa}$$

$$= 13,81 \text{ MPa} = 138,125 \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan :

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi kolom CFT*
Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_p &= \frac{P_u}{B \times N} = 356772,71 / (80 \times 80) \\ &= 55,75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$\begin{aligned} f_p &\leq f_{p_{\max}} \\ 55,75 &\leq 138,125 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

- **Kuat Perlu Pelat Landas**

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 55,75 \times 17,5^2 \\ &= 21156,59 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai l diambil terbesar dari m , n , dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} m &= \frac{N-0,95 d}{2} = 6,75 \text{ cm} \\ n &= \frac{B-0,95 bf}{2} = 12 \text{ cm} \\ \lambda_n' &= \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d bf} = 17,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Keterangan :

- λ = diambil konservatif adalah 1

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_p &> \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}} \\ t_p &> 3,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

sehingga tepal pelat landas (t_p) direncanakan sebesar 40 mm atau 4 cm

Perhitungan Pelat Pengaku :• Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 100 \text{ mm}$$

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 19$$

$$15 \text{ mm} > 9,5 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$6,7 \text{ mm} < 15,8 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

• Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$l_w = 100 \text{ mm}$$

Keterangan :

a : (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,5) \times 10 \\ &= 7,07 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 7,07 \\
 &= 22365,95
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi R_n \\
 14405,5 \text{ kg} &< 22365,95 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

4.5.6 Sambungan Base Plate

4.5.6.1 Kolom Pedestal

Direncanakan kolom pedestal dengan dimensi 1200x1200. Output gaya dalam kolom pedestal yang didapat pada Etabs digunakan sebagai input data beban pada perhitungan kolom pedestal menggunakan program spColumn.

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 3021512 \text{ kg}$$

$$V_u = 78725 \text{ kg}$$

$$M_u = 198857 \text{ kgm}$$

- Data perencanaan kolom :

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$A_g = 1440000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Selimut beton = 40 mm

$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = D32 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1200 - (40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 32) = 1132 \text{ mm}^2$$

- Penulangan Lentur pada Kolom

Dari spColumn didapat nilai $\rho = 1,14 \%$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0,0114 \times 1200 \times 1032 \\
 &= 14117,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 20 D32, $A_s = 16084,95 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi. A_s pakai = $16084,95 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu **(OK)**

- Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 78725 \text{ kg}$$

Kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,167 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ &= 0,167 \left(1 + \frac{3021512}{14 \times 1440000} \right) 1 \sqrt{35} \times 1200 \times 1032 \\ &= 1406898,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c$$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 1406898,18 \text{ kg} \\ &= 1055173 \text{ kg} > V_u = 9280,67 \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 12 - 200$, sengkang dua kaki.

4.5.6.1.1 Perencanaan Sambungan

Perencanaan Bse Plate direncanakan dengan ukuran :

$$H = 120 \text{ cm}$$

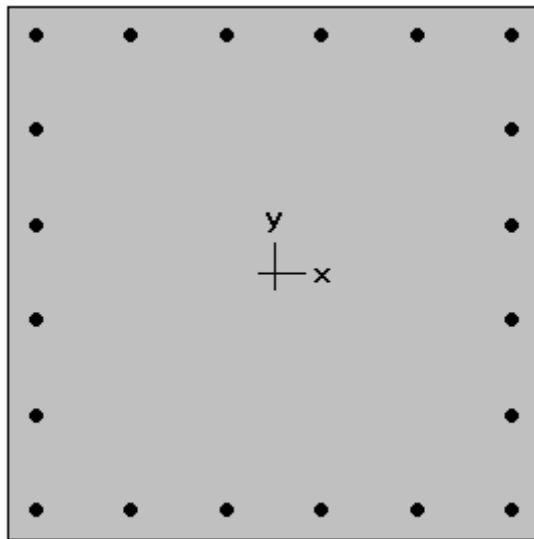
$$B = 120 \text{ cm}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya yang bekerja pada kolom CFT HSS 1000x1000x25x25 lantai dasar adalah:

$$P_u = 558994 \text{ kg}$$

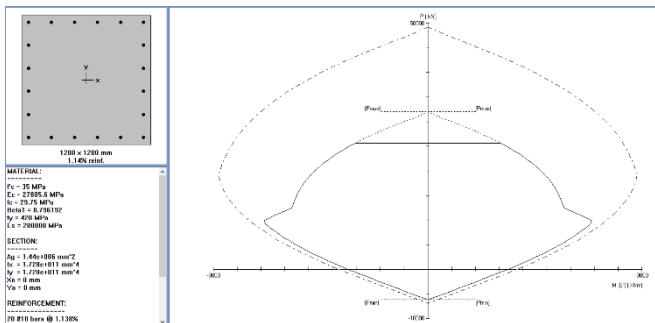
$$M_u = 523125 \text{ kgm}$$

$$V_u = 197069 \text{ kg}$$



1200 x 1200 mm
1.14% reinf.

Gambar 4.79 Hasil Penulangan dari spColumn



Gambar 4.80 Hasil Kontrol dari spColumn

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil HSS sehingga didapatkan :

Dimisalkan $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 100) = 400 \text{ cm}^2$$

$$I_p = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(100+100)^3}{6} = 1333333,33 \text{ cm}^4$$

$$S = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 100 \times 100 + \left(\frac{100^2}{3}\right) = 33333333 \text{ cm}^3$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x}$$

$$f_v = \frac{558994}{400} + \frac{523125}{33333333}$$

$$f_v = 1397,5 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} = \frac{197069}{400} + \frac{523125}{3333333} = 492,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(492,82)^2 + (1397,5)^2} = 1481 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{nw}} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{F_{\text{nw}}} = \frac{1481}{3164,85} = 0,46 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,46}{0,707} = 0,66 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{\text{plat}} = 70 \text{ mm}, a_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff}} = 1,41 \frac{F_u}{F_{\text{exx}}} \times t = 1,41 \frac{4100}{100 \times 70,3} \times 7$$

$$a_{\text{eff}} = 5,75 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 3 \text{ cm}$

• Perhitungan *base plate*

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{523125}{558994} = 0,935 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} 1/6 h &= 1/6 \times 120 \\ &= 20 \text{ cm} > e = 0,935 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena $1/6 h > e$, maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

Direncanakan diameter baut : 30 mm = 3 cm

$$h' \geq w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \times d_b = 2 \cdot 3 = 6 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 3 = 5,06 \text{ cm}$$

$$h' \geq 6 + 5,06 = 11,06 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 120 - 0,5 \times 11,06 = 114,47 \text{ cm}$$

$$B = 120 \text{ cm}$$

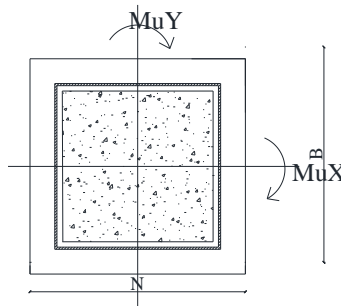
Dimensi beton :

Panjang = 1200 mm

Lebar = 1200 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{120 \times 120}{120 \times 120}} = 1$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4.81 Momen yang terjadi pada base plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{558994}{120 \times 120} = 38,8 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \times 523125}{120 \cdot 120^2} = 1,81 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_p \max = f_{pa} + f_{pb} = 38,8 + 1,81 = 40,62 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_p \text{ avail} = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f'c = 0,65 \times 0,85 \times 35 \times 1,21 = 23,39 \text{ Mpa}$$

$$f_p \text{ avail} = 233,98 > f_{p_{\max}} = 40,62 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{100 - 0,95 \cdot 80}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left(f_{p_{\max}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left(40,62 - 2 \times 1,81 \times \frac{12}{100} \right) \left(\frac{12^2}{2} \right) + \left(2 \times 1,81 \times \frac{12}{100} \right) \left(\frac{12^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 2914,2 \text{ kg.cm/cm}$$

- Menentukan tebal *base plate*

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 2914,2}{0,9 \cdot 2500}} = 2,27 \text{ cm} < 7 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas

Tebal pelat pengaku minimum (ts)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku (ts) = 2 cm dengan las minimum (a = 8mm)

- Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis.

- Perhitungan baut angkur

Dipakai baut angkur M30 mutu F1554 grade 105

$$\emptyset \text{ baut} = 30 \text{ mm (Ab} = 7,065 \text{ cm}^2);$$

$$f_{nv} = 7240 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = 1$$

tebal pelat = 70 mm

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset. F_{nv}.Ab.m \\ &= 0,75 \cdot 7240 \cdot 7,065 \cdot 1 \\ &= 38362,95 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\ell_c &= 7,5 - 0,5 (3+0,15) = 5,925 \text{ cm} \\ Rn &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 5,925 \cdot 7 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 4100 \\ &= 204057 \text{ kg} \leq 206640 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 204057 = 153042,75 \text{ kg}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Vn} = \frac{197069}{153042,75} = 1,28 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah angkur baut M30.

• Panjang Angkur

$$f'c \text{ beton} = 5076,32 \text{ psi}$$

$$fy \text{ angkur} = 60915,8 \text{ psi}$$

$$db = 1,18 \text{ inc}$$

$$\begin{aligned}Ldb &= \frac{0,02x\lambda x f'c}{(\lambda x fy)^2} x db = \frac{0,02x1x5076,32}{(1x60915,8)^2} x 1,18 \\ &= 20,17 \text{ inc} = 512,50 \text{ mm (pakai 550 mm)}\end{aligned}$$

4.5.7 Sambungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

Sambungan pada dinding geser direncanakan menggunakan las F_{e100XX} . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh.

Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

$$\begin{aligned}W_{(HBE)} &= \frac{Ry \cdot fy \cdot \cos(\alpha) \cdot tw \cdot \sqrt{2}}{\emptyset \cdot 0,6 F_{exx} [1 + 0,5 \cos^{1,5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1,5 \times 2400 \times \cos 43,76^\circ \times 0,42}{0,6 \cdot 7030 [1 + 0,5 \cos^{1,5}(43,76^\circ)]} \\ &= 0,2599 \text{ cm} = 5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Ketebalan las minimum $t = 5$ mm adalah 3 mm. Digunakan las dengan tebal $w = 5$ mm.

Sambungan las sudut pada kolom (VBE)

Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

$$\begin{aligned} W_{(VBE)} &= \frac{Ry \cdot fy \cdot \sin(\alpha) \cdot tw \cdot \sqrt{2}}{\emptyset 0,6 F_{exx} [1 + 0,5 \sin^{1,5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1,5 \times 2400 \times \sin 43,76^0}{0,6 \cdot 7030 [1 + 0,5 \sin^{1,5}(43,76^0)]} \\ &= 0,071 \text{ cm} = 3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum $t = 3$ mm adalah 3 mm. Digunakan las dengan tebal $w = 3$ mm.

4.5.8 Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil WF 800 × 300 × 16 × 30 dengan kolom (*VBE*) komposit CFT dengan profil HSS 1000 × 1000 × 25 × 25 dengan mutu inti beton = 40 MPa pada dinding geser (*SPSW*).

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Gaya geser dari perhitungan sebelumnya

$$V_u = 2282 \text{ kg}$$

Gaya geser kapasitas penampang

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{2x(1,1RyfyZx)}{L} \\ V_u &= \frac{2x(1,1x1,5x2500x9287)}{810} = 94589,8 \text{ kg} \\ V_u \text{ total} &= 2282 + 94589,8 \\ &= 96871 \text{ kg} \end{aligned}$$

- a. Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 139528,6 \text{ kg}$$

$$N_{\text{coll}} = 61914 \text{ kg}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_U &= P_{\text{HBE(VBE)}} + N_{\text{coll}} \\ &= 139528,6 \text{ kg} + 61914 \text{ kg} \\ &= 201442,6 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_U &= N_{\text{coll}} - P_{\text{HBE(VBE)}} \\ &= 61914 \text{ kg} - 139528,6 \text{ kg} \\ &= -77614,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih yang menentukan.

- b. Kontrol leleh pada plat sambung

$$\text{Mutu baja plat sambung} = \text{BJ41}$$

$$f_{ub} = 5790 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter baut} = \text{M30} \rightarrow A = 7,065 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ketebalan plat sambung} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang plat sambung} = 800 \text{ mm}$$

Kontrol panjang tekuk

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 1 \times 0,6 \times f_y \times t \times L \\ &= 1,00 \times (0,6) \times 2500 \times 1 \times 80 \\ &= 360000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c N_n &= 0,9 \times f_y \times t \times L \\ &= 0,90 \times 2500 \times 1 \times 80 \\ &= 540000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{96871}{360000} \right)^2 + \left(\frac{201442,6}{540000} \right)^2 < 1$$

$$0,21 < 1 \text{ (OK)}$$

c. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} An_v &= Ag - n(db + 1,5 \text{ mm}) \\ &= (3 \times 80) - (8 \times (3 + 0,15) \times 3) \\ &= 164,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 0,75 (0,6) f_u An_v \\ &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 164,4 \\ &= 303318 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{96871}{303318} \right)^2 + \left(\frac{201442,6}{540000} \right)^2 < 1$$

$$0,24 < 1 \text{ (OK)}$$

d. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \sqrt{V_u^2 + N_u^2} &= \sqrt{96871^2 + 201442,6^2} \\ &= 223524,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi n f_u^b A_b \\ &= 0,75 \times 5 \times 5790 \times 7,065 \times 2 \\ &= 490876,2 \text{ kg} > 223524,3 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$\begin{aligned} 1,2 l_c &= 1,2 \times [L - (d + \text{lubang})/2] \\ &= 1,2 \times [7,5 - (3 + 0,15)/2] \\ &= 5,925 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4 d_b &= 2,4 \times 3 \text{ cm} \\ &= 7,2 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 1,2 L_c \times t \times f_u \\ &= 0,75 \times 7,5 \times 3 \times 4100 \\ &= 69187,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$\begin{aligned} 1,2 l_c &= 1,2 \times [L - (d + \text{lubang})/2] \\ &= 1,2 \times [(8 - (3 + 0,15))/2] \\ &= 77,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4 \text{ db} &= 2,4 \times 30 \text{ mm} \\ &= 72 \text{ mm} < 77,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu pelat :

$$\begin{aligned} \text{ØRn} &= \text{Ø } 2,4 \text{ db t fu} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3 \times 4100 \\ &= 22140 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk kelompok baut vertikal,

$$\begin{aligned} \text{ØRnv} &= (\text{ØRn horisontal}) + (5 \times \text{ØRn vertikal}) \\ &= 69187,5 \text{ kg} + (5 \times 22140 \text{ kg}) \\ &= 179887,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ØRnh} &= 8 \times 69187,5 \times 1 \\ &= 553500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{Vu}{\text{ØRnv}} \right)^2 + \left(\frac{Nu}{\text{ØRnh}} \right)^2 &\leq 1 \\ \left(\frac{96871}{553500} \right)^2 + \left(\frac{201442,6}{518076} \right)^2 &\leq 1 \\ 0,18 &< 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

f. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $w = 15 \text{ mm}$ dan mutu las F_{e90XX}

$$\begin{aligned} A_{we} &= w \times l_{we} \\ &= 80 \times 1,5 \\ &= 120 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 F_{e90XX} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \Theta^0) \\ &= 0,6 \times 100 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ØRnv} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 4219,8 \times 120 \\ &= 379782 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 F_{e90xx} (1 + 0,5 \cos^{1,5} \Theta^{\circ}) \\ &= 0,6 \times 100 \times (1 + 0,5 \cos^{1,5} 90^{\circ}) \\ &= 6329,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_{nh} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 6329,7 \times 120 \\ &= 569673 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{Vu}{\emptyset R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{Nu}{\emptyset R_{nh}} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{96871}{379782} \right)^2 + \left(\frac{201442,6}{569673} \right)^2 \leq 1$$

$$0,19 < 1 \text{ (OK)}$$

g. Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= 1,1 R_y Z_b f_y b \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 9287 \times 2500 \\ &= 38308875 \text{ kgcm} \\ &= 38308,875 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{Mu}{d} \\ &= \frac{38308,875}{0,808} \\ &= 47411,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX} .

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times 2) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 2) \times 30 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ &= 42,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \emptyset R_{nh} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times (100 \times 70,3) \times 42,42 \\ &= 201293,505 \text{ kg} > 47411,9 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

4.6 Perencanaan Struktur Bawah

4.6.1 Perencanaan Basement

4.6.1.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah diperlukan untuk menahan gaya horizontal yang bekerja.

Tabel 4.14 Data tanah

Kedalaman	Nspt	c (Kn/m ²)	γ (kn/m ³)	Ø
0-4	6	33	15,985	14

- Tekanan aktif tanah

$$\sigma v'(0) = \gamma x h = 0$$

$$\sigma v'(-1,5) = \gamma x h = 15,985 \times 1,5 = 23,98 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{14}{2} \right) = 0,6104$$

$$\sigma h (-1,5) = (\sigma v' x Ka) - (2xc' x \sqrt{Ka})$$

$$\sigma h (-1,5) = 23,98 - (2 \times 33 \times \sqrt{0,6104}) = -36,93 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$\sigma h'(-3) = (\sigma v' x Ka) - (2xc' x \sqrt{Ka})$$

$$\begin{aligned} \sigma h'(-3) &= (26,9325 \times 0,6104) - (2 \times 33 \times \sqrt{0,6104}) \\ &= -35,13 \frac{\text{kN}}{\text{m}'} \end{aligned}$$

- Tekanan Pasif tanah

$$\sigma v'(0) = \gamma' x h = 0$$

$$\sigma v'(-0,4) = \gamma' x h = 5,985 \times 0,4 = 2,394 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$Kp = \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left(45 + \frac{14}{2} \right) = 1,64$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' x Ka) + (2xc' x \sqrt{Kp})$$

$$\sigma h'(0) = 0 + (2 \times 33 \times \sqrt{1,64}) = 84 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$\sigma h'(-0,4) = (\sigma v' x Kp) + (2xc' x \sqrt{Kp})$$

$$\sigma h'(-0,4) = (2,394 \times 1,64) + (2 \times 33 \times \sqrt{1,64}) = 88,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

Tabel 4.15 Rekapitan Tekanan Horizontal Tanah aktif

Lapisan	Z	soil	C (Kn/m ²)	Ø	γ (kn/m ³)	σ'V	Ka	σ _H (kN/m)	
1	atas	0	1	33	14	15,985	0	0,6104	0
	bawah	1,5	1	33	14	15,985	23,9775	0,6104	-36,93
2	atas	1,5	1	33	14	5,985	8,9775	0,6104	-46,08
	bawah	3	1	33	14	5,985	26,9325	0,6104	-35,13

Tabel 4.16 Rekapitan Tekanan Horizontal Tanah Pasif

Lapisan	Z	soil	C (Kn/m ²)	Ø	γ (kn/m ³)	σ'V	Kp	σ _H (kN/m)	
1	atas	0	1	33	14	5,985	0	1,6383	84
2	bawah	0,4	1	33	14	5,985	2,394	1,6383	88,40

Tabel 4.17 Tekanan Air pada tanah aktif

lapisan	z	gama	U
1	1,5	10	15

Tabel 4.18 Tekanan Air pada Tanah Pasif

lapisan	z	gama	U
2	0,25	10	2,5

Dinding penahan tanah direncanakan harus mampu menahan geser dan guling.

- Kontrol Guling
- Akibat tekanan tanah

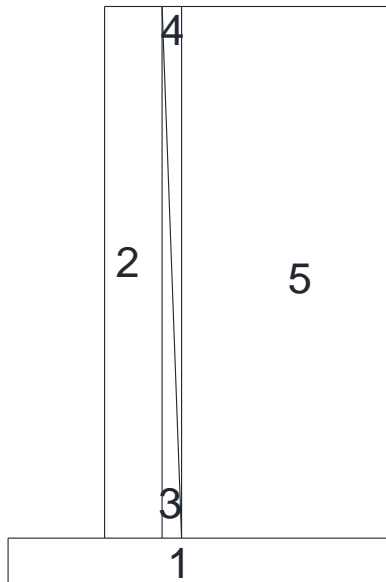
Tabel 4.19 Momen yang terjadi akibat tanah aktif

Pactive	Luas		koefisien	Pa	x	Momen (knm)
	P	L				
1	-36,93	1,5	0,333333	-18,4644	1	-18,46440599
2	15,00	1,5	0,333333	7,5	1	7,5

Tabel 4.20 Momen yang terjadi akibat tanah pasif

Ppasif	Luas		koefisien	Pa	x	Momen (knm)
	P	L				
1	88,40	0,25	0,333333	7,36651	29,46604	217,0618764
2	2,50	0,25	0,333333	0,208333	0,833333	0,173611111
			pa	7,574843	momen	217,2354876

Akibat berat penahan tanah dan tanah



Gambar 4.82 Kontruksi dinding Penahan Tanah

Tabel 4.21 Rekap gaya yang terjadi pada kontruksi dinding penahan tanah

No	Dimensi			Massa kN/m ³	W kN/m	Jarak m	Momen ((kN/m)/m)
	X	Y	Z				
1	2	0,25	1	24	12	0,125	1,5
2	0,3	2,75	1	24	9,9	0	1,375
3	0,1	2,75	0,333333	24	2,2	0,9167	2,016666667
4	0,1	2,75	0,333333	5,985	0,274313	0,9167	0,251453125
5	1,1	2,75	1	5,985	9,052313	1,625	14,71000781
				W	33,42663	momen	19,8531276

Kontrol Guling

$$FS_{guling} = \frac{Mr}{Mo} = \frac{217,23 + 19,85}{7,5} = 31,61$$

$$FS_{guling} = 31,61 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

Kontrol Geser

$$FS_{geser} = \frac{(\sum V) \tan \delta' + Bc'_a + Pp}{P_a \cos \alpha}$$

$$= \frac{33,42 \tan 14^\circ + 7,57 + 1,68 \cdot 33}{7,5 \cos 14^\circ} = 9,32$$

$$FS_{geser} = 9,32 < 1,5 \text{ (Ok)}$$

4.6.1.2 Penulangan dinding penahan tanah

- Penulangan pada *toe* dan *heel* dinding penahan

$$Mu = 1,6 \times Mo = 1,6 \times 7,5 = 12 \text{ tm} = 120000000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0.83$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.83 \times 400}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.029$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.029 = 0.022$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{420} = 0.0032$$

ρ_{min} dipakai 0.0033

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 30} = 16,47$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 400 - 40 - (0,5 \times 22) = 349 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{120000000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 349^2} = 1,09$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,09}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00265$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0033$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 349 = 1151,7 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1151,7} = 330,1 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-300.

- Penulangan di toe dan heel

$$M_u = 1,6 \times M_o = 1,6 \times 12 = 12 \text{ tm} = 12000000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0.835$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.835 \times 400}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,029$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.029 = 0.022$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{420} = 0.0032$$

ρ_{min} dipakai 0.0032

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 30} = 16.47$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 400 - 40 - (0,5 \times 16) = 352 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{120000000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 352^2} = 1,07$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 0,49}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0026$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0033$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 352 = 1161,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1161,6} = 173 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur $\emptyset 16$ -150mm.

4.6.1.3 Perencanaan pelat dasar *basement*

Data-data perencanaan pelat beton:

Tebal pelat = 220 mm

Selimut beton = 50 mm

$L_x = 390 \text{ cm}$

$L_y = 500 \text{ cm}$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{390}{500} = 1.28 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Mutu beton = 35 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa
 Elevasi Muka Air Tanah = -1,5 m
 Berat Jenis Air = 1000 kg/m³

Pada pelat dasar *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu uplift akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan

- Akibat gaya *uplift* air

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya uplift yg bekerja dengan sebagai berikut:

$$q_{\text{air}} = h_{\text{air}} \times \text{berat jenis air} = 1,5 \times 1000 = 1500 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa $q_{\text{air}} = 1500 \text{ kg/m}^2$. Nilai q_{air} tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat *basement* itu sendiri.

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.07$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.07 = 0.0525$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{\text{min}} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{35}}{420} = 0.0035$$

ρ_{min} dipakai 0.0525

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14,11$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx = 220 - 50 - (0,5 \times 12) = 164 \text{ mm}$$

dy = tebal pelat - selimut beton - diameter tulangan bawah - 0,5 diameter tulangan atas

$$dy = 220 - 50 - 12 - (0,5 \times 12) = 152 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$Mlx = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 4750 \cdot 3,9^2 \cdot 31 \\ = 2239,67 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 4750 \cdot 3,9^2 \cdot 69 \\ = -3129,3 \text{ kgm}$$

$$Mly = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 4750 \cdot 5^2 \cdot 19 \\ = 902,5 \text{ kgm}$$

$$Mty = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 4750 \cdot 5^2 \cdot 57 \\ = -2707,5 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{31293000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 164^2} = 1,28$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,11 \cdot 1,28}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0031$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0035$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 164 = 623,2 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot x \cdot 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot x \cdot 1000}{623,2} = 181,47 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø12-150.

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{27075000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 152^2} = 1,302$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,11 \cdot 1,302}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0031$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0035$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 152 = 532 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot x \cdot 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot x \cdot 1000}{532} = 212,5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø12-200.

- Akibat beban parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat *basement* akibat parkir ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati

○ Berat beton (0,22x2400)	= 528 kg/m ²
○ Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m ² +
Total	= 549 kg/m ²

- Beban Hidup

○ Lantai	= 800 kg/ m ²
Total (q _L)	= 800 kg/ m ²

- Beban Berfaktor

$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(549) + 1,6(800) = 1938.8 \text{ kg/m}^2$

dx=tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx=220-50-(0,5 \times 12)= 164 \text{ mm}$$

dy=tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5 diameter tulangan atas

$$dy=220-50-12-(0,5 \times 12)= 152 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1938.8 \cdot 3,9^2 \cdot 31 = 914,16 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1938.8 \cdot 3,9^2 \cdot 69 = -2034,75 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1938.8 \cdot 5^2 \cdot 19 = 368,372 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1938.8 \cdot 5^2 \cdot 57 = -1105,116 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{20347512}{0,9 \cdot 1000 \cdot 164^2} = 0,84$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,352 \cdot 0,84}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,002$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,00386$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,00386 \cdot 1000 \cdot 164 = 617,397 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot x \cdot 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot x \cdot 1000}{617,397} = 183,18 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø12-125. (Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan).

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{11051160}{0,9 \cdot 1000 \cdot 152^2} = 0,531$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,058} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,058 \cdot 0,531}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0012$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0038$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,0038 \cdot 1000 \cdot 155 = 572,221 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot x \cdot 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot x \cdot 1000}{572,221} = 197,646 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø10-150. (Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan).

4.6.1.4 Perencanaan dinding geser *basement*

Dinding geser (*shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral.

- Data perencanaan

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Tebal dinding	= 38 cm
Tebal decking	= 40 mm
Tulangan	= 13 mm
Mutu tulangan (f_y)	= 420 MPa
Mutu beton (f'_c)	= 40 Mpa
Tinggi lantai	= 3 m
Lebar dinding	= 715 cm (X) dan 810 cm (Y)

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada dinding geser, yaitu:

Tabel 4.22 Tabel Rekapitulasi Dinding Geser

Sumbu	Pu (kN)	M ((kNm)	V (kN)
X	1530.589	2725.8338	2298.453
Y	1688.9797	1115.6773	1804.345

- Kuat aksial rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_n = 0,55 \phi \sqrt{f'_c} A_g \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 0,55 \times 0,75 \times \sqrt{40} \times 380 \times 7150 \times \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 7150}{32 \times 300} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 45718,46 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$45718,46 > 1530,589 \text{ kN (OK)}$$

- Pemeriksaan tebal dinding geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847-2013, pasal 11.9.3)

$$V_u < 0,83 \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d = 0,83 \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 7150 = 11259,92 \text{ kN}$$

$$V_u < V_n$$

$$11259,92 < 2298.453 \text{ kN (OK)}$$

- Penulangan geser dinding

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0.17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$.

$$Vu < 0.17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c} = 0.17 \times 380 \times 7150 \times \sqrt{40}$$

$$2298.453 \text{ kN} > 2921,24 \text{ kN} \rightarrow 1 \text{ lapis tulangan}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4: bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$380 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

- Penulangan geser horizontal dan vertical

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2: Rasio tulangan horizontal (ρ_t) tidak boleh kurang dari 0,0025 dan menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.4: Rasio tulangan Vertikal (ρ_l) tidak boleh kurang dari:

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_t - 0,0025) \text{ dan } 0,0025$$

Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari=

$$s \leq \frac{7150}{5} = 1430 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 3 \times 300 = 900 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm (OK)}$$

Dipakai tulangan horizontal dua lapis 2D13 ($A_s=265,46 \text{ mm}^2$)

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,46}{250 \times 300} = 0,0035 > \rho_{min} = 0,0025$$

$$Vn = A_{cv} [\alpha_c \sqrt{f'c} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{3000}{7150} = 0,41 < 1,5 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0,25$$

$$Vn = 300 \times 7150 [0,25 \sqrt{40} + 0,0035 \times 410] = 6469,6 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$6469,6 \text{ kN} > 2298,453 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D13 – 250 mm.

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_t - 0,0025)$$

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{3000}{7150} \right) (0,0035 - 0,0025)$$

$$\text{maka } \rho_t = 0,0035$$

Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{3000}{3} = 1000 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$s \leq 3h = 900 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Dipakai tulangan vertikal dua lapis 2D13 ($A_s = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,46}{250 \times 300} = 0,0035 > \rho_{min} = 0,002996$$

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D13 – 250 mm

- Kontrol komponen batas

Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari $0,2f'_c$. SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3

$$\frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} > 0,2 f'_c$$

$$\frac{2725,83 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 300 \times 7150^2} + \frac{1530,589 \times 10^3}{300 \times 7150} > 0,2 \times 40$$

$$1,77 \text{ MPa} < 8 \text{ MPa} \text{ (tidak butuh komponen batas)}$$

$$c > \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)} ; \frac{\delta u}{hw} > 0,007$$

$$\frac{\delta u}{hw} = \frac{2,128}{3000} = 0,0007 < 0,007$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{7963,9374 \times 410}{0.85 \times 40 \times 715} = 128,47 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{128,47}{0.76} = 169 \text{ mm}$$

$$169 \text{ mm} > \frac{7150}{600(0.007)}$$

$$169 \text{ mm} < 1702 \text{ mm} \text{ (tidak butuh komponen batas)}$$

Berdasarkan 2 syarat diatas tidak ada syarat yang harus dipenuhi untuk penggunaan komponen batas sehingga dipasang panjang penyaluran minimum.

4.6.2 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan diatasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7E

4.6.2.1 Data perencanaan pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*Spun pile*) produk dari PT. Waskita Beton Precast. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 800 mm
- Wall thickness : 120 mm
- Klasifikasi : A1

- *Concrete cross section* : 253,54 cm²
- *Berat* : 641 kg/m
- *Bending moment crack* : 40 tm
- *Bending momen ultimate* : 60 tm
- *Allowable axial load* : 415 t

4.6.2.2 Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah
Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$
 - a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$
 - b. $N_1 = 0.6 N$
Kemudian pilih harga N_1 yang terkecil

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 \times \tilde{N} \times A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

\tilde{N} = Harga rata – rata N_2 4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

C_{li} = $N/2$ untuk tanah lempung atau lanau dan $N/5$ untuk tanah pasir

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

O_i = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin } 1 \text{ tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

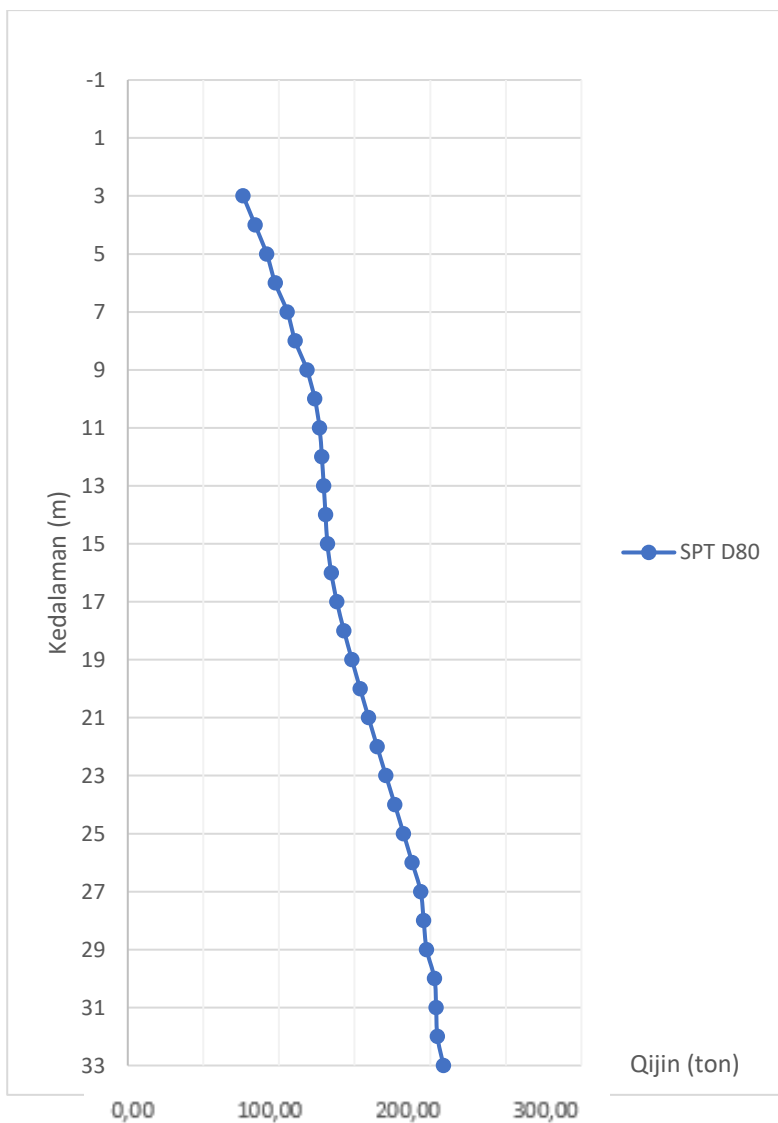
SF = safety factor = 3

Tabel 4.23 Daya Dukung Tanah Kedalaman 3 – 40 m

Depth (m)	N (blow/ m)	Qp	Qs	Qult	Qijin = Qult/SF
		(ton)	(ton)	Qp	SF=3 ; (ton)
3	4,00	218,72	10,05	228,78	76,26
4	5,00	229,97	22,62	252,59	84,20
5	6,00	237,90	37,70	275,60	91,87
6	7,00	237,90	54,68	292,58	97,53
7	8,00	244,57	71,87	316,44	105,48
8	9,00	243,04	89,21	332,25	110,75
9	10,00	248,82	106,54	355,36	118,45
10	10,00	248,72	122,29	371,01	123,67
11	10,00	243,76	136,71	380,47	126,82
12	10,00	235,03	150,01	385,05	128,35
13	10,00	226,28	162,53	388,80	129,60
14	10,00	217,55	174,81	392,36	130,79
15	10,00	209,16	186,89	396,04	132,01
16	10,33	204,55	199,15	403,69	134,56
17	10,67	203,22	211,58	414,80	138,27
18	11,00	204,78	224,19	428,97	142,99
19	11,67	207,35	237,34	444,69	148,23
20	12,33	209,93	251,02	460,95	153,65
21	13,00	212,53	265,20	477,73	159,24
22	13,00	215,64	279,16	494,80	164,93
23	13,00	219,26	292,90	512,16	170,72
24	13,00	223,38	306,43	529,81	176,60
25	13,67	226,74	320,44	547,18	182,39
26	14,33	229,36	334,92	564,27	188,09

27	15,00	231,26	349,84	581,10	193,70
28	15,33	222,16	364,88	587,04	195,68
29	15,67	212,90	380,03	592,93	197,64
30	16,00	213,24	395,29	608,52	202,84
31	15,67	212,93	398,82	611,75	203,92
32	15,33	212,00	402,23	614,24	204,75
33	15,00	210,46	415,96	626,42	208,81
34	15,33	209,17	429,79	638,97	212,99
35	15,67	208,13	443,75	651,88	217,29
36	16,00	207,32	457,81	665,13	221,71
37	16,50	218,34	472,12	690,46	230,15
38	17,00	228,56	486,68	715,25	238,42
39	17,50	229,85	501,48	731,34	243,78
40	18,00	231,26	516,52	747,78	249,26

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah, maka tiang pancang direncanakan berhenti sampai elevasi -28 m yang memiliki nilai daya dukung sebesar 193,70 ton.



Gambar 4.83 Grafik Antara Daya dukung Tanah dengan Kedalaman

4.6.2.3 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1,2 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{\text{tiang}} = 415 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{\text{tiang}} = 195,68 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 195,68 ton.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc tan}(\varphi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{18,43}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,734$$

Dimana :

\emptyset = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$QL(\text{group}) = QL(1\text{tiang}) \times C_e = 118,67 \times 0,795 = 94,3625 \text{ kN}$$

Tabel 4.24 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 1

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	P/n	Mv x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
ID+IL	5677,142857	0,5855	53,47	24,14	4,77	4	1419,286	1,325	6,706	1427,316	1435,8022	ok
D	3904,571429	0,56	43,15	20,9	0,9776	4	976,143	0,272	5,306	982,220	1435,8022	ok
D+0,75L	5210,285714	0,58	50,88	37,7	3,125	4	1302,571	0,868	10,472	1313,012	1435,8022	ok
D+0,7EY Max	2601,714286	29,6	16,67	439,7	221	4	650,429	61,389	122,139	833,956	1435,8022	ok
D+0,7EY Max	3262,285714	71,76	25,8	212	549	4	815,571	152,500	58,889	1026,960	1435,8022	ok
D+0,7EX+L Max	4591,428571	71,78	33,56	210	552	4	1147,857	153,333	58,333	1359,524	1435,8022	ok
D+0,7EY+L Max	3930,857143	29,63	24,4	437	224	4	982,714	62,222	121,389	1166,325	1435,8022	ok
0,6D+0,7EY Max	2976	71,5	8,56	221	549	4	744,000	152,500	61,389	957,889	1435,8022	ok
0,6D+0,7EY Max	1819	29,4	0,58	319	219	4	454,750	60,833	88,611	604,194	1435,8022	ok

Untuk melihat hasil rekapitulasi lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.1.

Tabel 4.25 Rekap hasil kontrol tiang pancang tipe 2

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	P/n	Mv x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
ID+IL	9821,35	396,8	384	128	75	12	818,446	5,952	10,159	834,557	856,81244	ok
D	6939,4512	256	255	79	58	12	578,288	4,603	6,270	589,161	856,81244	ok
D+0,75L	9573,71	361	352	116	71	12	797,809	5,635	9,206	812,650	856,81244	ok
D+0,7EY Max	9946,87	304	1090	185	89	12	828,906	7,063	14,683	850,652	856,81244	ok
D+0,7EY Max	8764,53	673	807	175	229	12	730,378	18,175	13,889	762,441	856,81244	ok
D+0,7EX+L Max	9915,4	567	904	138	216	12	825,283	17,143	10,952	854,379	856,81244	ok
D+0,7EY+L Max	9525,8	198	1187	148	76	12	793,817	6,052	11,746	811,594	856,81244	ok
0,6D+0,7EY Max	9234,56	775	705	207	252	12	769,547	20,000	16,429	808,975	856,81244	ok
0,6D+0,7EY Max	8245,3	406	988	216	113	12	687,108	8,968	17,143	713,219	856,81244	ok

Untuk melihat hasil rekapitulasi lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.2.

4.6.2.4 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

• Kontrol terhadap gaya aksial

Untuk tiang pancang diameter 80 cm kelas A1 pada produk dari PT. Waskita Beton Precast, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 415 ton.

$$P_{\max} = 193,70 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} = 415 \text{ ton}$$

• Kontrol Terhadap Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

d = diameter pondasi

digunakan $C_u = 6,5 \text{ N (kPa)} = 6,5 \times 39 = 130 \text{ kPa}$

sehingga $C_u = 1,3 \text{ kg/cm}^2$

$$f = \frac{H}{9 C_u d} = \frac{5347}{9 \times 1,3 \times 80} = 5,71 \text{ cm}$$

$$M_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f) = 53,47 (0 + 1,5 \times 80 + 0,5 \times 5,71) = 6,56 \text{ tm}$$

Untuk diameter 800 mm kelas A pada brosur, momen tidak diperkenankan melebihi $M_{crack} = 40 \text{ tm}$.

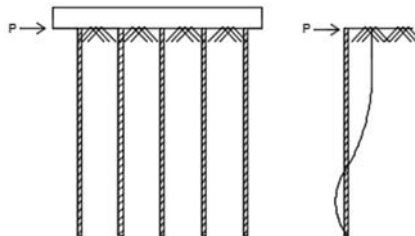
Cek kekuatan momen tiang :

$M_{crack} = 6,56 \text{ tm} < M = 40 \text{ tm}$ (OK)

Tabel 4.26 Rekapitulasi kontrol tiang pancang terhadap momen

Kombinasi	Hx	Hy	H	e	D	f	Mmax	Mizin
	kN	kN	kg		cm	cm	tm	tm
1D+1L	0,5855	53,47	5347	0	80	5,71	6,569127	40
D	0,56	43,15	4315	0	80	4,61	5,277462	40
D+0,75L	0,58	50,88	5088	0	80	5,44	6,243889	40
D+0,7EY Max	29,6	16,67	2960	0	80	3,16	3,598803	40
D+0,7EX Max	71,76	25,8	7176	0	80	7,67	8,88628	40
D+0,7EX+L Max	71,78	33,56	7178	0	80	7,67	8,888833	40
D+0,7EY+L Max	29,63	24,4	2963	0	80	3,17	3,602498	40
0,6D+0,7EX Max	71,5	8,56	7150	0	80	7,64	8,85309	40
0,6D+0,7EY Max	29,4	0,58	2940	0	80	3,14	3,574173	40

• **Kontrol Kekuatan tiang terhadap gaya lateral**



Gambar 4.84 Ilustrasi kekuatan tiang terhadap gaya horizontal

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

- Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

δ = defleksi yang terjadi

Fd = koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

T = *Relative stiffnes Factor*

Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

Jumlah tiang = 4

Hmax = 8,50 t

Hmax 1 tiang = 2,12 t

$Cu = 3,9 \text{ kg/cm}^2$

$$Qu = 2 \times Cu = 2 \times \frac{1,3}{0,977} = 2,66 \frac{t}{ft^3}$$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan $f = 8 \text{ t/ft}^3 = 0,256 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{50} = 33234,019 \frac{kg}{cm^2}$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (60 - 40)^4 = 7850 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338921,82 \times 7857,143}{0,256} \right)^{\frac{1}{5}} = 100,37 \text{ cm}$$

- Fd (*deflection coefficient*)

$L = 28 \text{ m} = 2800 \text{ cm}$ (kedalaman tiang pancang)

$T = 100,37 \text{ cm}$

$L/T = 24,9$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan $Fd = 0.99$

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.99 \left(\frac{2,12 \times 1000 \times 100,37^3}{33234,019 \times 7850} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,81 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Momen :

$$M_{\text{crack}} = 40 \text{ tm}$$

$$L/T = 24,9$$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan $F_m = 1,1$

$$M = F_m(PT) \leq M_{\text{banding crack}}$$

$$M = 1,1 \times (2,12 \times 1,003) \leq 17 \text{ tm}$$

$$M = 2,34 \text{ tm} \leq 40 \text{ tm} \quad (\text{OK})$$

4.6.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer.

$$P_u = 940,2 \text{ ton}$$

$$P_{\text{max}} (1 \text{ tiang}) = 126,133 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah tiang pancang} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi poer} = 3,6 \times 3,6 \times 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal)}$$

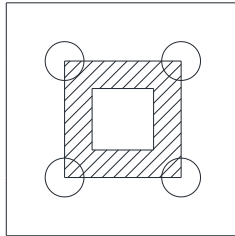
Tinggi efektif (d):

$$d_x = 1200 - 50 - \frac{1}{2} 25 = 1162,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1137,5 \text{ mm}$$

4.6.3.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom



Gambar 4.85 Daerah kritis geser akibat kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$ untuk kolom sudut,

$\alpha_s = 30$ untuk kolom tepi,

$\alpha_s = 40$ untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek = $1200/1200 = 1$

b_o = Keliling penampang kritis :

$b_o = 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$

$b_o = 2 (1200 + 1162,5) + 2 (1200 + 1162,5) = 9450 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{30} \times 9450 \times 1162,5 = 30687080,57 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 1162,5}{9450} + 2 \right) 1\sqrt{30} \times 9450 \times 1162,5$$

$$V_{c2} = 28419216,49 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 9450 \times 1162,5 = 20036858,49 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_u - P_{pile}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 20036858,49 \text{ N} = 1502,76 \text{ ton}$$

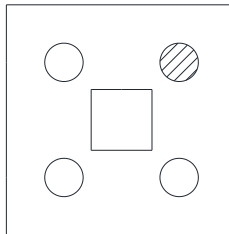
$$\phi V_c = 1502,76 \geq 940,20 - (126,13 \times 4)$$

$$\phi V_c = 1502,76 \geq 435,65 \text{ ton}$$

(OK)

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Tiang pancang



Gambar 4.86 daerah geser kritis akibat tiang pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek = $1200/1200 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 1162,5)) = 1383,56 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{30} \times 1383,56 \times 1162,5 = 4492856 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 1162,5}{1383,56} + 2 \right) 1 \sqrt{30} \times 1383,56 \times 1162,5$$

$$V_{c2} = 19893253,4 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1383,56 \times 1162,5 = 2933571 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{pile}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2933571 \text{ N} = 293,357 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 220,01 \geq 126,134$$

(OK)

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.6.3.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 1200 - 50 - \frac{1}{2} 25 = 1162,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1137,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,835$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,835 \times 30}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0298$$

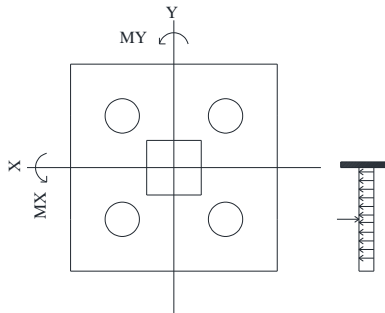
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0298 = 0,0223$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25x\sqrt{30}}{420} = 0.00326$$

ρ_{min} dipakai 0.0033

$$m = \frac{f_y}{0.85f'c} = \frac{420}{0.85x30} = 16,47$$

- **Penulangan poer arah sumbu X**



Gambar 4.87 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{max} = 126,13 \text{ ton}$$

$$q = 3,6 \times 1,2 \times 2,4 = 10.368 \text{ ton/m}$$

$$qu = 10.368 \text{ ton/m} \times 1,4 = 18,6624 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \cdot P_{max} \cdot a - \frac{1}{2} qux \cdot L^2 \\ &= (2 \times 126,13 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 18,6624 \times (1,8)^2) \\ &= 196,80 \text{ t.m} \\ &= 1968076275 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{1968076275}{0,9 \cdot 3600 \cdot 1162,5^2} = 0,44$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,44}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0010$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0033$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 1162,5 = 3875 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 3600}{A_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3875} = 126,61 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$A_s = \frac{1}{2} \times 0,0033 \times 1000 \times 1162,5 = 1937,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D19 ($A_s = 283,5 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{1937,5} = 146,34 \text{ mm}$$

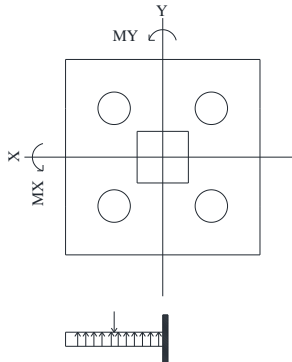
Sehingga digunakan tulangan lentur D19-100 mm.

- **Penulangan poer arah sumbu Y**

$$P_{\text{max}} = 126,13 \text{ ton}$$

$$q = 3,6 \times 1,2 \times 2,4 = 10.368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 10.368 \text{ ton/m} \times 1,4 = 18,6624 \text{ ton/m}$$



Gambar 4.88 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= 2 \cdot P_{\text{max}} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 \\ &= (2 \times 126,13 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 18,6624 \times (1,8)^2) \\ &= 196,80 \text{ t.m} \\ &= 1968076275 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d y^2} = \frac{1968076275}{0,9 \cdot 3600 \cdot 1137,5^2} = 0,46$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 0,46}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0011$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0033$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0033 \cdot 1000 \cdot 1137,5 = 3791,66 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \pi x 25^2 x 1000}{3791,66} = 129,39 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} x \rho x b x d_y$$

$$As = \frac{1}{2} x 0,0033 x 1000 x 1137,5 = 1895,83 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D19 ($As = 283,5 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \pi x 19^2 x 1000}{1895,83} = 149,55 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19-100 mm.

4.6.4 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

$$\text{Dimensi Kolom} = 120/120 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal decking (d')} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu tulangan (f}_y) = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu beton (f}'_c) = 30 \text{ Mpa}$$

4.6.4.1 Kontrol Dimensi kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom:

$$P_{u_{\max}} : 10320,43 \text{ kN}$$

$$V_{u_{\max}} : 159,76 \text{ kN}$$

$$T_{u_{\max}} : 198,61 \text{ kNm}$$

$$M_y : 427,32 \text{ kNm}$$

$$M_x : 594,56 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$1200 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi besar dari 0.4

$$\text{Rasio } b/h = 1200/1200 = 1 > 0.4$$

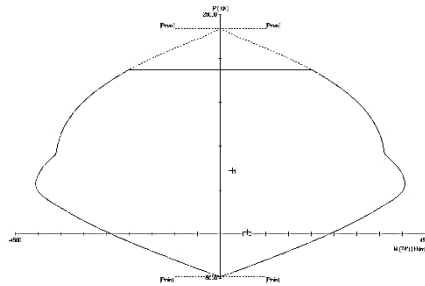
Dari hasil program ETABS didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 10320,43 kN

$$10320,43 \text{ kN} \geq 1200 \times 1200 \times \frac{30}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$10320,43 \text{ kN} \geq 4320 \text{ kN} \quad \text{(OK)}$$

4.6.4.2 Penulangan longitudinal kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.89 hasil analisis kolom menggunakan spColumn

Dari hasil spColumn Design diatas, didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **16D32**.

Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$$\phi M_n = 3347,82 \text{ kNm} > M_u = 594,56 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

4.6.4.3 Kontrol Rasio tulangan longitudinal pada kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_s , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$A_s = 12867,9 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 1440000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh Tulangan longitudinal: 16D32, dengan rasio tulangan = 1,08 %.

$$0.01 A_g < A_s < 0.06 A_g$$

$$14400 \text{ mm}^2 < 12867,9 \text{ mm}^2 < 86400 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

4.6.4.4 Kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2: kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u = 10320,43 \text{ KN}$$

$$\phi = 0.65$$

$$A_g = 1200 \times 1200 = 1440000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 16 \frac{1}{4} \pi 32^2 = 12867,96 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 0,8 \times 0,65 (0,85 \times 30 (1440000 - 12867,96) + 420 (12867,96))$$

$$\phi P_n = 21887684,11 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 21887,684 \text{ kN} > P_u = 10320,43 \text{ kN} \quad \text{(OK)}$$

4.6.4.5 Persyaratan Stong Column Weak Beam

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 18.7.3.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

Dimana:

$$\sum M_{nc} = \text{Momen kapasitas kolom}$$

$$\sum M_{nb} = \text{Momen kapasitas balok}$$

M_{nc} dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur rendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah didapat jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. $\sum M_{nc}$ didapat dari diagram interaksi aksial dan momen kolom sebesar 3347,82 kNm.

Nilai M_{nb} dicari dari jumlah balok yang menyatu dengan kolom 1200 x 1200, yang dapat dihitung dengan rumus

$$M_{nb} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana nilai

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{1963,495 \times 420}{0.85 \times 30 \times 400}$$

$$a = 80,8 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1963,4 \times 420 \times \left(534,3 - \frac{80,8}{2} \right)$$

$$M_{nb} = 407,3 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_{nb} = 1,2 (M_{nb}^+ + M_{nb}^-) = 1,2 (407,3 + 407,3) = 977,5 \text{ kNm}$$

Sehingga persyaratan untuk strong column weak beam :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$3347,82 \text{ kNm} \geq 977,5 \text{ kNm (Ok)}$$

4.6.4.6 Kontrol gaya tekan terhadap gaya geser rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$F_s = 1,25 \times F_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 4000 - 594 = 3406 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 4724000 \text{ kNmm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 4724000}{3406} = 2773,92 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 2773,92 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 2773,92 \text{ kN} > V_u = 159,76 \text{ kN (OK)}$$

4.6.4.7 Penulangan gaya geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang L_o harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3.

Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastik

Jarak Tulangan Maksimum :

- $1/4 b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 1200 = 300 \text{ mm}$

- $6d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left(\frac{350-(hx)}{3}\right) = 133,3 \text{ mm}$

Sehingga digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 100 mm.

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut:

$$b_{cx} = 1200 - 2 \times 50 - 2 \times 19 = 1062 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (1200 - 2 \times 50 - 2 \times 19)^2 = 1127844 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{100 \times 1062 \times 30}{420} \left[\frac{1440000}{1127844} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 629 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{100 \times 1062 \times 30}{420} = 682 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 4D19-100

$$A_{sh} = 1134,11 \text{ mm}^2 > 629 \text{ mm}^2$$

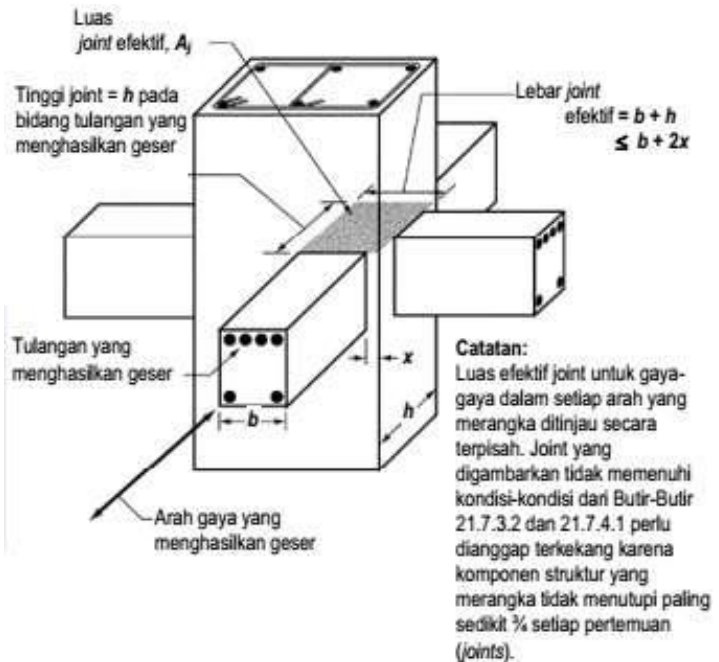
Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

- $6 \times d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$; sehingga menjadi 4D19-150

4.6.5 Kontrol Hubungan Balok Kolom



Gambar 4.90 Ilustrasi Join Balok Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.7.4.1 dan ACI 318M-14 pasal 18.8.4, persamaan kuat geser joint balok kolom dapat dihitung sebagai berikut:

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka.

$$1.7 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$$

- Untuk joint yang terkekang oleh balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan.

$$1.2 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$$

- Untuk kasus-kasus lainnya.

$$1.0 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$$

Diketahui :

- Balok Induk Kanan (Tumpuan)
 - Lebar : 400 mm
 - Tinggi : 600 mm
 - F'c : 40 MPa
 - Fy : 420 MPa
 - Tulangan Lentur Atas : 4D25
 - Tulangan Lentur Bawah : 2D25
 - Tulangan Sengkang : 2D-100
 - M_n (atas) : 415782237.6 N.mm
 - M_n (bawah) : 214141830.5 Nmm
- Balok Induk Kiri (Tumpuan)
 - Lebar : 400 mm
 - Tinggi : 600 mm
 - F'c : 40 MPa
 - Fy : 420 MPa
 - Tulangan Lentur Atas : 4D25
 - Tulangan Lentur Bawah : 2D25
 - Tulangan Sengkang : 2D-100
 - M_n : 415782237.6 N.mm
 - M_n (bawah) : 214141830.5 Nmm

1. Menghitung Gaya Geser Pada Joint

$$\begin{aligned}
 M_{pr1} & : 1,25 \times F_y \times A_s \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 & : 519727797 \text{ Nmm} \\
 M_{pr2} & : 1,25 \times F_y \times A_s \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 & : 267677288,1 \text{ Nmm} \\
 L_n & : 8300 \text{ mm} \\
 V_{column} & : \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \\
 & : 94868,08255 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Tarik Pada Tulangan Atas Balok Tumpuan Kiri
 T1 : 1,25 As Fy
 : 1,25 x 1963,495 mm² x 420
 N/mm² : 1030834,875 N
3. Gaya Tarik Pada Tulangan Bawah Balok Tumpuan Kanan
 T2 : 1,25 As Fy
 : 1,25 x 981,7477 mm² x 420
 N/mm² : 515417,5425 N
4. Vu : Vcolumn-T1+T2
 : 1451384,335 N
5. Luas Efektif Join
 Lebar : 400 mm
 Tinggi : 600 mm
 X : $\frac{h_{joint} - b}{2}$
 : 100 mm
- Syarat Lebar Join
 b+h : 400+600 = 1000 mm
 b+2x : 400+200 = 600 mm
- Lebar Join Pakai : 600 mm
 Aj : 600 mm x 600 mm
 : 360000 mm²
6. Cek Kuat Geser Join
 a) 4 sisi terkekang
 Vn : $1,7\sqrt{f_c'} A_j$
 : 3870627,856 N
 ØVn : 2902970,892 N

b) 3 Sisi terkekang

$$\begin{aligned} V_n &: 1,2\sqrt{f'_c} A_j \\ &: 2732207,898 \text{ N} \\ \emptyset V_n &: 2049155,924 \text{ N} \end{aligned}$$

c) 1 sisi terkekang

$$\begin{aligned} V_n &: 1\sqrt{f'_c} A_j \\ &: 2276839,915 \text{ N} \\ \emptyset V_n &: 1707629,936 \text{ N} \end{aligned}$$

4.6.6 Perencanaan Sloof

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof	= 650 × 850 mm
Mutu beton (f'_c)	= 30 MPa
Mutu baja (f_y)	= 420 Mpa
Tulangan utama	= D25
Tulangan sengkang	= Ø10
Selimit beton	= 50 mm
Bentang	= 10 m
Gaya aksial kolom	= 10320,43 kN
P_U sloof	= 10% x 10320,43 = 1032,04 kN

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20.

$$\frac{l}{20} = \frac{1200}{20} = 600 \text{ mm} \leq 650 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 650 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

4.6.6.1 Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

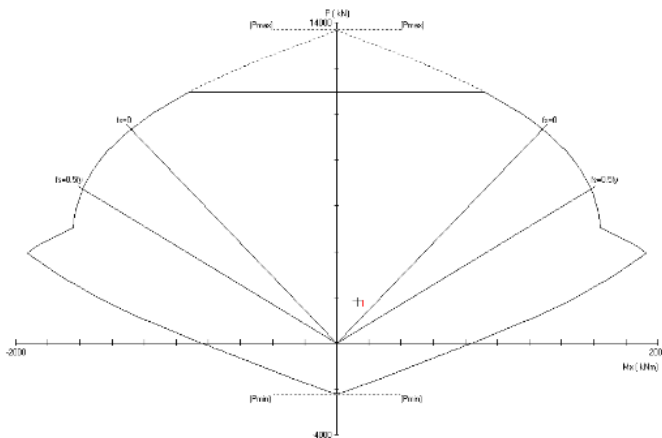
Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,65 \times 0,85 \times 2400 = 1326 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times 1327 = 1591,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 1591,2 \times 10^2 \\ &= 13260 \text{ kgm} = 132,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ Sloof} = 1032,04 \text{ kN}$$



Gambar 4.91 Hasil Analisa sloof pada spColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,0104$$

Dipasang tulangan = 12 D25 ($A_s = 5892 \text{ mm}^2$)

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 x selimut beton ($c = 50 \text{ mm}$)	$= 2 \times 50 = 100 \text{ mm}$
2 x sengkang ($\emptyset = 13 \text{ mm}$)	$= 2 \times 13 = 26 \text{ mm}$
3 x D25	$= 3 \times 25 = 75 \text{ mm}$
2 kali jarak antara 25 mm	$= \underline{2 \times 25 = 50 \text{ mm}}$
Total	$= 251 \text{ mm}$

Total lebar < Lebar balok 650 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

4.6.6.2 Penulangan geser sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 650 \times 850 = 552500 \text{ mm}^2$$

$$d = 850 - 50 - 10 - 25/2 = 777,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Pu}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times bw \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{103204}{14 \times 552500} \right) 1 \sqrt{30} \times 650 \times 777,5$$

$$V_c = 476847,54 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 476847,54 = 357365,66 \text{ N} = 36441,16 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot l = \frac{1}{2} \times 1591,2 \times 9 = 7956 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$36441,16 \text{ kg} > 7956 \text{ kg} \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{777,5}{2} = 388,75 \text{ mm}$
- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2Ø10 – 250 mm.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan struktur dan analisa yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur sekunder
 - a. Pelat menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK, menggunakan tebal pelat 90 mm dengan tulangan M6-150 pada lantai atap, M6-125 mm pada lantai 1-33, M6-125 mm pada lantai UG,GF, dan LG, dan pada lantai *basement* menggunakan pelat beton dengan tebal 90 mm.
 - b. Dimensi balok anak atap menggunakan profil WF 400x200x11, balok anak lantai 1-33 menggunakan profil WF 300x200x9x14, balok anak lantai UG, GF, dan LG menggunakan profil WF 600x200x10x15, dan pada lantai *basement* menggunakan beton dengan dimensi 30/40.
 - c. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 450x200x9x14. Dimensi balok penumpu lift 500x200x10x16.
 - d. Pelat anak tangga menggunakan pelat baja dengan tebal 4 mm pada anak tangga dan 6 mm pada bordes. Balok bordes menggunakan profil WF 100x50x5x7, balok utama tangga menggunakan profil WF 250x125x5x8 dan balok penumpu menggunakan profil WF 250x125x5x8.
2. Hasil perhitungan struktur primer
 - a. Balok Induk menggunakan profil WF 800x300x16x30, serta pada lantai 1 menggunakan beton dengan dimensi 40/60 cm.
 - b. Kolom menggunakan tipe Concrete Filled Tube dengan dimensi Lantai LG, G, UG, serta 1-7, CFT 1000x1000x25; 8-21, CFT 800 x 800 x 25; 22-33, CFT 600 x 600 x 22.

3. Hasil perhitungan sambungan
 - a. Sambungan balok anak atap dan balok induk menggunakan 2 buah dan 2 buah baut M16 mm A325 dan pelat siku 60x60x6.
 - b. Sambungan balok anak lantai dan balok induk menggunakan 2 buah dan 2 buah baut M16 mm A325 dan pelat siku 60x60x6.
 - c. Sambungan balok utama tangga dan balok tumpu tangga diberikan lubang slot 20 mm dan baut 4M8 mm A325. 2 buah dan 2 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 75x75x12.
 - d. Sambungan balok penumpu tangga dan kolom menggunakan baut 2M12 mm A325 dan pelat ketebalan 6 mm dan las sudut 3mm.
 - e. Sambungan Balok Induk dan Kolom menggunakan 8M22 mm dan 20M27 mm serta las tumpul pada diaphragm plate setebal 20 mm.
 - f. Sambungan antar kolom menggunakan las sudut dan pelat dengan tebal 50 mm
 - g. Sambungan Base Plate menggunakan pelat dengan ukuran 1200 x 1200 mm dengan ketebalan 40 mm dan menggunakan baut angkur F1554 M22 8 buah.
 - h. Sambungan dinding geser pelat baja menggunakan las F_{e100XX} dengan tebal 5 mm.
 - i. Sambungan HBE VBE menggunakan 8 baut diameter M30 dan las tumpul pada VBE
 - j. Sambungan baseplate menggunakan pelat dengan ukuran 1200 x 1200 mm dengan ketebalan 70 mm dan menggunakan baut angkur F1554 M30 4 buah
4. Hasil perhitungan struktur bawah
 - a. Dinding penahan tanah menggunakan jenis beton bertulang
 - b. Shearwall dengan tebal 380 mm

- c. Pondasi menggunakan tiang pancang produk dari PT. WIJAYA KARYA dengan diameter 800 mm dengan mencapai kedalaman -28 m.
- d. Penulangan poer menggunakan tulangan lentur D25-100 mm, tulangan tekan D19-100.
- e. Dimensi kolom sebesar 120/120 cm menggunakan jumlah tulangan 16D32.
- f. Dimensi sloof sebesar 65/85 cm menggunakan tulangan 12D25.

5.2 Saran

Diharapkan dilakukan studi tentang Steel Plate Shear Wall yang lebih dalam dengan mempertimbangkan teknis dilapangan. Diharapkan kedepannya sistem SPSW ini banyak digunakan sebagai pilihan sistem struktur penahan gempa di Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- A. Astaneh-Asl. (2000). **US Japan Shear-wall-paper-US-Japan-Workshop-2000**, 1(February), 1–12.
- Berman, J. W. (2014). **InSight**, 20(September), 26–28.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung**.
- Dongbin, Z., Xin, N., Peng, P., Mengzi, W., Kailai, D., dan Yabin, C. (2016). **Experimental study and finite element analysis of a buckling-restrained brace consisting of three steel tubes with slotted holes in the middle tube**. *Journal of Constructional Steel Research*, 124, 1–11.
- Endah, N., dan Mochtar, I. B. (1993). *Mekanika Tanah*.
- Ge, M., Hao, J., Yu, J., Yan, P., dan Xu, S. (2017). **Shaking table test of buckling-restrained steel plate shear walls**. *Journal of Constructional Steel Research*, 137(December 2016), 254–261.
- Gignoux, J., dan Menéndez, M. (2016). **Benefit in the wake of disaster: Long-run effects of earthquakes on welfare in rural Indonesia**. *Journal of Development Economics*, 118, 26–44.
- Harnindra, V. A., Sunardi, B., Santosa, J., Fisika, D., Matematika, F., Alam, P., ... Pusat, K. J. (2017). **Implikasi Sesar Kendeng Terhadap Bahaya Gempa dan Pemodelan Percepatan Tanah di Wilayah Surabaya**, 6(2).
- International Conference of Building Official. (1997). *Uniform Building Code*.
- Kharrazi, M. H. K., Ventura, C. E., dan Prion, H. G. L. (2011). **Analysis and design of steel plate walls: analytical model**. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 38(1), 49–59.
- Kristiana, R. (2017). **Analisis Produktivitas Waktu Penggunaan Tatekata- Ace Pada Erection Kolom Concrete Filled Steel Tube**, (November), 1–2.
- Meghdadaian, M., dan Ghalehnovi, M. (2018). **Improving seismic performance of composite steel plate shear walls**

- containing openings.** *Journal of Building Engineering.*
- Narayanan, S. (2017). **Introduction to Reinforced Concrete,** (November).
- Ouyang, Y., dan Kwan, A. K. H. (2018). **Finite element analysis of square concrete-filled steel tube (CFST) columns under axial compressive load.** *Engineering Structures,* 156(November 2017), 443–459.
- Phillips, A. R., dan Eatherton, M. R. (2018). **Computational study of elastic and inelastic ring shaped – steel plate shear wall behavior.** *Engineering Structures,* 177(June), 655–667.
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Buku Peta Gempa 2017.*
- Seilie, I. F., dan Hooper, J. D. (2005). **Steel Plate Shear Walls: Practical Design and Construction.** *Modern Steel Construction,* (April).
- Sigariyazd, M. A., Joghataie, A., dan Attari, N. K. A. (2016). **Analysis and design recommendations for diagonally stiffened steel plate shear walls.** *Thin-Walled Structures,* 103, 72–80.
- Trian, Y., Sumajouw, D. M. D. J., dan Windah, R. S. (2015). **Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang.** *Jurnal Sipil Statik,* 3(5), 341–350.
- UMY. (2012). *Desain bangunan tahan gempa. Repository.Umy.Ac.Id.*
- Wang, M., dan Yang, W. (2018). **Equivalent constitutive model of steel plate shear wall structures.** *Thin-Walled Structures,* 124(May 2017), 415–429.
- Yong, L. I. U., Xin, L. U., Yong, Y., Yaping, C., dan Lei, S. H. I. (2006). **Research and Design,** 46, 4244–4244.

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
KETERANGAN BAB LAPORAN TUGAS AKHIR

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel A.1 Dimensi Balok Induk Basement

NAMA	DIMENSI	
	H (mm)	B (mm)
BS1	8250	6075
BS2	8250	7150
BS3	8250	8175
BS4	2650	6075
BS5	2650	7150
BS6	8100	6075
BS7	8100	7150
BS8	2725	6075
BS9	2725	7150
BS10	8125	6075
BS11	8125	7150
BS12	3300	6075
BS13	4800	6075
BS14	8175	5950
BS15	8175	7525
BS16	8175	8125

NAMA	DIMENSI	
	H (mm)	B (mm)
BS17	4790	4000
BS18	4790	8000
BS19	4790	3740
BS20	9410	4000
BS21	9410	8000
BS22	9410	3740
BS23	7525	4000
BS24	7525	8000
BS25	7525	3740
BS26	4200	8000
BS27	7200	8000
BS28	9364	8000
BS29	8125	4000
BS30	7200	7015
BS31	7200	4015

Tabel A.2 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design Balok Induk Basement

Rekapitulasi Preliminary Balok Induk Beton			
Kode	Keterangan	Panjang (mm)	Dimensi (cm)
bs1	Memanjang	8250	40 / 60
	melintang	6075	30 / 40
bs2	Memanjang	8250	40 / 60
	melintang	7150	40 / 50
bs3	Memanjang	8250	40 / 60
	melintang	8175	40 / 60
bs4	Memanjang	2650	30 / 40
	melintang	6075	30 / 40
bs5	Memanjang	2650	30 / 40
	melintang	7150	40 / 50
bs6	Memanjang	8100	40 / 60
	melintang	6075	30 / 40
bs7	Memanjang	8100	40 / 60
	melintang	8100	40 / 60
bs8	Memanjang	2725	30 / 40
	melintang	2725	30 / 40
bs9	Memanjang	2725	30 / 40
	melintang	7150	40 / 50
bs10	Memanjang	8125	40 / 60
	melintang	6075	30 / 40
bs11	Memanjang	8125	40 / 60
	melintang	7150	40 / 50
bs12	Memanjang	3300	30 / 40
	melintang	6075	30 / 40

Tabel A.3 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design Balok Induk Basement (Lanjutan)

Rekapitulasi Preliminary Balok Induk Beton			
Kode	Keterangan	Panjang (mm)	Dimensi (cm)
bs13	Memanjang	4800	30 / 40
	melintang	6075	30 / 40
bs14	Memanjang	8175	40 / 60
	melintang	5950	30 / 40
bs15	Memanjang	8175	40 / 60
	melintang	7525	40 / 50
bs16	Memanjang	8175	40 / 60
	melintang	8125	40 / 60
bs17	Memanjang	4790	30 / 40
	melintang	4000	30 / 40
bs18	Memanjang	4790	30 / 40
	melintang	8000	40 / 50
bs19	Memanjang	4790	30 / 40
	melintang	3740	30 / 40
bs20	Memanjang	9410	40 / 60
	melintang	4000	30 / 40
bs21	Memanjang	9410	40 / 60
	melintang	8000	40 / 50
bs22	Memanjang	9410	40 / 60
	melintang	3740	30 / 40
bs23	Memanjang	7525	40 / 50
	melintang	4000	30 / 40
bs24	Memanjang	7525	40 / 50
	melintang	8000	40 / 50

Tabel A.4 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design Balok Induk Basement (Lanjutan)

Rekapitulasi Preliminary Balok Induk Beton			
Kode	Keterangan	Panjang (mm)	Dimensi (cm)
bs25	Memanjang	7525	40 / 50
	melintang	3740	30 / 40
bs26	Memanjang	4200	30 / 40
	melintang	8000	40 / 50
bs27	Memanjang	7200	40 / 50
	melintang	8000	40 / 50
bs28	Memanjang	9364	40 / 60
	melintang	8000	40 / 50
bs29	Memanjang	8125	40 / 60
	melintang	4000	30 / 40
bs30	Memanjang	7200	40 / 50
	melintang	7015	40 / 50
bs31	Memanjang	7200	40 / 50
	melintang	4015	30 / 40

Tabel A.5 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design Balok Anak Basement

Rekapitulasi Preliminary Balok Anak Beton			
Kode	Keterangan	Panjang (mm)	Dimensi (cm)
bs1	Memanjang	8250	30 / 40
	melintang	6075	20 / 30
bs2	Memanjang	8250	30 / 40
	melintang	7150	30 / 40
bs3	Memanjang	8250	30 / 40
	melintang	8175	30 / 40
bs4	Memanjang	2650	20 / 30
	melintang	6075	20 / 30
bs5	Memanjang	2650	20 / 30
	melintang	7150	30 / 40
bs6	Memanjang	8100	30 / 40
	melintang	6075	20 / 30
bs7	Memanjang	8100	30 / 40
	melintang	8100	30 / 40
bs8	Memanjang	2725	20 / 30
	melintang	2725	20 / 30
bs9	Memanjang	2725	20 / 30
	melintang	7150	30 / 40
bs10	Memanjang	8125	30 / 40
	melintang	6075	20 / 30
bs11	Memanjang	8125	30 / 40
	melintang	7150	30 / 40
bs12	Memanjang	3300	20 / 30
	melintang	6075	20 / 30

Tabel A.6 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design Balok Anak Basement (Lanjutan)

Rekapitulasi Preliminary Balok Anak Beton			
Kode	Keterangan	Panjang (mm)	Dimensi (cm)
bs13	Memanjang	4800	20 / 30
	melintang	6075	20 / 30
bs14	Memanjang	8175	30 / 40
	melintang	5950	20 / 30
bs15	Memanjang	8175	30 / 40
	melintang	7525	30 / 40
bs16	Memanjang	8175	30 / 40
	melintang	8125	30 / 40
bs17	Memanjang	4790	20 / 30
	melintang	4000	20 / 30
bs18	Memanjang	4790	20 / 30
	melintang	8000	30 / 40
bs19	Memanjang	4790	20 / 30
	melintang	3740	20 / 30
bs20	Memanjang	9410	40 / 50
	melintang	4000	20 / 30
bs21	Memanjang	9410	40 / 50
	melintang	8000	30 / 40
bs22	Memanjang	9410	40 / 50
	melintang	3740	20 / 30
bs23	Memanjang	7525	30 / 40
	melintang	4000	20 / 30
bs24	Memanjang	7525	30 / 40
	melintang	8000	30 / 40

Tabel A.7 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design Balok Anak Basement (Lanjutan)

Rekapitulasi Preliminary Balok Anak Beton			
Kode	Keterangan	Panjang (mm)	Dimensi (cm)
bs25	Memanjang	7525	30 / 40
	melintang	3740	20 / 30
bs26	Memanjang	4200	20 / 30
	melintang	8000	30 / 40
bs27	Memanjang	7200	30 / 40
	melintang	8000	30 / 40
bs28	Memanjang	9364	40 / 50
	melintang	8000	30 / 40
bs29	Memanjang	8125	30 / 40
	melintang	4000	20 / 30
bs30	Memanjang	7200	30 / 40
	melintang	7015	30 / 40
bs31	Memanjang	7200	30 / 40
	melintang	4015	20 / 30

LAMPIRAN B
BROSUR

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BETON RINGAN AAC GRAND ELEPHANT



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	

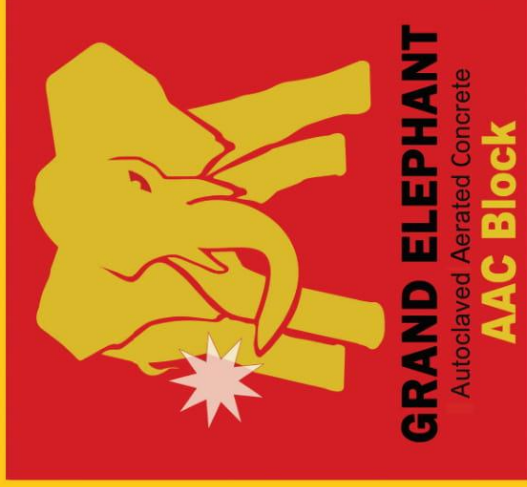
Dimensi blok GE

Produk	Ukuran		Kuat tekan		Berat jenis perencanaan	
	Tebal (cm)	Lebar (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	4	7.5	595	820
Blok semi jumbo	7.5 - 20	60	4	7.5	595	820
Blok jumbo	12.5 - 20	100	-	7.5	-	820
Blok 'U'	10 - 20	60	4	7.5	595	820
Blok 'O'	10 - 20	60	4	7.5	595	820
Lintel	10 - 20	130 - 200	6.5*		750*	

Volume blok GE per palet

Blok standar (60 x 20 cm)		Blok semi jumbo (60 x 40 cm)		Blok jumbo (60 x 100 cm)	
Tebal	GE AAC-6	Tebal	GE AAC-6	Tebal	GE AAC-6
7.5	18.00	7.5	10.00	12.5	15.00
15	9.00	15	5.00	15	7.50
20	6.00	20	3.75	20	5.62
Tebal		Tebal		Tebal	
7.38	9.84	7.38	5.84	12.5	8.44
15	4.92	15	2.92	15	4.22
20	3.28	20	1.95	20	2.81
Berat Perencanaan		Berat Perencanaan		Berat Perencanaan	
GE AAC-4	61.50	GE AAC-4	61.50	GE AAC-4	61.50
GE AAC-6	82.00	GE AAC-6	82.00	GE AAC-6	82.00
Kuat Tekan		Kuat Tekan		Kuat Tekan	
GE AAC-4	4	GE AAC-4	4	GE AAC-4	4
GE AAC-6	7.5	GE AAC-6	7.5	GE AAC-6	7.5
Berat Perencanaan		Berat Perencanaan		Berat Perencanaan	
GE AAC-4	495	GE AAC-4	495	GE AAC-4	495
GE AAC-6	680	GE AAC-6	680	GE AAC-6	680

Main Distributor :
PT. SURYA INDOGREEN PERKASA
Hotline Service : 031 - 585 1818
031 - 8398 8888



GRAND ELEPHANT

Autoclaved Aerated Concrete
AAC Block



www.grand-elephant.co.id

grand elephant aac @grand_elephant

GREAT
CHOICE
DECISION
VALUE



GE memiliki visi untuk menjadi beton ringan AAC terbaik di Indonesia.

AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC)
Beton ringan yang dikeringkan ("curing") dengan autoclave

GRAND ELEPHANT (GE) memproduksi beragam beton ringan untuk dinding pengisi maupun struktur dinding pemikul. Komponen-komponen ini menjawab kebutuhan khusus masa kini, yaitu peningkatan efisiensi energi, ketahanan terhadap kebakaran, dan kekuatan konstruksi.

Komponen-komponen GE menawarkan sebuah penghematan biaya dalam membangun karena pemakaian material tunggal untuk pekerjaan finishing.

Blok dan komponen dinding tembok GE tersedia dalam berbagai variasi :

- Blok standar
- Blok semi jumbo
- Blok jumbo
- Blok U
- Blok O
- Lintel

Aplikasi beton ringan GE antara lain :

- Bangunan komersial; Ruko, Rukan, Mall, Plaza
- Hotel, Condotel
- Rumah tinggal, Apartemen
- Sekolah, Universitas
- Asrama, perkantoran
- Pabrik, gudang, dll



Beton ringan GE mempunyai ragam produk terlengkap, diproduksi dengan standar mutu internasional, menggunakan teknologi terbaik dan SDM yang profesional dengan track record yang sangat baik.

Pabrik GE yang berlokasi di Krian, Jawa Timur, merupakan pabrik beton ringan yang paling canggih di Indonesia, dengan kapasitas produksi hingga 350.000 m³/tahun (1100 m³/hari). GE menjadi produsen beton ringan AAC terbesar di Indonesia. Hal ini menjamin kepastian supply material beton ringan bagi pelanggan, kontraktor dan pemilik proyek.

RINGAN DAN KUAT

Menggunakan beton ringan GE menjamin konstruksi bangunan lebih cepat, lebih tahan gempa, lebih efisien dalam membangun dan berstruktur kuat, beton ringan GE dapat digunakan untuk menjadi pengganti dinding pengisi dan dinding pemikul beban.

CEPAT, EFISIEN, RAPI DAN PREISI

Pemakaian produk beton ringan GE menjamin penghematan biaya energi dan semen dan lebih cepat pemasangan karena karakteristik beton ringan GE lebih presisi.

INSULASI PANAS DAN SUARA YANG BAIK

Kenyamanan pemakaian produk GE dapat dijamin karena insulasi panas dan suara yang telah diuji di laboratorium. Membuat hasil bangunan anda menjadi lebih sejuk, lebih tenang dan mampu melindungi terhadap kebakaran hingga >3 jam.

RAMAH LINGKUNGAN

Produk Beton ringan GE tidak mengandung bahan-bahan beracun dan sangat ramah lingkungan dan aman untuk tempat tinggal.



Ragam produk blok paling lengkap, memberikan keleluasaan desain struktur dan arsitektur.
Dalam hal dimensi, GE paling akurat, memastikan konsumsi thin bed mortar dan plesteran lebih hemat.



Lintel tersedia dalam berbagai ukuran yang dipertu dengan rangka pembesian untuk struktur dinding pemikul.



Blok U digunakan sebagai bekisting balok keilling dan angkur kuda-kuda. Bebas bekisting dan tidak perlu menunggu proses pengeringan balok, sehingga waktu konstruksi lebih singkat.



Blok O memperkuat dinding dengan kolom konvensional, desain struktur kolom pen-gaku atau kolom praktis (ti dibutuhkan untuk daerah beresiko gempa.

Blok pengganti bekisting/ring balok

Blok pengganti bekisting/beton praktis

Kalkulasi isi dan dinding blok AAC-4

Kebeban	isi / m ³	Luas dinding / m ²	
		pieces	m ²
7,5	111	13,3	
10	83	10	
12,5	66	8	
15	55	6,67	
17,5	47	5,71	
20	41	5	

Konsumsi thin bed mortar

Kebeban	blok standar (60 x 20 cm)		blok semi jumbo (60 x 40 cm)		blok jumbo (60 x 100 cm)	
	kg/m ²	kg/m ³	kg/m ²	kg/m ³	kg/m ²	kg/m ³
7,5	2,70	36	7,5	1,80	24	12,8
10	3,60	36	10	2,40	24	15
12,5	4,50	36	12,5	3,00	24	17,5
15	5,40	36	15	3,60	24	20
17,5	6,30	36	17,5	4,20	24	22,8
20	7,20	36	20	4,80	24	25,6



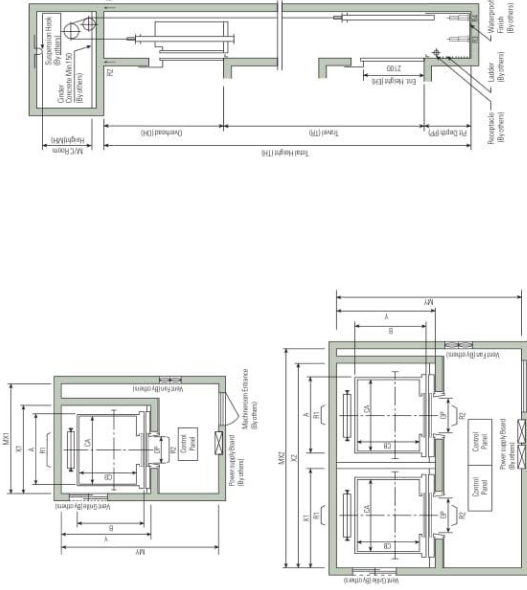
Moving solutions with safety, reliability and efficiency

PASSENGER ELEVATORS



 **HYUNDAI ELEVATOR**

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway

Manufacturer Standard

Capacity Persons kg	Speed (m/sec)	Opening Type	Clear Opening Type	Car		Hoistway Size		Machine Room Size						M/C Room Size			Pit Reaction																								
				Internal	External	1Car	2Cars	Y	Z	1Car	2Cars	Depth	MY	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4																				
																						CA	CB	A	X	B	CA	CB	A	X	B										
8	4.50		OP	1428x1035	1458x1005	1800	3700	1458	2400	4600	3200	3600	2600	3400	5000	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600												
8	3.90		OP	1404x1038	1434x1005	1800	3700	1404	2300	4600	3400	3600	2600	3400	4900	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600										
8	3.00		OP	1404x1139	1434x1085	1800	3700	1404	2300	4600	3400	3600	2600	3400	4900	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600								
8	2.10		OP	1404x1139	1434x1085	1800	3700	1404	2300	4600	3400	3600	2600	3400	4900	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600						
11	2.90		OP	1469x1159	1499x1105	1800	3700	1469	2300	4600	3400	3600	2600	3400	4900	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600						
13	2.10		OP	1469x1159	1499x1105	1800	3700	1469	2300	4600	3400	3600	2600	3400	4900	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600				
13	1.5		OP	1469x1159	1499x1105	2300	4200	1469	2300	4400	3850	3550	2750	3750	5100	4300	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600				
15	3.00		OP	1600x1159	1630x1105	2300	4200	1600	2300	4400	3850	3550	2750	3750	5100	4300	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600		
17	1.75		OP	1800x1159	1830x1105	2300	4200	1800	2300	4400	3850	3550	2750	3750	5100	4300	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600		
20	2.10		2 Panel Center Open	2000x1350	2030x1270	2550	5200	2000	1870	2350	4850	3450	3400	2400	4300	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600		
24	1.80		Open	2100x1350	2130x1270	2550	5200	2100	1870	2350	5300	3300	3400	2400	4200	4300	4700	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600		
13	3.00		OP	1600x1350	1630x1270	2250	4400	1600	1670	2350	4400	2250	2350	2750	5000	4400	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	
15	3.00		OP	1600x1500	1630x1470	2650	4600	1600	1670	2650	5000	2250	2750	5000	4400	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600	4200	4600
17	1.75		OP	2000x1350	2030x1270	2550	5200	2000	1870	2650	5400	2100	2450	5400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400
20	2.5		OP	2000x1500	2030x1470	2650	5400	2000	1870	2650	5400	2100	2450	5400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400
24	1.80		OP	2150x1400	2180x1370	2800	5700	2150	1920	2650	5400	2350	2450	5400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400

EN81 Standard

Capacity Persons kg	Speed (m/sec)	Opening Type	Clear Opening Type	Car		Hoistway Size		Machine Room Size						M/C Room Size			Pit Reaction																								
				Internal	External	1Car	2Cars	Y	Z	1Car	2Cars	Depth	MY	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4																				
																						CA	CB	A	X	B	CA	CB	A	X	B										
6	4.50		OP	1100x1100	1160x1250	1500	3200	1700	1800	3500	3450	3600	2000	2600	5400	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500		
7	5.50		OP	1400x1020	1440x1185	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	2600	5400	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	
9	7.00		OP	1400x1100	1440x1255	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4100	2450	4300	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100
10	8.00		OP	1400x1250	1440x1445	1800	3700	1830	2000	4000	3600	4200	2700	4800	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400
12	8.00		OP	1400x1350	1440x1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
13	10.00		OP	1400x1300	1440x1435	2050	4200	1900	2300	4400	3700	5100	3750	5000	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400
15	11.50		OP	1400x1400	1440x1570	2050	4200	2000	2300	4400	3700	5450	4300	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400
18	13.50		OP	2000x1500	2030x1670	2550	5200	2000	1870	2550	5200	2000	2800	5250	3750	4400	5100	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000
21	15.00		2 Panel Center	2000x1800	2030x1970	2650	5400	2000	1870	2650	5400	2350	2400	4150	4700	5400	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
21	16.00		Open	2150x1400	2250x1770	2700	5500	2300	3000	5450	4200	5500	5400	6200	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	
24	18.00		OP	2100x1500	2130x1670	2650	5400	2100	1870	2650	5400	2350	2400	4250	4800	5400	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

1 Above dimensions are applied for car height of 2200mm.
 2 In case of requested double isolation pod, machine room height for other applicable dimensions, contact us.
 3 Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Load (kg)	Overhead (mm)	OH (mm)	Pit Depth (mm)	Pit Reaction (kg)		
-----------	---------------	---------	----------------	-------------------	--	--

JFE Column-BCP325T

Product Specifications

Chemical Composition

Grade	Chemical Composition (%)						Carbon Equivalent (%)	Weld crack Sensitivity Composition (%)
	C	Si	Mn	P	S	N		
BCP325T	0.18 max.	0.55 max.	1.60 max.	0.020 max.	0.005 max.	0.006 max.	0.44 max.	0.29 max.

Remarks : 1. When necessary, addition of alloying elements other than the above is possible.

2. With the agreement of the parties concerned, weld crack sensitivity composition can be applied in place of the carbon equivalent(Ceq).

$$C_{eq} (\%) = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$$

$$\text{Weld crack sensitivity composition } (\%) = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

3. HAZ toughness index in MAG welding (%) = $C + Mn/8 + 6(P+S) + 12N - 4Ti$

However N = total N, When $Ti \leq 0.005\%$, consider $Ti = 0$

Mechanical Properties

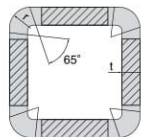
Grade	Thickness (mm)	Yield point or Proof stress (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Yield ratio (%)	Elongation		Charpy absorbed energy	
					Test piece	Elongation (%)	Test Temperature (C°)	Absorbed Energy (J)
BCP325T	12 ≤ t ≤ 16	325 min.	490 min.	80 max.	No. 1A	17 min.	0	70 min.
	16 < t ≤ 40	445 max.	610 max.			21 min.		

Remarks : 1. Charpy absorbed energy is tested at flat area and corner. Test pieces are JIS No.4, taken is the longitudinal direction.

2. Test pieces of Charpy absorbed energy are permissible to use the sub-size piece of 7.5mm width, when can not be taken the full size. When, Absorbed energy ≥ 52J

Dimensional tolerance

Item and classification		Dimensional tolerance
Length of side		±1.0% and ±3.0mm
Unevenness of flat portion of each side		Less than 0.5% of side length, but less than 3mm
Angularity made by adjacent flat plate portions		±1.0°
Length		- 0, + not specified
Camber	Product length less than 9m	1/1500 of total length, max.
	Product length 9m or more	1/1250 of total length, max.
Torsion		$\{1.5 \times \text{Length of side(mm)} / 1000\} \times \text{Total length(m), mm, max.}$
Thickness	12mm or more, less than 16mm	- 0.3 + 1.0mm
	16mm or more, less than 25mm	- 0.3 + 1.2mm
	25mm or more, up to 40mm	- 0.3 + 1.3mm
Angular radius of curvature	12mm or more, less than 19mm	$(3.5 \pm 0.5) \times \text{Thickness(mm)}$
	over 19mm, up to 40mm	$(3.5 \pm 0.4) \times \text{Thickness(mm)}$



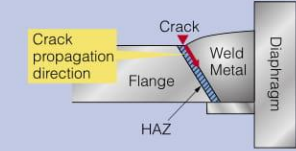
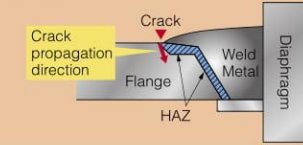
Remarks : 1. Unevenness of the flat portion, angularity between adjacent flat portions, and thickness tolerances apply to all parts except weld reinforcement areas.

2. The radius of curvature means the radius of curvature at the point of intersection of the exterior sides of the corner and lines at 45° to the adjacent side and is measured in the range of 65° around the center of intersection.

〈Note〉 Please contact us for products other than those specified above.

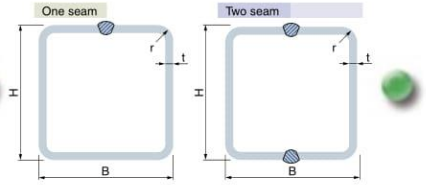
JFE Column-BCP/JFE Column-BCP325T

● Differences between BCP325 and BCP325T

	Conventional BCP	BCP325T																		
1. Chemical composition	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Conventional BCP (%)</th> </tr> <tr> <th>P</th> <th>S</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.030 max.</td> <td>0.015 max.</td> <td>0.006 max.</td> </tr> </tbody> </table> <p>However, if the free N content is reduced to 0.006% or less by addition of Al or other N-fixing element, N contents as high as 0.009% are permissible.</p>	Conventional BCP (%)			P	S	N	0.030 max.	0.015 max.	0.006 max.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">BCP325T (%)</th> </tr> <tr> <th>P</th> <th>S</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.020 max.</td> <td>0.005 max.</td> <td>0.006 max.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Shows total N content. Relaxation of N requirement as in conventional BCP is not permissible</p>	BCP325T (%)			P	S	N	0.020 max.	0.005 max.	0.006 max.
Conventional BCP (%)																				
P	S	N																		
0.030 max.	0.015 max.	0.006 max.																		
BCP325T (%)																				
P	S	N																		
0.020 max.	0.005 max.	0.006 max.																		
2. Corner toughness guarantee	No provision	Guarantee that $vEo \geq 70J$ using Charpy impact test piece taken from column corner.																		
3. Guidance for execution of diaphragm weld by welding execution procedure	<p>No provision</p> <p>With conventional welding methods, in particular, there was a large danger of brittle fracture by the crack propagation route shown in the following figure.</p> 	<p>Even if cracking is initiated, the crack does not propagate in the embrittled zone along the groove.</p> <p>Depending on the material, ductile fracture may occur.</p> <p>In addition, recommended welding conditions are shown.</p> 																		
4. Chemical composition index for securing HAZ toughness	No provision	<p>HAZ toughness index in MAG welding $f_{HAZ} \leq 0.58\%$</p> <p>*HAZ toughness index in MAG welding $f_{HAZ} = C + Mn/8 + 6(P + S) + 12N - 4Ti$</p> <p>However, N = total N.</p> <p>When $Ti \leq 0.005\%$, consider $Ti = 0$.</p>																		
5. Available size range (applicable plate thickness)	6 mm or more.	12 mm or more																		
6. Design method (Reference: See Cold Formed Square Section Steel Pipe Design and Execution Manual.)	<ul style="list-style-type: none"> ●Route1 Internal diaphragm seismic stress increase coefficient = 1.1 External and through diaphragm seismic stress increase coefficient = 1.1 ●Route2 Column-beam yield strength ratio ≥ 1.5 ●Route3 Internal diaphragm column yield strength reduction factor = 0.85 External and through diaphragm column yield strength reduction factor = 0.80 	<ul style="list-style-type: none"> ●Route1 Internal diaphragm seismic stress increase coefficient = 1.0 External and through diaphragm seismic stress increase coefficient = 1.0 ●Route2 Study of column-beam yield strength ratio not required. ●Route3 Internal diaphragm column yield strength reduction factor = 1.00 External and through diaphragm column yield strength reduction factor = 1.00 Accordingly, it is possible to design in the same manner as with welded four side box columns and hot formed square section seteel pipes. 																		

* HAZ toughness index in MAG welding conforms to "Development of New Steel Structure Building System Using Advanced Technology" and "Establishment of Performance Evaluation Method for Welding Materials and Welded Joints in Building Structures" final reports (Architectural Laboratories, Japan Iron and Steel Federation, Welding Society).

• Available Sizes and Section Moduli Square Section



Dimensions (mm)				Sectional Area (cm ²)	Unit Mass (kg/m)	Geometrical moment of inertia (cm ⁴)	Radius of Gyration of area (cm)	Modulus of section (cm ³)	Plastic Modulus of section (cm ³)	Ratio of Width to thickness	Classification of Ratio of Width to thickness	
H	B	R	t								A	W
400	400	66.5	19	271.0	213	62,800	15.2	3,140	3,770	21.1	A	A
		77	22	307.7	242	69,500	15.0	3,480	4,220	18.2	A	A
		87.5	25	342.8	269	75,400	14.8	3,770	4,640	16.0	A	A
450	450	66.5	19	309.0	243	92,200	17.3	4,100	4,880	23.7	A	A
		77	22	351.7	276	103,000	17.1	4,560	5,490	20.5	A	A
		87.5	25	392.8	308	112,000	16.9	4,980	6,050	18.0	A	A
		98	28	432.3	339	121,000	16.7	5,360	6,580	16.1	A	A
		♦112	32	482.3	379	130,000	16.4	5,780	7,210	14.1	A	A
500	500	56	16	296.6	233	113,000	19.5	4,510	5,290	31.3	A	B
		66.5	19	347.0	272	130,000	19.3	5,180	6,130	26.3	A	A
		77	22	395.7	311	145,000	19.1	5,800	6,920	22.7	A	A
		87.5	25	442.8	348	159,000	18.9	6,360	7,660	20.0	A	A
		98	28	488.3	383	172,000	18.8	6,870	8,360	17.9	A	A
550	550	112	32	546.3	429	187,000	18.5	7,470	9,210	15.6	A	A
		56	16	328.6	258	153,000	21.5	5,550	6,480	34.4	B	C
		66.5	19	385.0	302	176,000	21.4	6,390	7,530	28.9	A	B
		77	22	439.7	345	197,000	21.2	7,180	8,520	25.0	A	A
		87.5	25	492.8	387	217,000	21.0	7,900	9,460	22.0	A	A
		98	28	544.3	427	236,000	20.8	8,570	10,300	19.6	A	A
		112	32	610.3	479	258,000	20.6	9,380	11,400	17.2	A	A
		♦126	36	673.4	529	277,000	20.3	10,100	12,400	15.3	A	A
		♦133	38	703.9	553	286,000	20.2	10,400	12,900	14.5	A	A
		♦140	40	733.6	576	294,000	20.0	10,700	13,400	13.8	A	A
600	600	56	16	360.6	283	201,000	23.6	6,690	7,790	37.5	C	C
		66.5	19	423.0	332	232,000	23.4	7,730	9,070	31.6	A	B
		77	22	483.7	380	261,000	23.2	8,710	10,300	27.3	A	B
		87.5	25	542.8	426	288,000	23.1	9,620	11,400	24.0	A	A
		98	28	600.3	471	314,000	22.9	10,500	12,500	21.4	A	A
		112	32	674.3	529	345,000	22.6	11,500	13,900	18.8	A	A
		♦126	36	745.4	585	372,000	22.4	12,400	15,200	16.7	A	A
		♦133	38	779.9	612	385,000	22.2	12,800	15,800	15.8	A	A
		♦140	40	813.6	639	397,000	22.1	13,200	16,400	15.0	A	A
		650	650	56	16	392.6	308	258,000	25.6	7,940	9,220	40.6
66.5	19			461.0	362	299,000	25.5	9,200	10,700	34.2	B	C
77	22			527.7	414	337,000	25.3	10,400	12,200	29.5	A	B
87.5	25			592.8	465	374,000	25.1	11,500	13,600	26.0	A	A
98	28			656.3	515	407,000	24.9	12,500	14,900	23.2	A	A
112	32			738.3	580	449,000	24.7	13,800	16,600	20.3	A	A
♦126	36			817.4	642	487,000	24.4	15,000	18,200	18.1	A	A
♦133	38			855.9	672	505,000	24.3	15,500	19,000	17.1	A	A
♦140	40			893.6	702	521,000	24.1	16,000	19,700	16.3	A	A
700	700			56	16	424.6	333	325,000	27.7	9,300	10,800	43.8
		66.5	19	499.0	392	378,000	27.5	10,800	12,600	36.8	B	C
		77	22	571.7	449	427,000	27.3	12,200	14,300	31.8	A	B
		87.5	25	642.8	505	474,000	27.1	13,500	16,000	28.0	A	B
		98	28	712.3	559	518,000	27.0	14,800	17,600	25.0	A	A
		112	32	802.3	630	573,000	26.7	16,400	19,600	21.9	A	A
		♦126	36	889.4	698	623,000	26.5	17,800	21,500	19.4	A	A
		♦133	38	931.9	732	646,000	26.3	18,500	22,400	18.4	A	A
		♦140	40	973.6	764	669,000	26.2	19,100	23,300	17.5	A	A

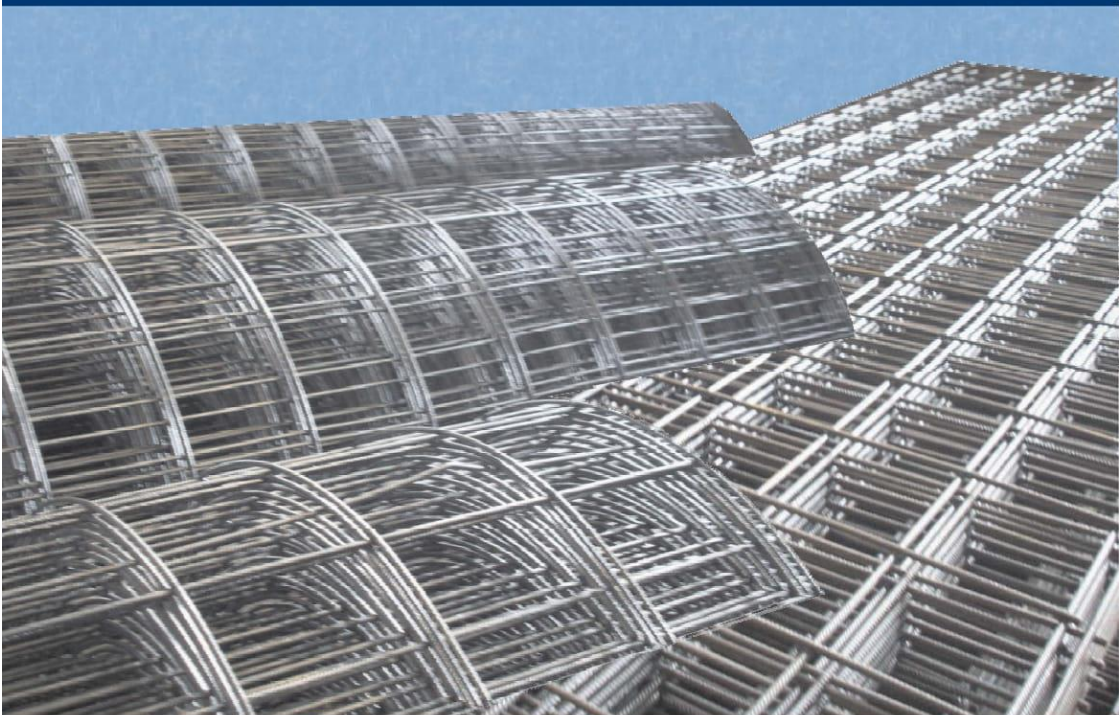
note : ♦ Indicate two seamed products

JFE Column-BCP/JFE Column-BCP325T

●Available Size and Section Moduli Square Section

Dimensions (mm)				Sectional Area (cm ²)	Unit Mass (kg/m)	Geometrical moment of inertia (cm ⁴)	Radius of gyration of area (cm)	Modulus of section (cm ³)	Plastic Modulus of section (cm ³)	Ratio of Width to thickness	Classification of Ratio of width to thickness	
H	B	R	t	A	W	I	i	Z	Zp	H/t	BCP325	BCP325T
750	750	66.5	19	537.0	422	469,000	29.6	12,500	14,500	39.5	C	C
		77	22	615.7	483	531,000	29.4	14,200	16,600	34.1	B	C
		87.5	25	692.8	544	591,000	29.2	15,700	18,500	30.0	A	B
		98	28	768.3	603	647,000	29.0	17,200	20,400	26.8	A	A
		112	32	866.3	680	717,000	28.8	19,100	22,800	23.4	A	A
		126	36	961.4	755	782,000	28.5	20,900	25,000	20.8	A	A
		133	38	1,008	791	813,000	28.4	21,700	26,100	19.7	A	A
		140	40	1,054	827	842,000	28.3	22,400	27,200	18.8	A	A
800	800	66.5	19	575.0	451	574,000	31.6	14,300	16,600	42.1	C	D
		77	22	659.7	518	651,000	31.4	16,300	19,000	36.4	B	C
		87.5	25	742.8	583	725,000	31.2	18,100	21,200	32.0	A	B
		98	28	824.3	647	795,000	31.1	19,900	23,400	28.6	A	B
		112	32	930.3	730	884,000	30.8	22,100	26,200	25.0	A	A
		126	36	1,033	811	966,000	30.6	24,100	28,900	22.2	A	A
		133	38	1,084	851	1,000,000	30.4	25,100	30,100	21.1	A	A
		140	40	1,134	890	1,040,000	30.3	26,100	31,400	20.0	A	A
850	850	66.5	19	613.0	481	694,000	33.6	16,300	18,900	44.7	C	D
		77	22	703.7	552	788,000	33.5	18,500	21,600	38.6	C	C
		87.5	25	792.8	622	879,000	33.3	20,700	24,200	34.0	B	C
		98	28	880.3	691	965,000	33.1	22,700	26,700	30.4	A	B
		112	32	994.3	781	1,070,000	32.9	25,300	29,900	26.6	A	A
		126	36	1,105	868	1,180,000	32.6	27,700	33,000	23.6	A	A
		133	38	1,160	911	1,220,000	32.5	28,800	34,400	22.4	A	A
		140	40	1,214	953	1,270,000	32.4	29,900	35,900	21.3	A	A
900	900	66.5	19	651.0	511	829,000	35.7	18,400	21,300	47.4	C	D
		77	22	747.7	587	943,000	35.5	21,000	24,300	40.9	C	C
		87.5	25	842.8	662	1,050,000	35.3	23,400	27,300	36.0	B	C
		98	28	936.3	735	1,160,000	35.2	25,700	30,100	32.1	A	C
		112	32	1,058	831	1,290,000	34.9	28,700	33,800	28.1	A	B
		126	36	1,177	924	1,420,000	34.7	31,500	37,300	25.0	A	A
		133	38	1,236	970	1,480,000	34.5	32,800	39,000	23.7	A	A
		140	40	1,294	1,016	1,530,000	34.4	34,100	40,700	22.5	A	A
950	950	77	22	791.7	622	1,120,000	37.6	23,500	27,200	43.2	C	D
		87.5	25	892.8	701	1,250,000	37.4	26,300	30,600	38.0	C	C
		98	28	992.3	779	1,370,000	37.2	28,900	33,800	33.9	B	C
		112	32	1,122	881	1,530,000	37.0	32,300	38,000	29.7	A	B
		126	36	1,249	981	1,680,000	36.7	35,500	42,000	26.4	A	A
		133	38	1,312	1,030	1,760,000	36.6	37,000	43,900	25.0	A	A
		140	40	1,374	1,078	1,830,000	36.5	38,500	45,800	23.8	A	A
1000	1000	77	22	835.7	656	1,310,000	39.6	26,200	30,300	45.5	C	D
		87.5	25	942.8	740	1,470,000	39.4	29,300	34,000	40.0	C	C
		98	28	1,048	823	1,610,000	39.2	32,300	37,700	35.7	B	C
		112	32	1,186	931	1,810,000	39.0	36,100	42,400	31.3	A	B
		126	36	1,321	1,037	1,990,000	38.8	39,700	46,900	27.8	A	B
		133	38	1,388	1,090	2,070,000	38.6	41,500	49,100	26.3	A	A
		140	40	1,454	1,141	2,160,000	38.5	43,100	51,200	25.0	A	A

UNION WIRE MESH[®]



PT. UNION METAL

A UNION SAMPOERNA CO.

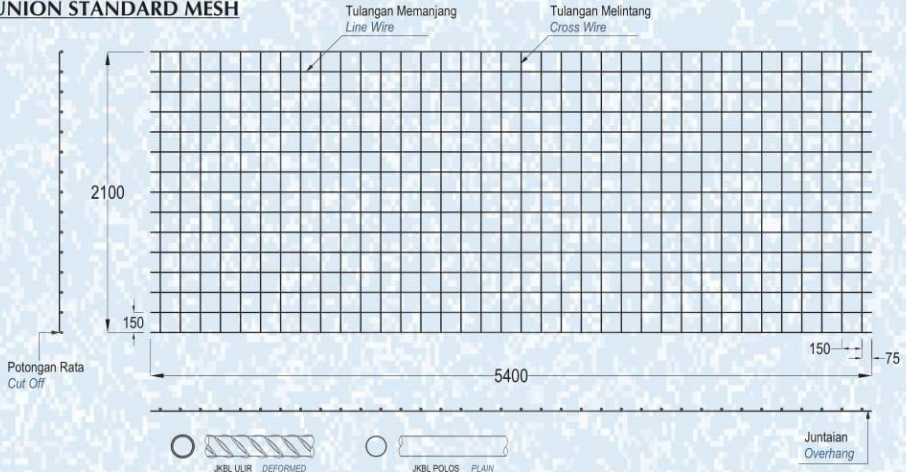
INFORMASI PRODUK

PRODUCT INFORMATION

Union Wire Mesh adalah jaring baja tulangan bermutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh karakteristik 5.000 kg/cm² yang dirangkai sedemikian rupa menggunakan las listrik untuk mendapatkan tegangan geser berkualitas tinggi sebesar 2.500 kg/cm² di setiap titik pertemuan kawatnya.

Union Wire Mesh is made from high tensile reinforcing wire rod having characteristic yield strength of 5,000 kg/cm² and it is electrically welded to obtain high quality shearing strength of 2,500 kg/cm² in each welded point.

UNION STANDARD MESH



BERAT PER LEMBAR

TYPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16
BERAT PER LEMBAR (kg)	15,45	24,14	34,76	47,31	61,79	78,21	96,55	139,03	247,17

MASS PER SHEET

Spesifikasi

Diameter JKBL Union : 4 mm sampai 16 mm
 Standar Bahan : SNI 07-0663-1995
 Tegangan Leleh Karakteristik : 5.000 kg/cm², mutu U-50
 Tegangan Geser Kampuh Las : 2.500 kg/cm²
 Bentuk Permukaan Kawat : Polos dan Ulir
 Spasi Standard : 150 mm x 150 mm (Type M)
 100 mm x 200 mm (Type B)
 Ukuran Standard : Lembar : 5,4 m x 2,1 m (M4 - M16)
 Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6)

Specification

Diameter of Union Mesh : 4 mm up to 16 mm
 Material Standard : SNI 07-0663-1995
 Characteristic Yield Strength : 5,000 kg/cm², grade U-50
 Welding Shear Strength : 2,500 kg/cm²
 Types of Bar Surfaces : Plain and Deformed
 Standard Spacings : 150 mm x 150 mm (M Type)
 100 mm x 200 mm (B Type)
 Standard Sizes : Sheet : 5.4 m x 2.1 m (M4 - M16)
 Roll : 54 m x 2.1 m (M4 - M6)

Produksi Union Wire Mesh

Dengan dukungan dari mesin pembentuk JKBL kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran JKBL yang bervariasi dengan hasil pengelasan sempurna sampai dengan diameter 16 mm.

- Jarak spasi : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm; dan 300 mm
- Juntai kawat memanjang maksimum 1.200 mm kedua sisi nya
- Jarak spasi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesial diperlukan, staff berpengalaman kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, harap konsultasi dengan kami

Union Wire Mesh Production

By means of our modern and computerized wire mesh welding machines, we have proven capability to produce various sizes of mesh with perfect welding result up to diameter 16 mm.

- Spacings : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm and 300 mm
- Line wire over hang maximum 1,200 mm both sides
- Cross wire spacing minimum 50 mm subject to diameters
- If special sizes of reinforcement are required, our experienced technical staffs are ready to assist for designing the best and most efficient ones
- For M12 to M16, please consult with us

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
5. Non structural column and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Mengganti tulangan biasa (U-24) dengan JKBL Union (U-50)

Rumus :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2,400 \text{ kg/cm}^2}{5,000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50) for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5.24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2,400 \text{ kg/cm}^2}{5,000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2.515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

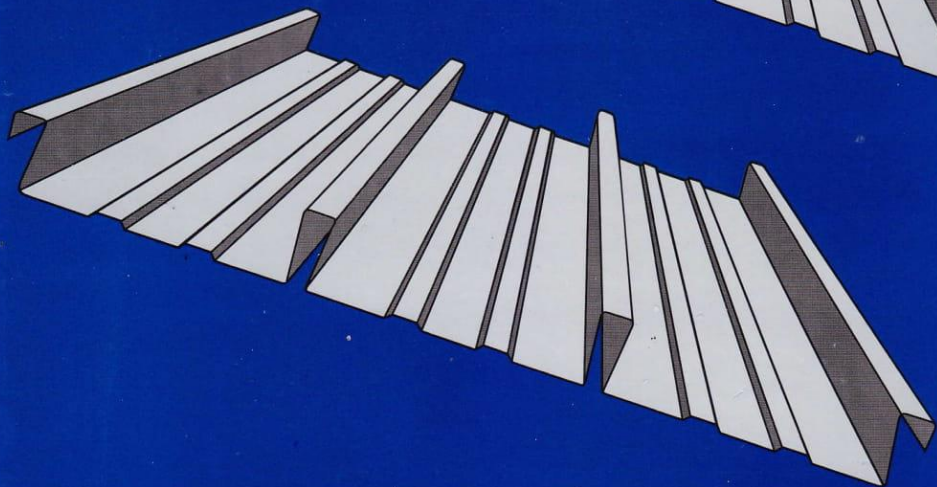
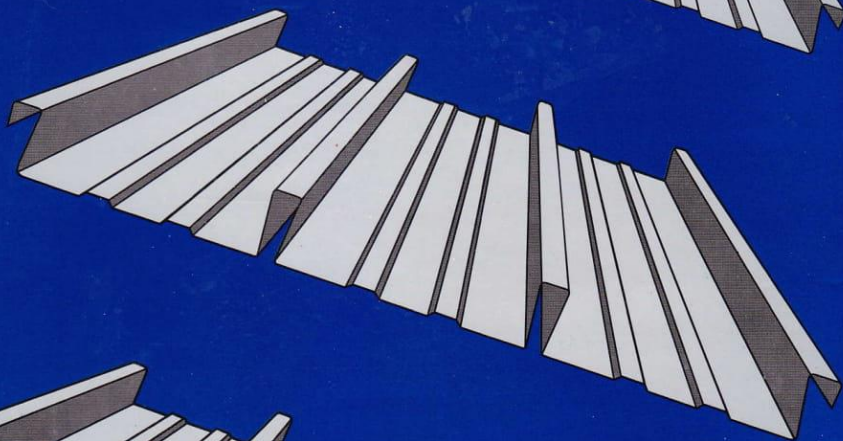
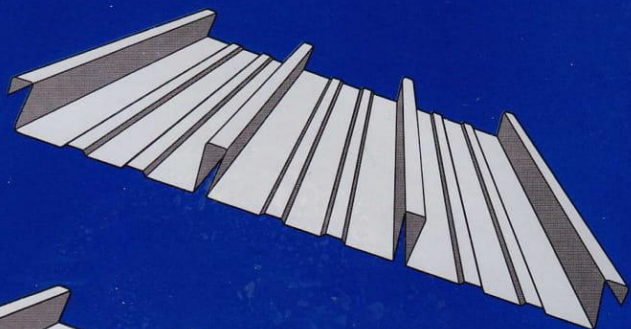
From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m') Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm ² /m') According to Spacing Each Direction											
		Spasi / Spacing (mm)											
		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
4.0	0.126	2.51	1.68	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
4.5	0.159	3.18	2.12	1.59	1.27	1.06	0.91	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49
5.0	0.196	3.93	2.62	1.96	1.57	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.60
5.5	0.238	4.75	3.17	2.38	1.90	1.58	1.36	1.19	1.06	0.95	0.86	0.79	0.73
6.0	0.283	5.65	3.77	2.83	2.26	1.88	1.62	1.41	1.26	1.13	1.03	0.94	0.87
6.5	0.332	6.64	4.42	3.32	2.65	2.21	1.90	1.66	1.47	1.33	1.21	1.11	1.02
7.0	0.385	7.70	5.13	3.85	3.08	2.57	2.20	1.92	1.71	1.54	1.40	1.28	1.18
7.5	0.442	8.84	5.89	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36
8.0	0.503	10.05	6.70	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55
8.5	0.567	11.35	7.57	5.67	4.54	3.78	3.24	2.84	2.52	2.27	2.06	1.89	1.75
9.0	0.636	12.72	8.48	6.36	5.09	4.24	3.64	3.18	2.83	2.54	2.31	2.12	1.96
9.5	0.709	14.18	9.45	7.09	5.67	4.73	4.05	3.54	3.15	2.84	2.58	2.36	2.18
10.0	0.785	15.71	10.47	7.85	6.28	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.86	2.62	2.42
12.0	1.131	22.62	15.08	11.31	9.05	7.54	6.46	5.65	5.03	4.52	4.11	3.77	3.48
16.0	2.011	40.21	26.81	20.11	16.08	13.40	11.49	10.05	8.94	8.04	7.31	6.70	6.19

Super Floor Deck®



Super Floor Deck® adalah bahan lembaran panel berbentuk plat gelombang yang terbuat dari baja struktural bermutu tinggi dengan High-tensile steel JIS 3302 (570 N/mm²), dan berfungsi sebagai bekisting tetap dan penulangan positif satu arah pada lantai beton bangunan bertingkat.

Tebal bahan yang tersedia adalah 0.75 mm dan 1.00 mm dengan lapisan seng minimum 220 gr/m².

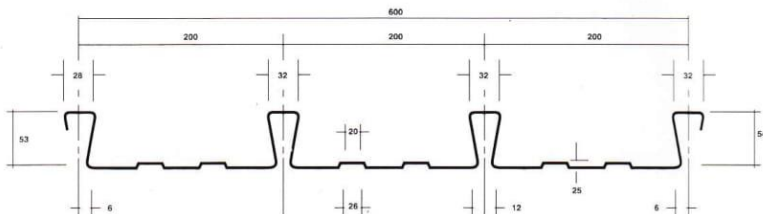
Super Floor Deck® dapat dipesan sesuai panjang yang dibutuhkan. Untuk memudahkan dalam pemasangan dan pengangkutan, dianjurkan panjang maximum 12 meter.

KEUNGGULAN-KEUNGGULAN **Super Floor Deck**®

- pemasangan yang cepat dan mudah.
- Sebagai pengganti tulangan positif searah.
- Ketahanannya terhadap kebakaran lebih baik.
- Dapat difinishing dengan cat sebagai plafond.
- Baja berkekuatan tinggi yang memberikan platform kerja yang lebih aman.

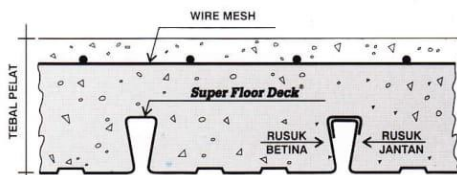
SPESIFIKASI

Bentuk gelombang dan ukuran **Super Floor Deck**®

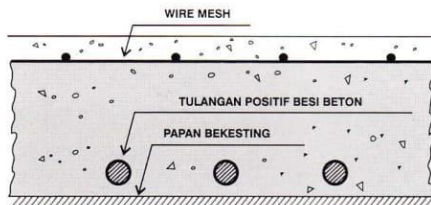


Berat per satuan luas : 10,10 Kg/M² untuk ketebalan 0,75 mm

Berat per satuan panjang : 6,06 Kg/M



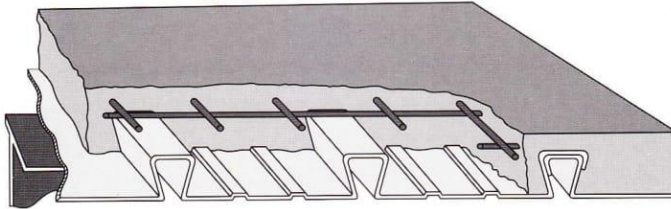
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON



KONVESIONAL PELAT BETON

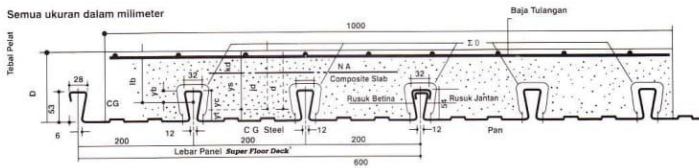
PERBANDINGAN	Jenis Bekisting	Bentang m	Beban kg/m ²	Tebal cm	Tulangan Positif
KONVENSIONAL PELAT BETON	Kayu	4.5	400	14	O 12 mm
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON	Super Floor Deck ®	4.5	400	11	Tidak Perlu

Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam millimeter



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu tuang beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck®** PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh			Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc	Yt	Ip	Zpc	Zpt	Znc	Znt	Zot	10 mm perletakan		Pertambahan per 10 mm	Max KN	10 mm Ot Bearing	Pertambahan per 10 mm	Max KN	
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 ⁴ x mm ⁴	10 mm Ot Bearing	Incm, Per 10 mm KN	max KN	10 mm Ot Bearing	Incm, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19	

Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Znc = isem, dasar dek, dalam daerah momen negatif (bagangan tekan)

Ie = momen inersia ekivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes : In = isem untuk daerah momen negatif

Zpc = isem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (bagangan tekan)

Ip = Ip (1.26 - 0.26 Ip/in)

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (bagangan tarik)

Zpt = isem, dasar dek, dalam daerah momen positif (bagangan tarik)

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 MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT									
	200	300	400	500	600	700	1000	200	300	400	500	600	700	1000	200	300	400	500	600	700	1000									
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD K/CM ²	200	300	400	500	600	700	1000	200	300	400	500	600	700	1000	200	300	400	500	600	700	1000									
TUNJANG PENYANGGA PROFILING	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									
	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN	SPAN									
TANDA PENTING NO PROF	1.50	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	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53									
2.00	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	10	3.65								
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	3.89	11	4.35	11	4.81							
2.50	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.25	14	3.62	9	4.11							
2.75	10	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74								
3.00	10	10	10	10	10	11	12	13	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74										
3.25	11	11	11	11	12	13	14	10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22											
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												
3.75	13	13	13	13	14		11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09														
4.00	14	14	14	14	15		12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55														
4.50							13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53																
5.00							15	6.20	15	7.27	15	8.90																		

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



Innovation and Trust



BROCHURE

THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



PT CITRA LAUTAN TEDUH



PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

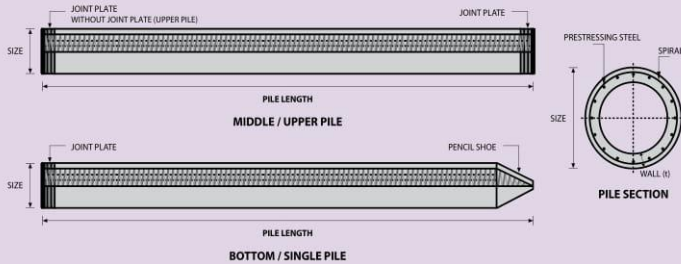
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	S5400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f'_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)	
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)				
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12	
						A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14	
						C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13	
						A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15	
						C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14	
						A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16	
						C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14	
						A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16	
						B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
						C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15	
						A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17	
						B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
						C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16	
						A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18	
						B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
						C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20	
						A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22	
						B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
						C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22	
						A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24	
						B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24	
						A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24	
						B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
						C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

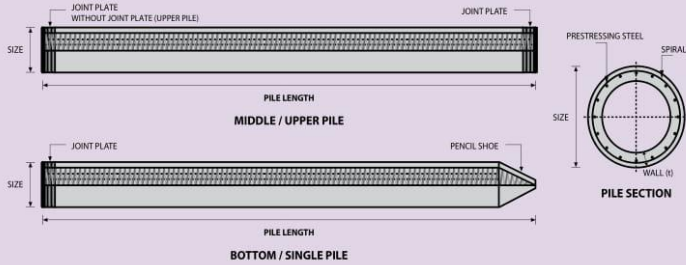
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
						A3	3.00	4.50	70.75	29.86
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
						C	4.00	8.00	65.40	49.66
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
						A3	4.20	6.30	89.50	37.50
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
						C	6.00	12.00	85.00	60.87
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
						A3	6.50	9.75	117.60	45.51
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
						C	9.00	18.00	111.50	80.94
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
						A2	8.50	12.75	145.80	53.39
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
						B	11.00	19.80	139.10	78.84
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
						A2	12.50	18.75	181.70	68.49
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
						B	15.00	27.00	174.90	94.13
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
						A2	19.00	28.50	249.00	77.68
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
						B	25.00	45.00	238.30	131.10
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
						A2	46.00	69.00	406.10	151.02
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
						B	55.00	99.00	388.61	215.80
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
						A2	82.00	123.00	601.27	215.16
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
						B	105.00	189.00	575.33	311.26
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
						A2	130.00	195.00	794.50	252.10
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
						B	170.00	306.00	751.90	409.60
C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24					

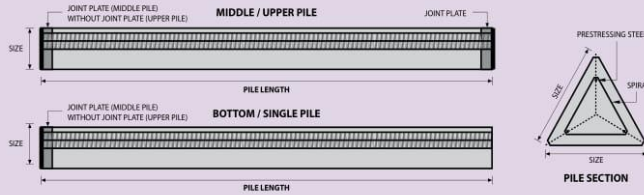
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



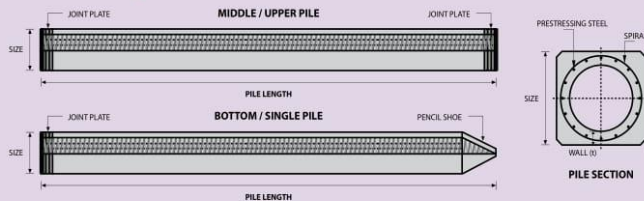
PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Size (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	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

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PRODUCT APPLICATION



Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory



Piles for Marine Structure



Piles Foundation for Building



Piles Foundation for Bridges

LAMPIRAN C
DATA TANAH

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TESTANA ENGINEERING, Inc.

BORING LOG (1)BOREHOLE # : **BH-1**PROJECT : **Darmo Hill Apartment**DATE OF TEST : **April 15 - 22, 2015**GROUND WATER LEVEL : **Not detected.**LOCATION : **Darmo Hill, Jl. Pakis Argosari - Surabaya**DEPTH : **60.0 m**GROUND SURFACE LEVEL : **± 0.00 m**

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr	
		TYPE	c/c'	φ / φ'	φ / φ'	0	20	40	60	80	100					
0	Top soil															
1																
2																
3	Clay and silt, greyish brown, inorganic, trace of sand, medium consistency					UCT	0.23	-	24	44	62	1.61	2.53	1.26	88	
4						CU(E)	0.05	22								
5																
6																
7	Clay and silt, yellowish brown, inorganic, trace of sand, medium consistency					UCT	0.38	-	36	45	82	1.60	2.52	1.28	88	
8						CU(E)	0.11	24								
9																
10																
11	Clay and silt, yellowish brown mottled with grey, inorganic, trace of sand, medium consistency															
12																
13																
14																
15																
16																
17						UU	0.58	5	33	42	90	1.66	2.52	1.16	92	
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25	Clay and silt, greenish grey to grey, trace of sand, stiff to very stiff consistency															
26						UCT	0.66	-	29	40	88	1.69	2.58	1.14	91	
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37						UCT	1.04	-	34	42	97	1.75	2.66	1.16	96	
38																
39																
40																

NOTE :

0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And

▨ = Fairly Undisturbed Samples
 ▩ = Undisturbed Samples
 ▧ = SPT
 C = Cohesion intercept, kg/cm²
 φ = Internal friction angle, deg

UU = Unconsolidated Undrained
 CU = Consolidated Undrained
 CD = Consolidated Drained
 SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)
 qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm²

○ = Wn = Moisture content, %
 ● = Wp = Plastic limit, %
 △ = Wt = Liquid limit, %
 γ = Bulk density, t/m³
 Gs = Specific gravity
 eo = Void ratio



TESTANA ENGINEERING, Inc.

BORING LOG (2)BOREHOLE # : **BH-1**PROJECT : **Darmo Hill Apartment**DATE OF TEST : **April 15 - 22, 2015**GROUND WATER LEVEL : **Not detected.**LOCATION : **Darmo Hill, Jl. Pakis Argosari - Surabaya**DEPTH : **60.0 m**GROUND SURFACE LEVEL : **± 0.00 m**

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr		
		0	10	20	30	40	TYPE	c / c'	φ / φ'	0	20	40					60	80
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
47																		
48																		
49	Clay and silt, greenish grey to grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																	
50																		
51																		
52																		
53																		
54																		
55																		
56																		
57																		
58																		
59																		
60		End of Boring																

NOTE :

0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And

■ = Fairly Undisturbed Samples
 ▨ = Undisturbed Samples
 □ = SPT
 C = Cohesion intercept, kg/cm²
 φ = Internal friction angle, deg

UU = Unconsolidated Undrained
 CU = Consolidated Undrained
 CD = Consolidated Drained
 SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)
 qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm²

○ = Wn = Moisture content, %
 ● = Wp = Plastic limit, %
 Δ = Wt = Liquid limit, %
 γ = Bulk density, t/m³
 Gs = Specific gravity
 eo = Void ratio

Tabel C.1 Rekapitulasi Kontrol Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi	Px	Hx	Hy	Mx	My	n	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
ID+IL	5677,142857	0,5855	53,47	24,14	4,77	4	1419,286	1,325	6,706	1427,316	1435,8022	ok
D	3904,571429	0,56	43,15	20,9	0,9776	4	976,143	0,272	5,806	982,220	1435,8022	ok
D+0,75L	5210,285714	0,58	50,88	37,7	3,125	4	1302,571	0,868	10,472	1313,912	1435,8022	ok
D+0,7EY Max	2601,714286	29,6	16,67	439,7	221	4	650,429	61,389	122,139	833,956	1435,8022	ok
D+0,7EX Max	3262,285714	71,76	25,8	212	549	4	815,571	152,500	58,889	1026,960	1435,8022	ok
D+0,7EX+L Max	4591,428571	71,78	33,56	210	552	4	1147,857	153,333	58,333	1359,524	1435,8022	ok
D+0,7EY+L Max	3930,857143	29,63	24,4	437	224	4	982,714	62,222	121,389	1166,325	1435,8022	ok
0,6D+0,7EX Max	2976	71,5	8,56	221	549	4	744,000	152,500	61,389	957,889	1435,8022	ok
0,6D+0,7EY Max	1819	29,4	0,58	319	219	4	454,750	60,833	88,611	604,194	1435,8022	ok

Tabel C.2 Rekapitulasi Kontrol Tiang Pancang Tipe 2

Kombinasi	P (Kn)	Mx	My	n	P/n	My x Xma	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
1D+1L	14323,743	199,881	53,826	14	1023,1245	4,271905	5,94882738	1033,34523	1110,17864	ok
D	14835,96675	224,349	33,968	14	1059,711911	2,695873	6,67704762	1069,08483	1110,17864	ok
D+0,75L	14922,06666	340,466	110,3636	14	1065,861904	8,759016	10,1329048	1084,75382	1110,17864	ok
D+0,7EY Max	10617,1471	2112,58	970,1653	14	758,36765	76,99725	62,8743214	898,239217	1110,17864	ok
D+0,7EX Max	9834,66525	991,578	2052,525	14	702,4760893	162,8988	29,5112351	894,886134	1110,17864	ok
D+0,7EX+L Max	11276,80488	1169,76	2273,7597	14	805,4860629	180,4571	34,8141815	1020,75736	1110,17864	ok
D+0,7EY+L Max	12687,06668	2206,83	993,1842	14	906,2190482	78,82414	65,6793244	1050,72252	1110,17864	ok
0,6D+0,7EX Max	8357,5924	1117,57	2275,8015	14	596,9708857	180,6192	33,2609911	810,851043	1110,17864	ok
0,6D+0,7EY Max	7217,7657	2154,64	995,2261	14	515,5546929	78,9862	64,126128	658,667019	1110,17864	ok

LAMPIRAN D
GAMBAR



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

SITE PLAN APARTEMEN
DARMO HILL

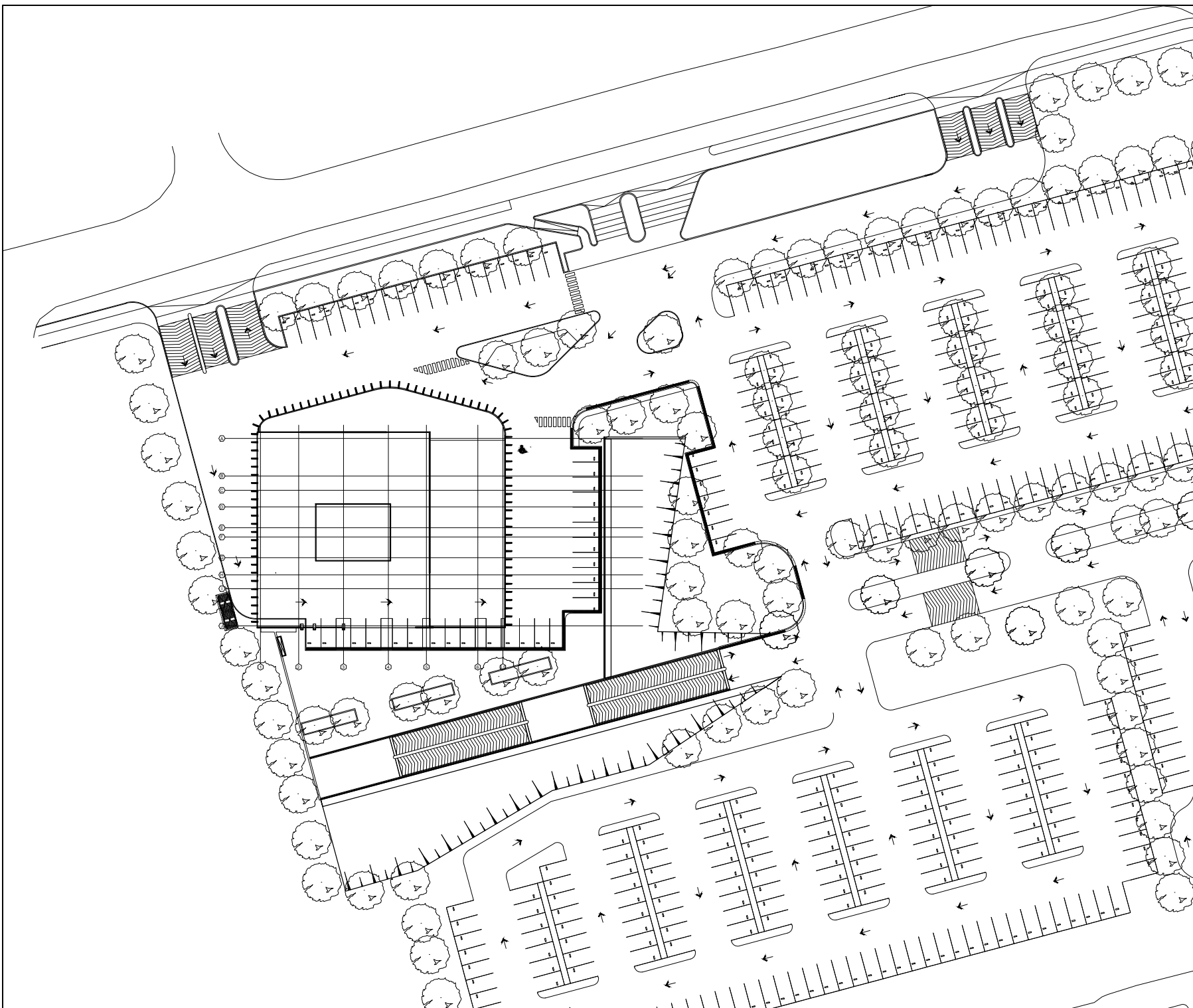
SKALA | **KODE GAMBAR**

1 : 800 | ARS

NO GAMBAR

02

51





PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
03111540000046

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI BASEMENT
EKSISTING

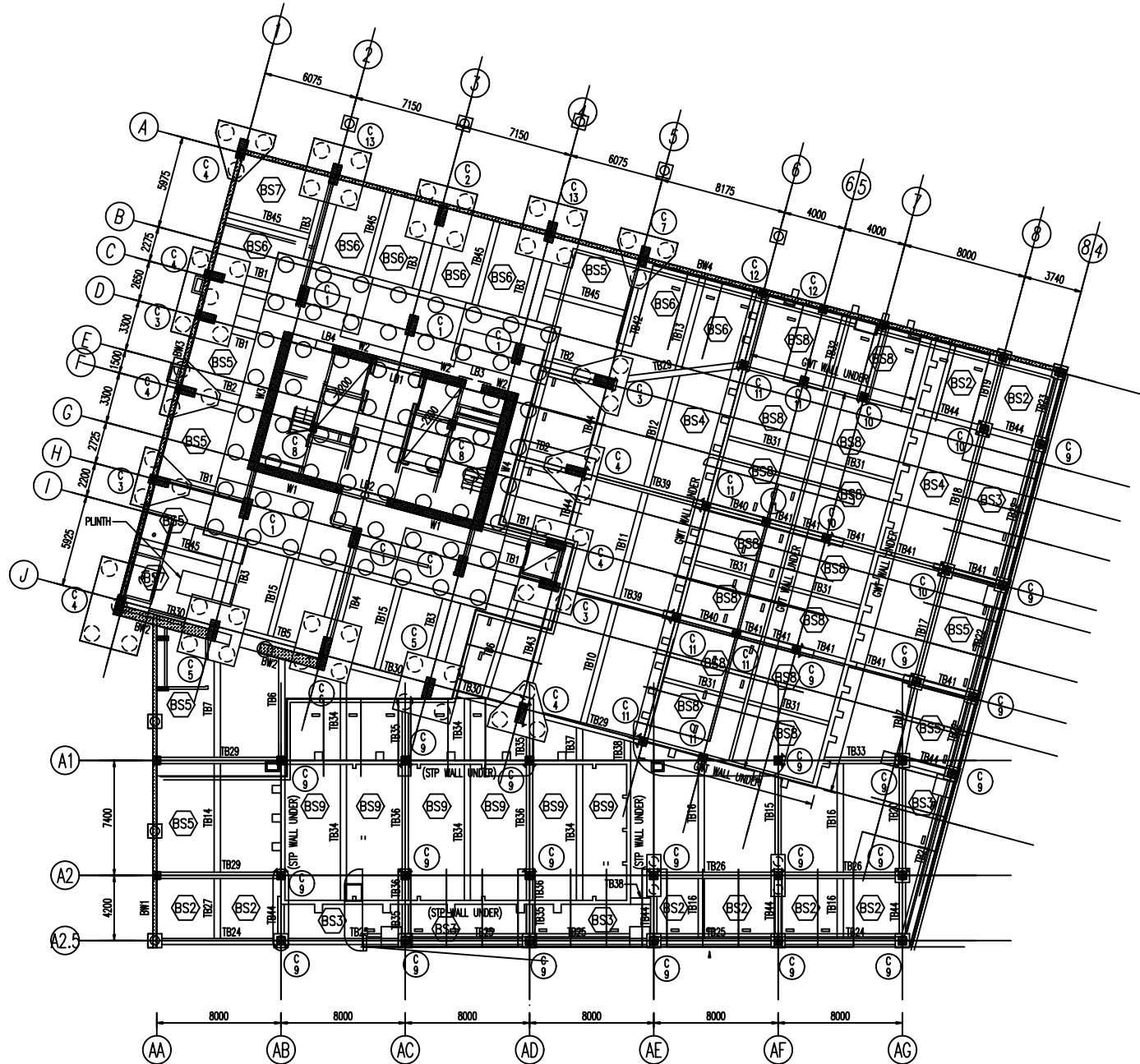
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 400 | STR

NO GAMBAR

03

51



1 DENAH EKSISTING
BASEMENT
A-03 1:400



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH LOWER GROUND
EKSISTING

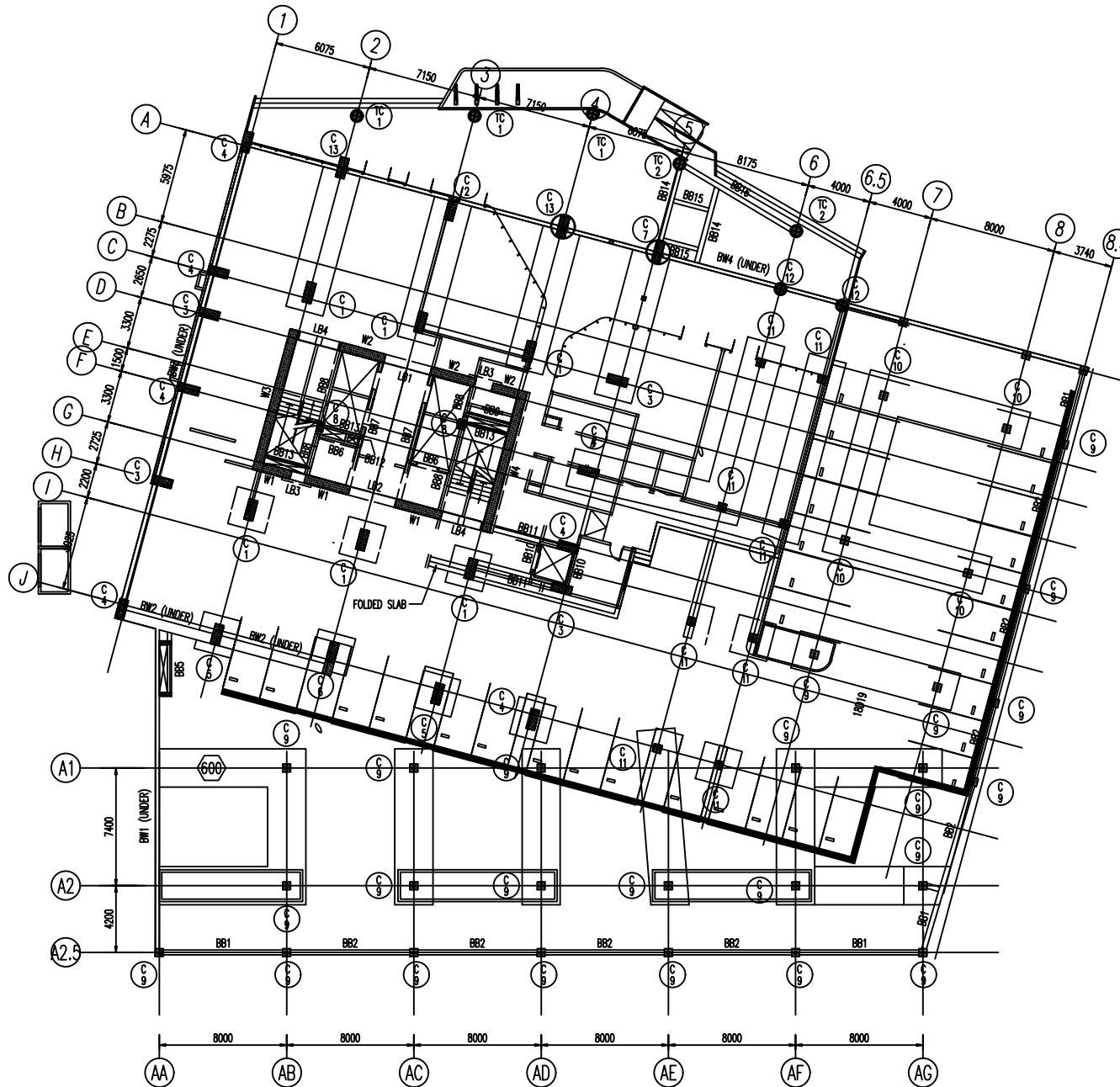
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 400 | STR

NO GAMBAR

04

51



1
A-04 1:400
DENAH EKSISTING
LOWER GROUND



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH GROUND EKSTING

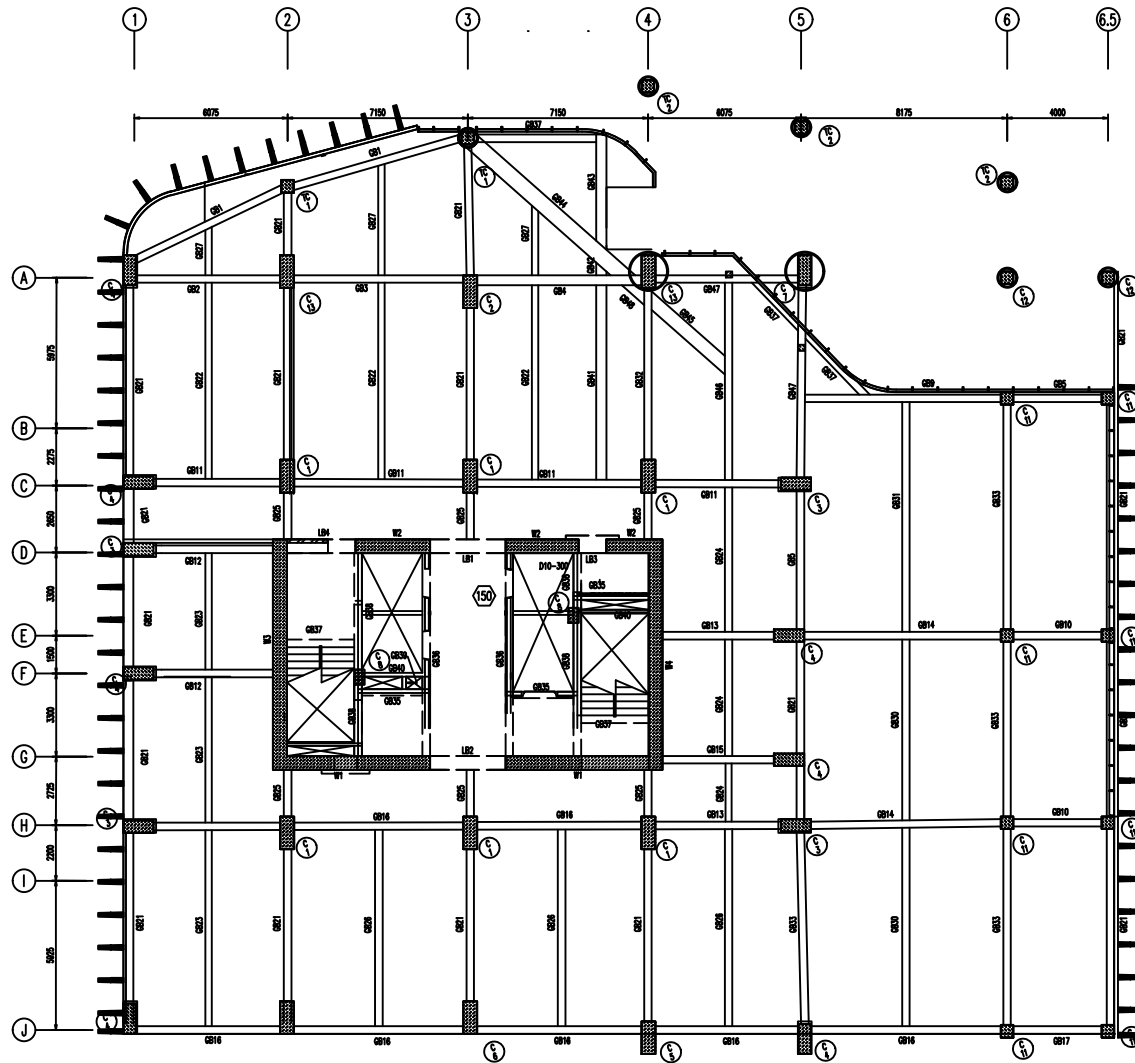
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

05

51



1 DENAH EKSTING
GROUND
A-05 1:300



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH UPPER GROUND
EKSISTING

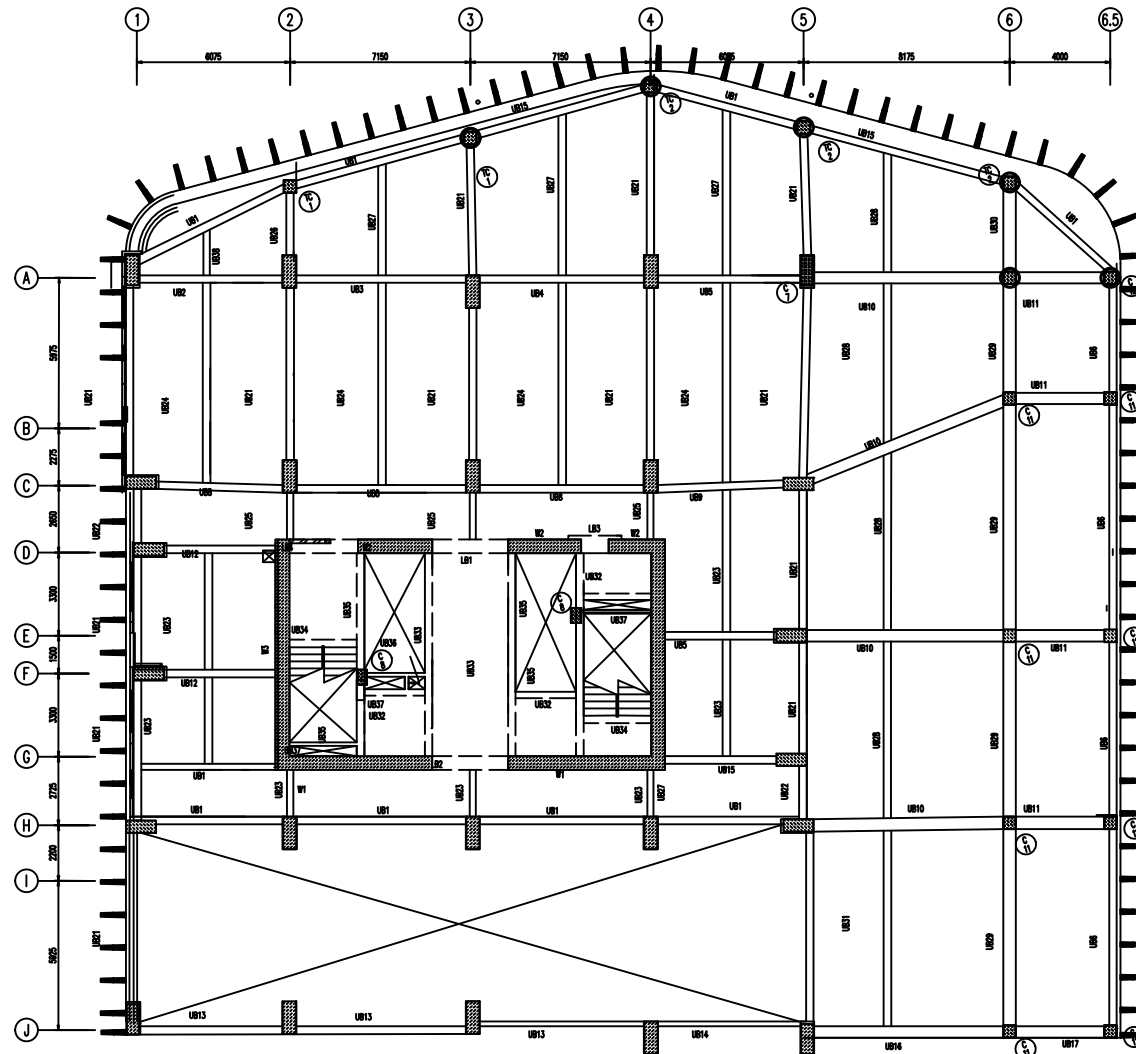
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

06

51



1 DENAH EKSISTING
UPPER GROUND
A-06 1:300



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

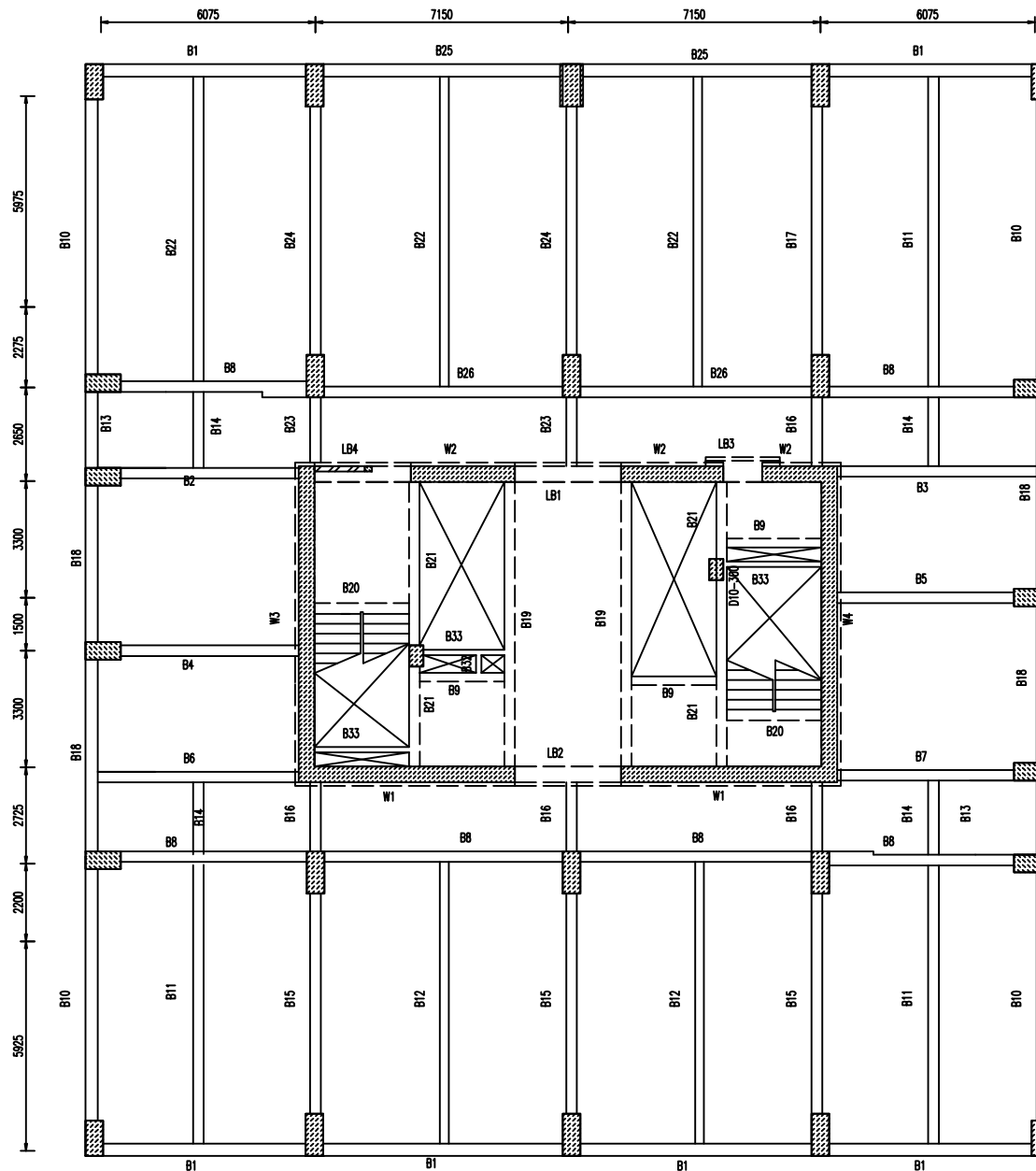
DENAH LANTAI 1-33
EKSISTING

SKALA | KODE GAMBAR

1 : 200 | STR

NO GAMBAR

07 | 51



DENAH EKSISTING LANTAI 1-33

1

A-07 1:200



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

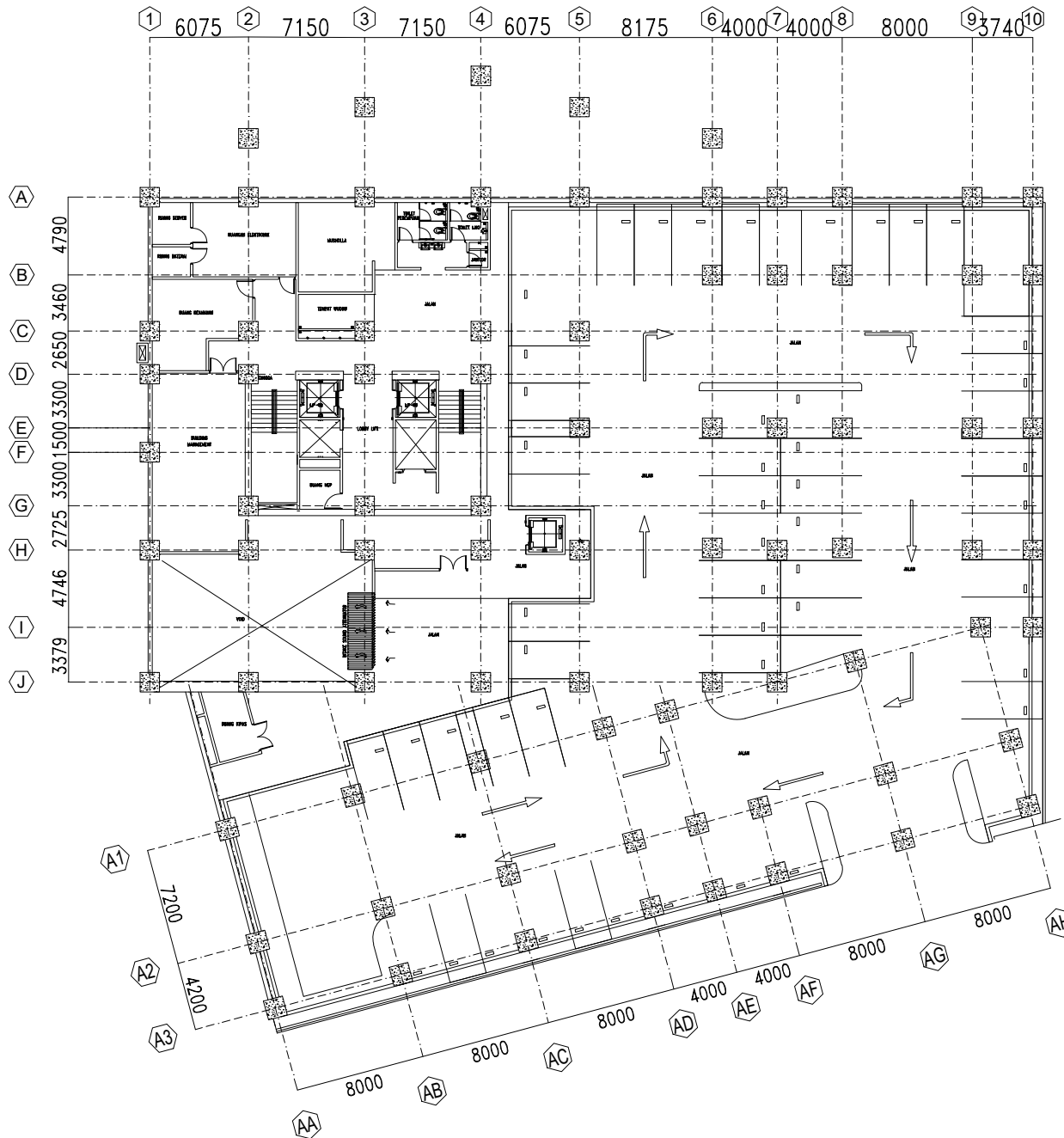
DENAH LANTAI BASEMENT

SKALA | KODE GAMBAR

1 : 400 | ARS

NO GAMBAR

08 | 51



1
A-08 1:400
DENAH LANTAI
BASEMENT



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

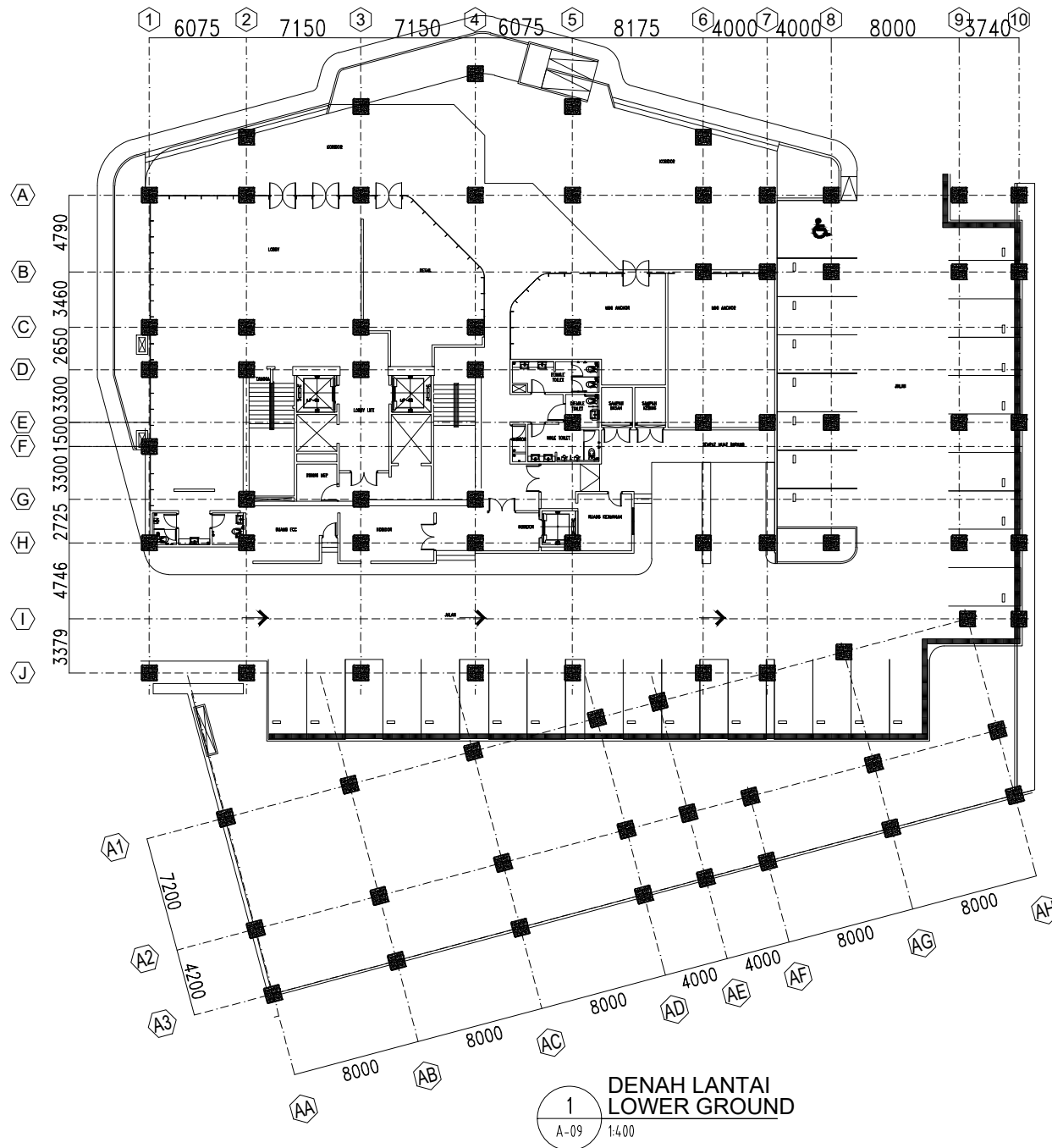
DENAH LANTAI LOWER
GROUND

SKALA | KODE GAMBAR

1 : 400 | ARS

NO GAMBAR

09 | 51



1 DENAH LANTAI
LOWER GROUND
A-09 1:400



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI GROUND

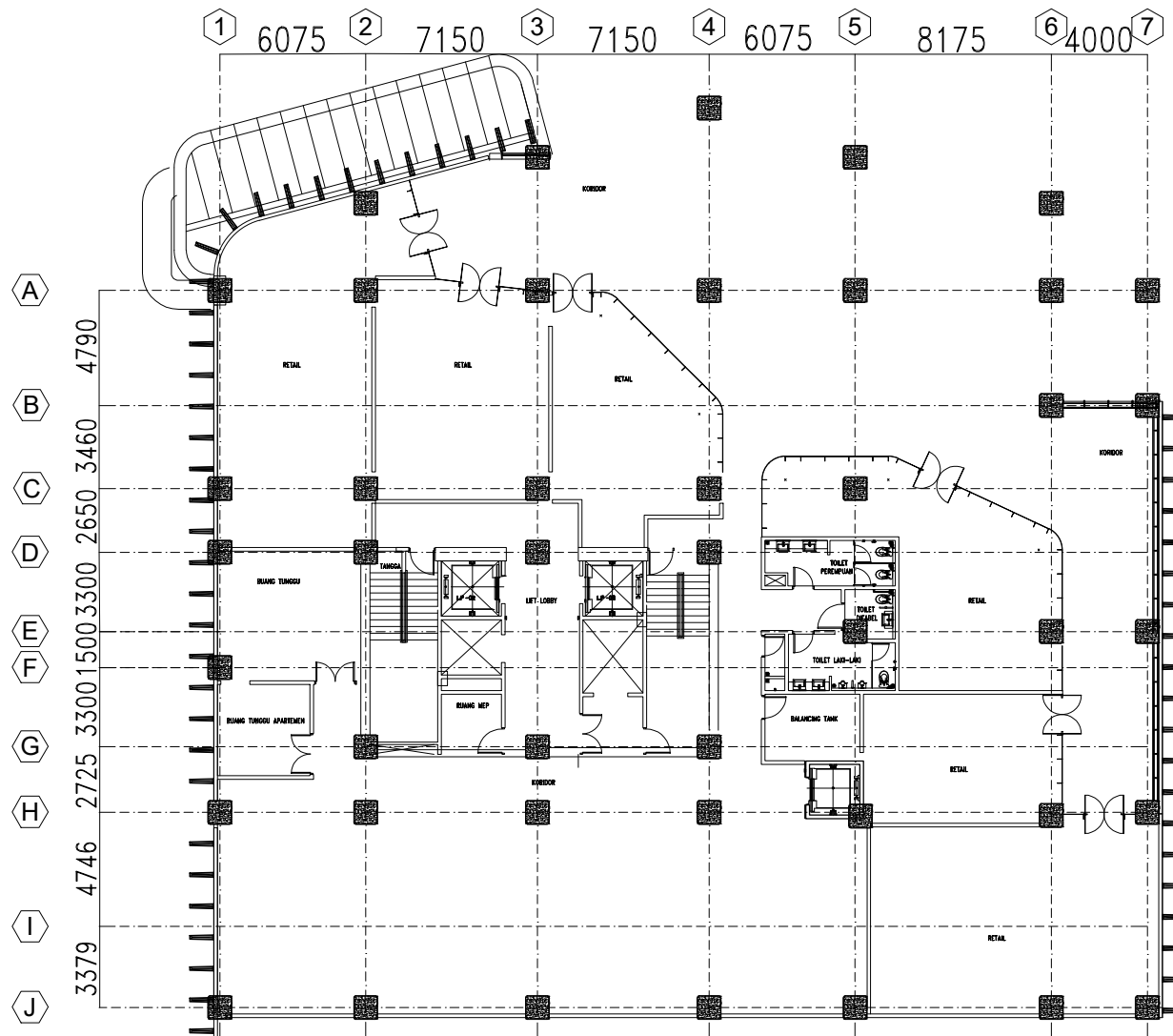
SKALA KODE GAMBAR

1 : 300 ARS

NO GAMBAR

10

51



1
A-10
DENAH LANTAI
GROUND
1:300



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

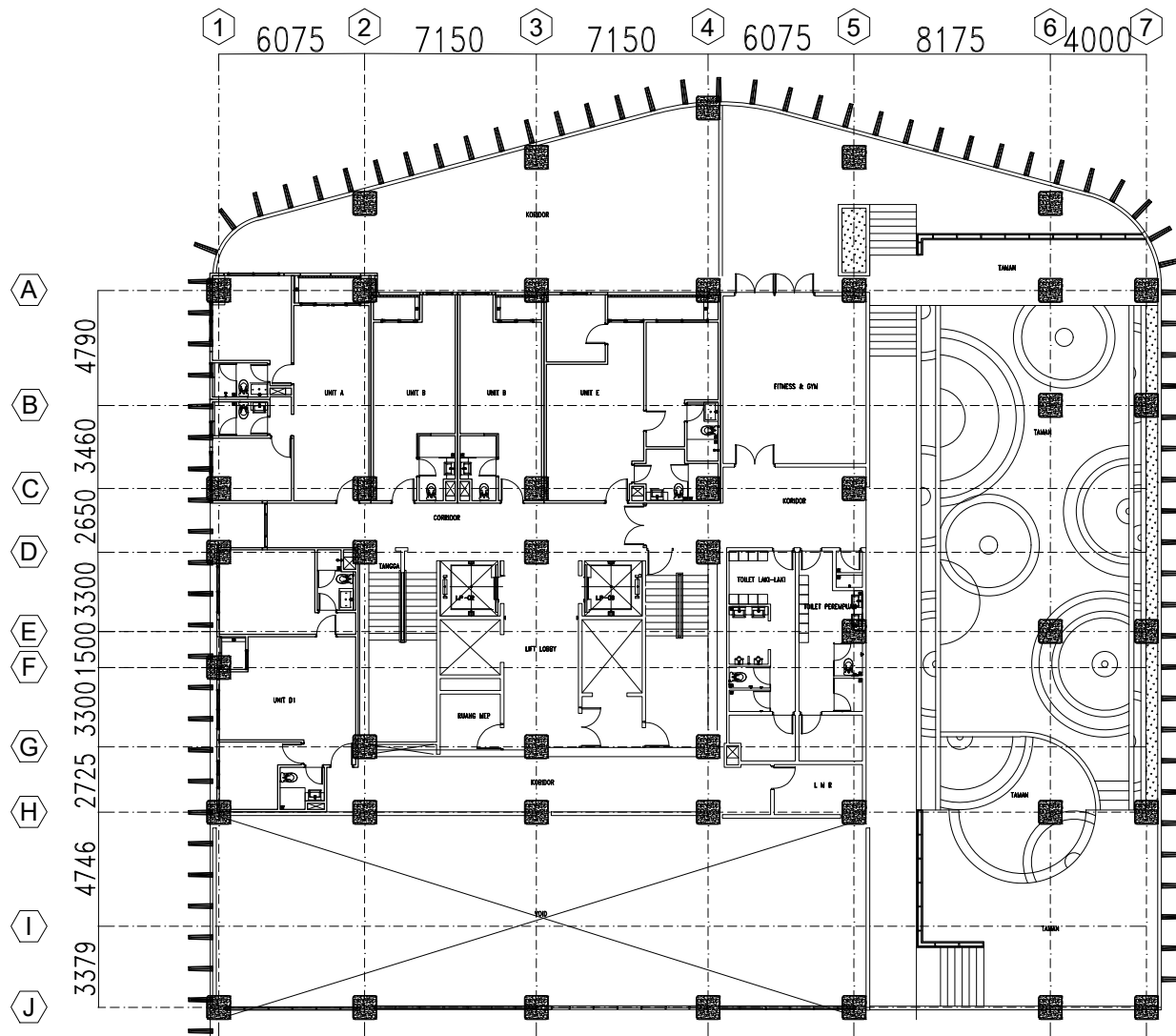
DENAH LANTAI UPPER
 GROUND

SKALA KODE GAMBAR

1 : 300 ARS

NO GAMBAR

11 51



1 DENAH LANTAI
 UPPER GROUND
 A-11 1:300



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

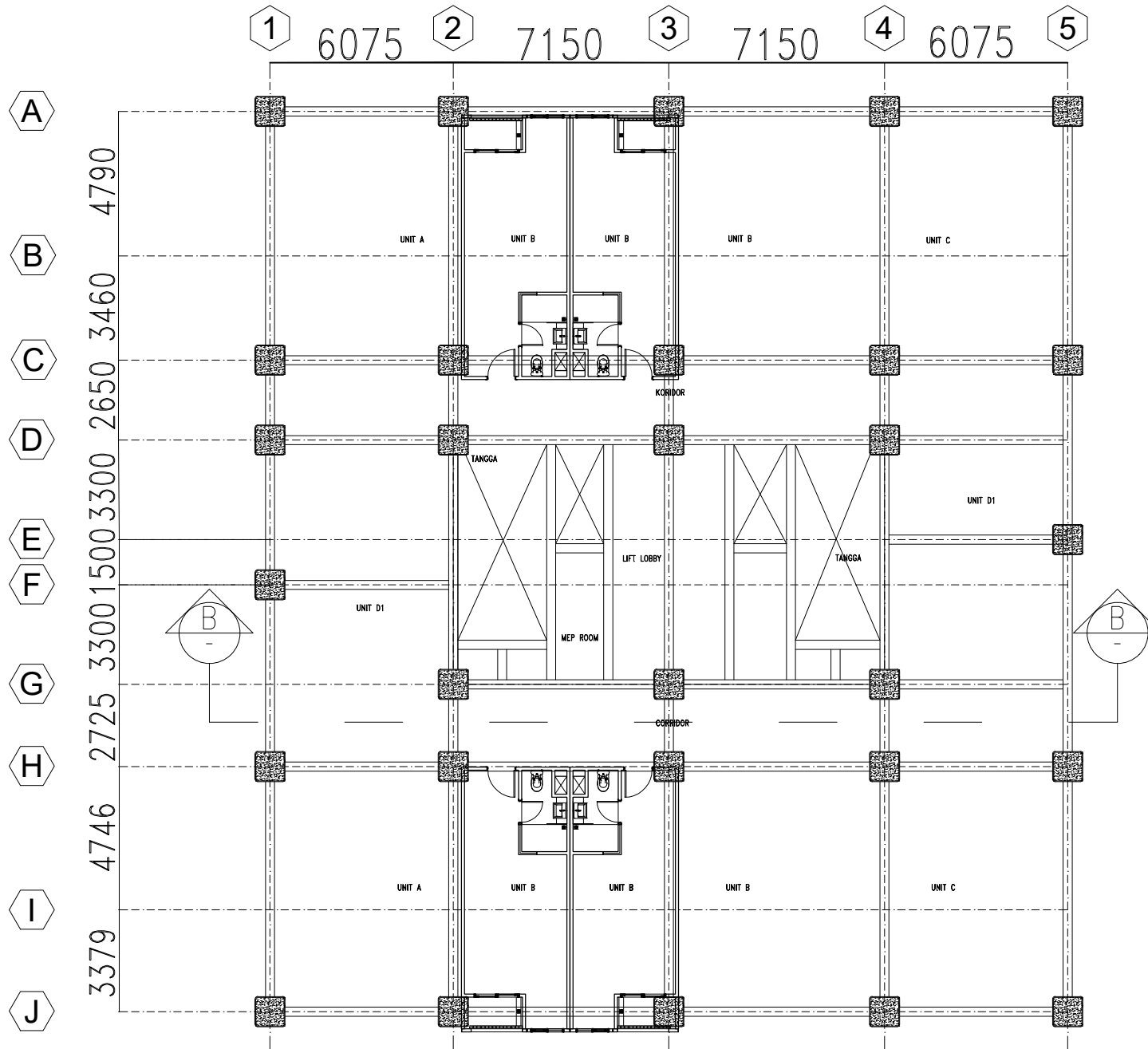
DENAH LANTAI LT 1 - 33

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 200	ARS
---------	-----

NO GAMBAR

12	51
----	----



**DENAH LANTAI
 LANTAI 1-32**
 1
 A-12 1:200



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI
BASEMENT

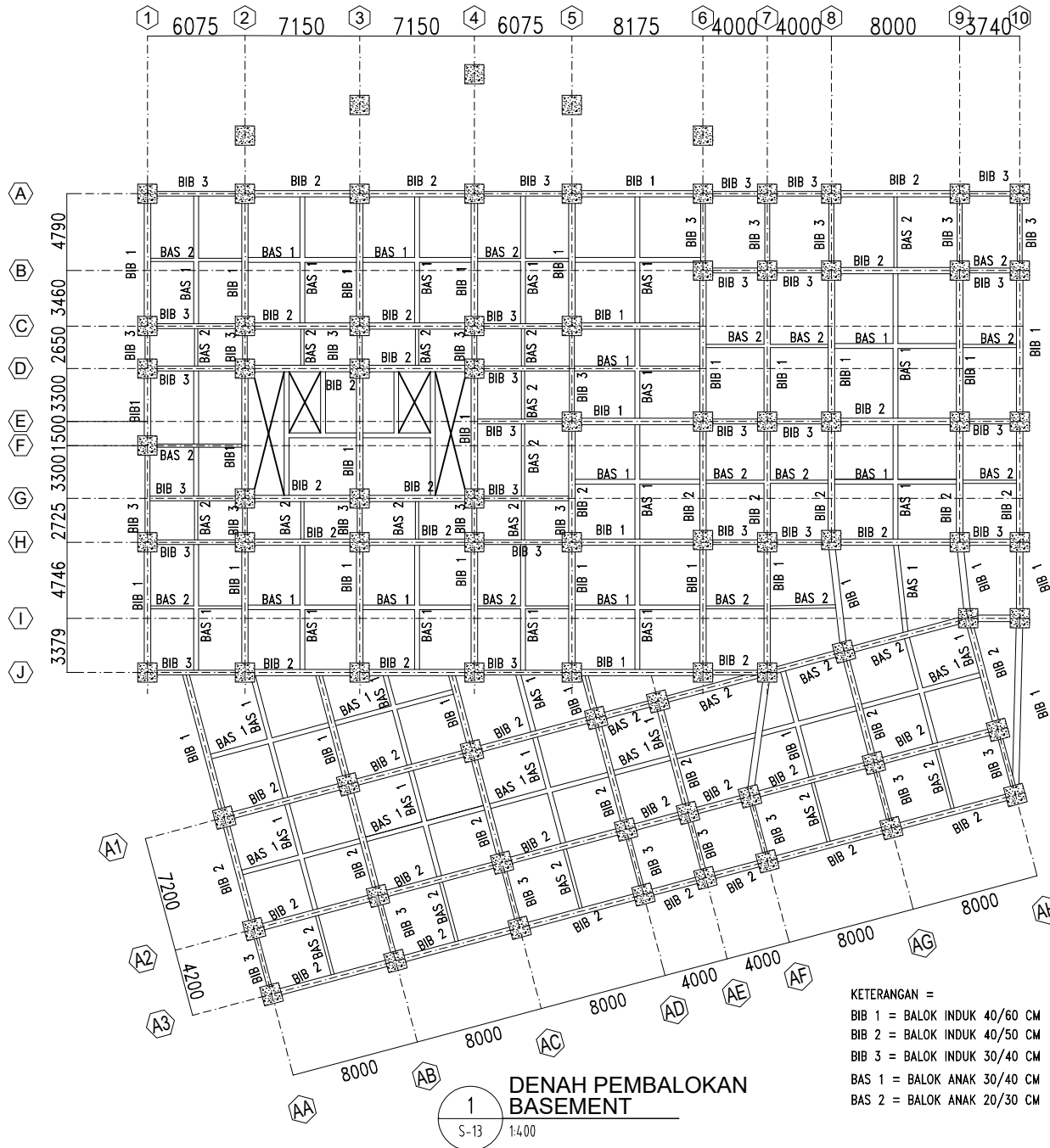
SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 400 STR

NO GAMBAR

13

51



BIB 3



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

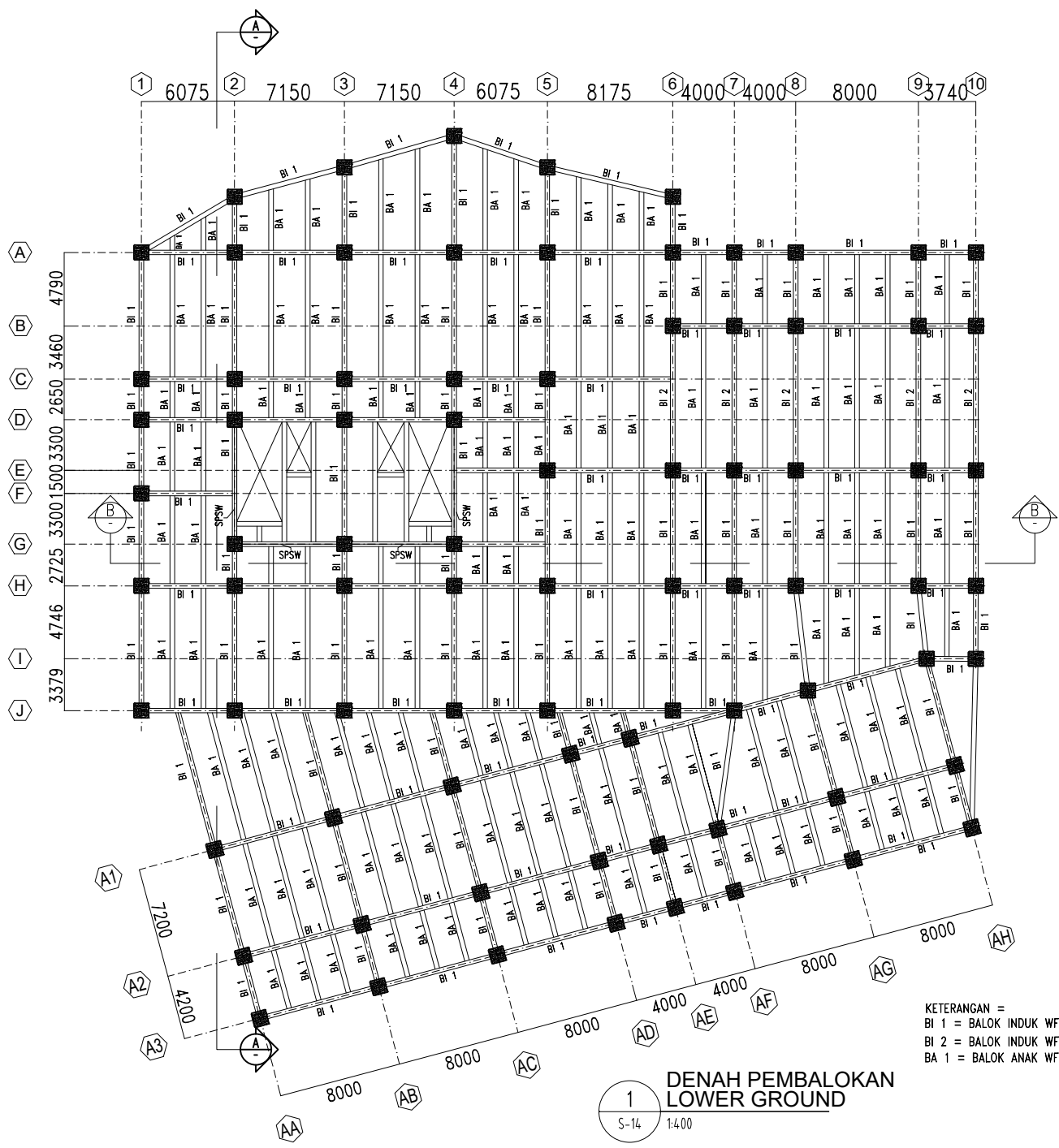
DENAH PEMBALOKAN LOWER
 GROUND

SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 400 STR

NO GAMBAR

14 51



1
 DENAH PEMBALOKAN
 LOWER GROUND
 S-14 1:400

KETERANGAN =
 BI 1 = BALOK INDUK WF 800X300X16X30
 BI 2 = BALOK INDUK WF 800X300X16X30
 BA 1 = BALOK ANAK WF 600X200X10X15



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI
GROUND

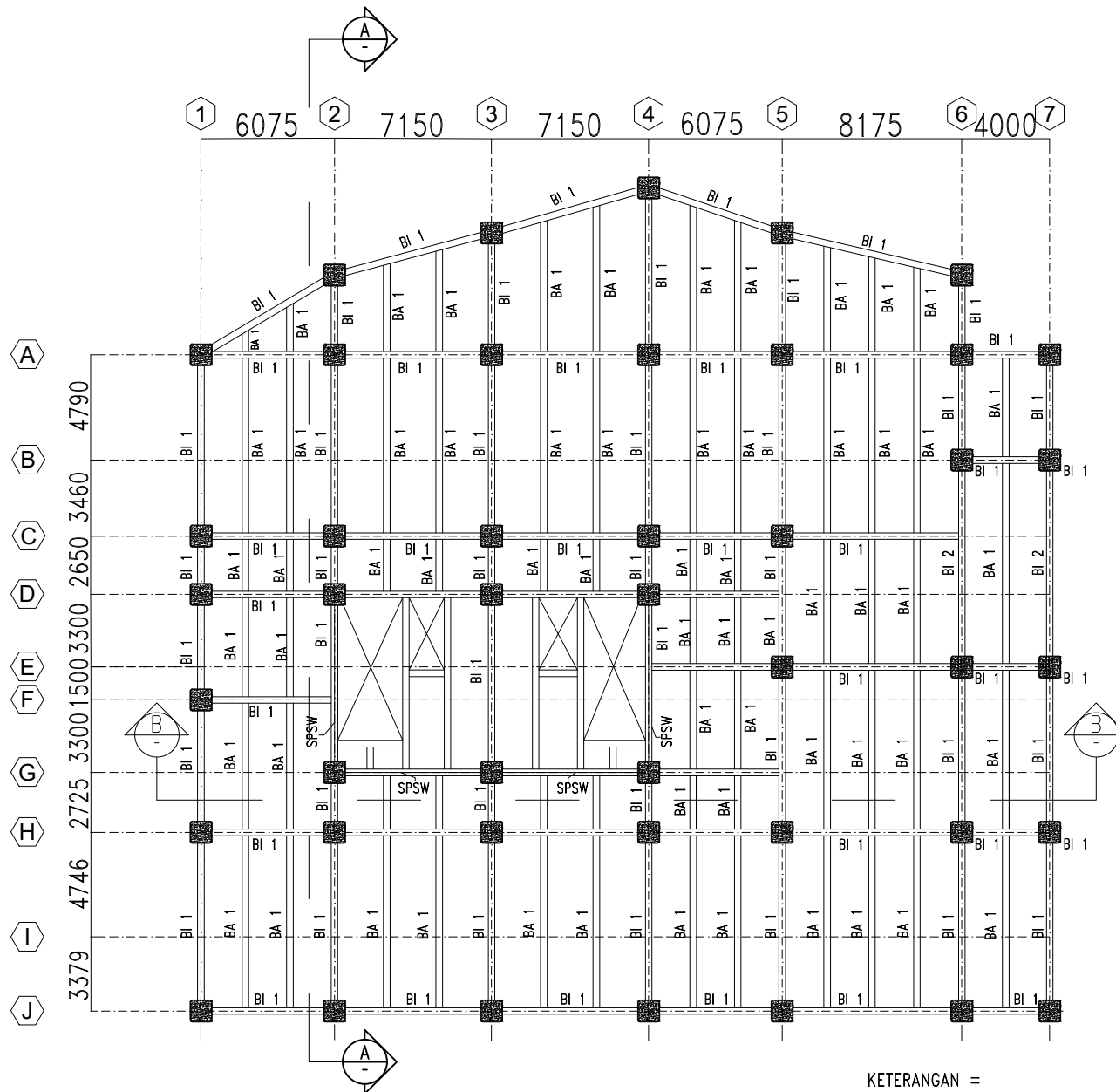
SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 300 STR

NO GAMBAR

15

51



1
S-15

**DENAH PEMBALOKAN
GROUND**

1:300

KETERANGAN =

BI 1 = BALOK INDUK WF 800X300X16X30

BI 2 = BALOK INDUK WF 800X300X16X30

BA 1 = BALOK ANAK WF 600X200X10X15



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI BASEMENT
EKSISTING

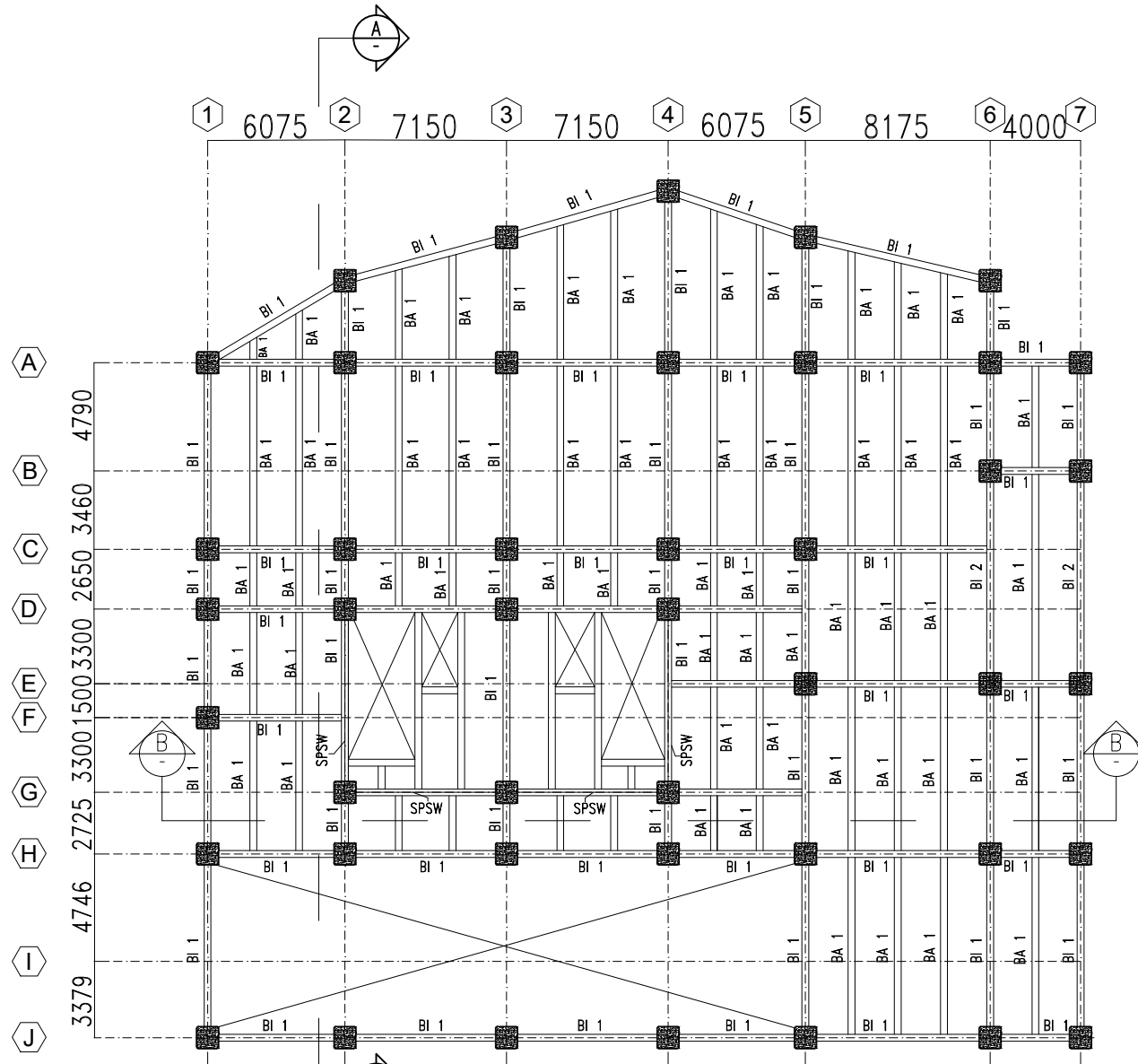
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

16

51



1
S-16

DENAH PEMBALOKAN UPPER GROUND

1:300

KETERANGAN =

BI 1 = BALOK INDUK WF 800X300X16X30
BA 1 = BALOK ANAK WF 600X200X10X15



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

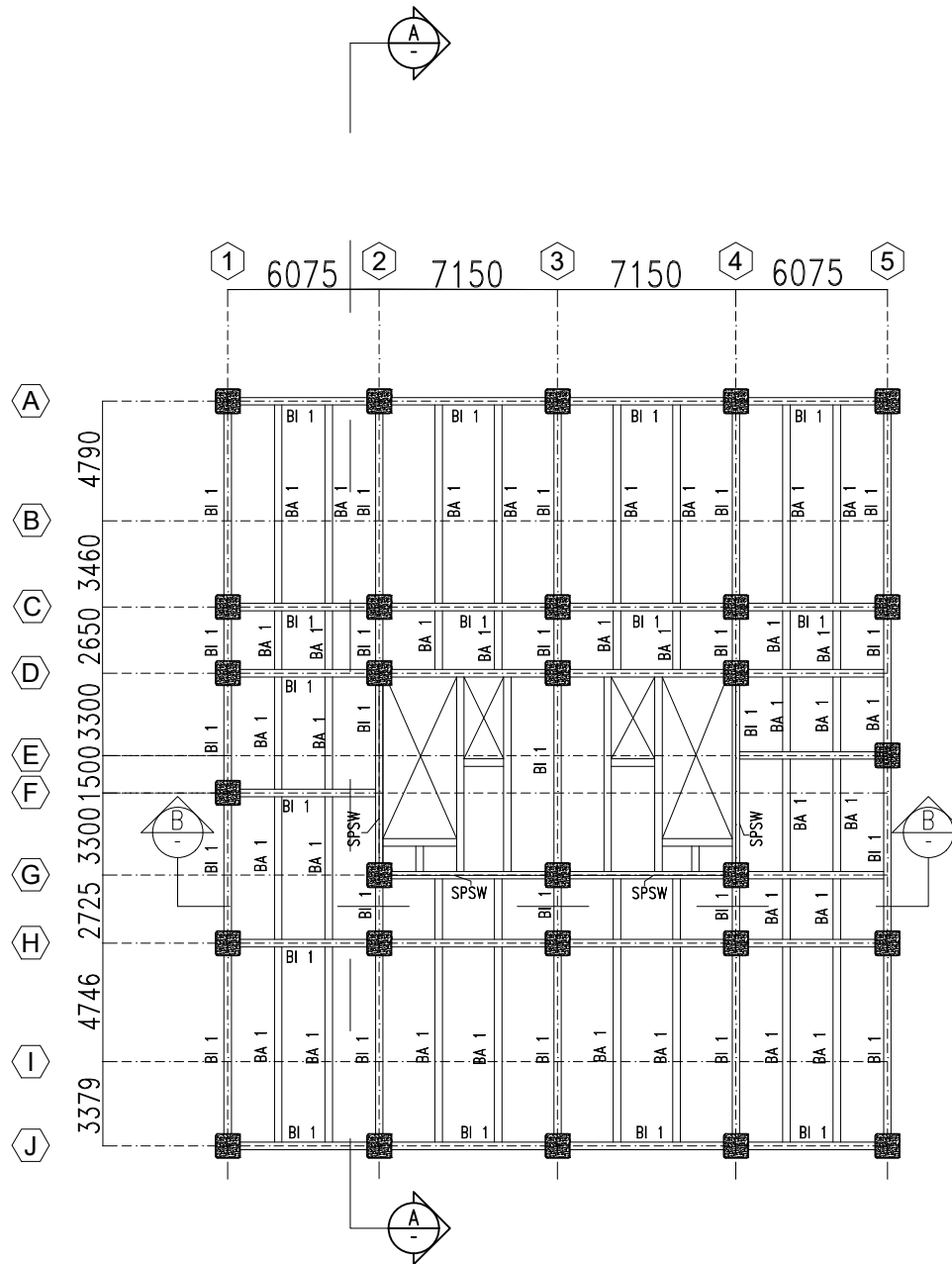
DENAH PEMBALOKAN LANTAI
1 - 33

SKALA KODE GAMBAR

1 : 300 STR

NO GAMBAR

17 51



**DENAH PEMBALOKAN
LT 1-32**
S-17 1:300

KETERANGAN =
BI 1 = BALOK INDUK WF 800X300X16X30
BA 1 = BALOK ANAK WF 600X200X10X15



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI
ATAP

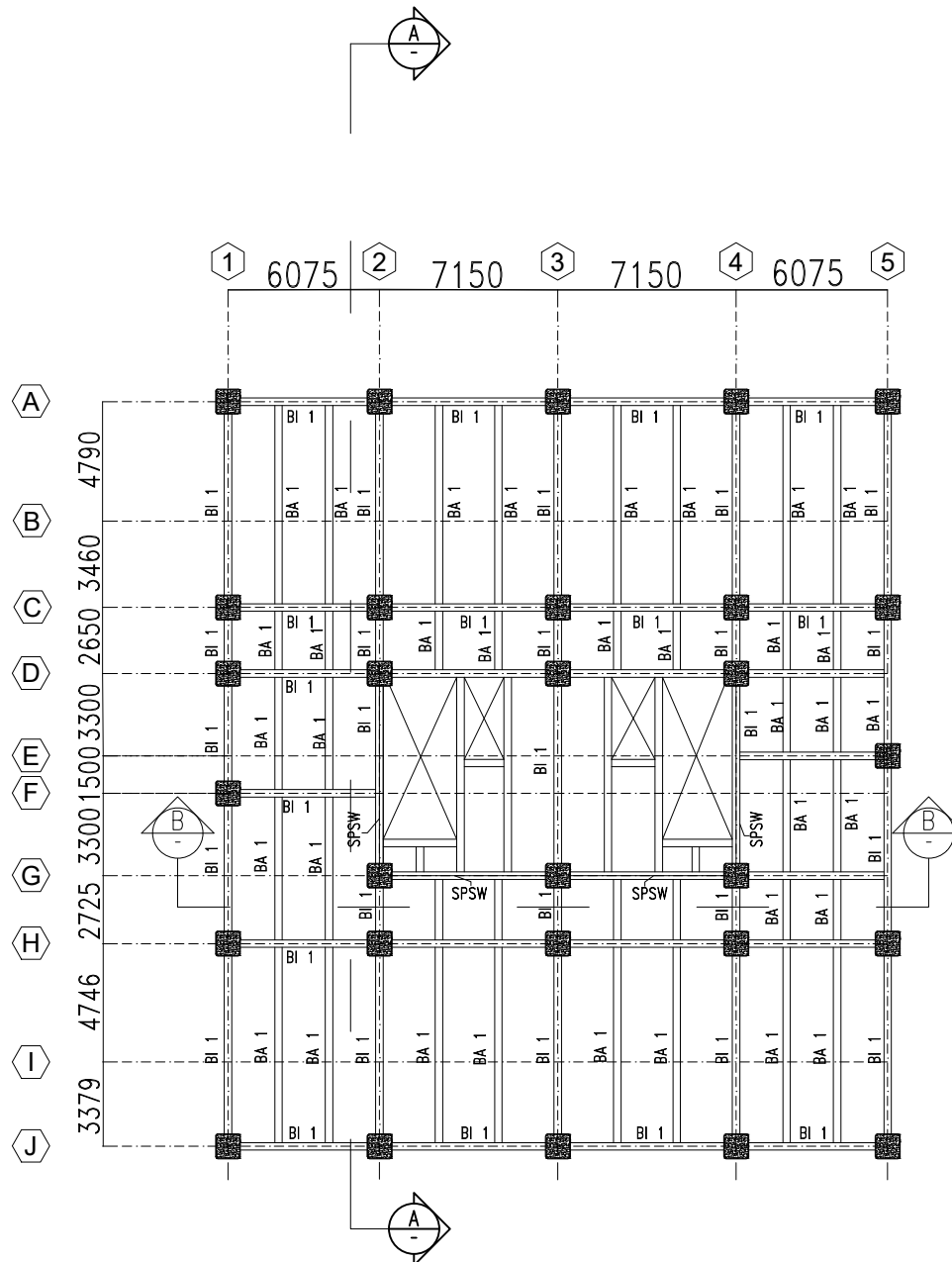
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

18

51



1 DENAH PEMBALOKAN
LT ATAP
S-18 1:300

KETERANGAN =

BI 1 = BALOK INDUK WF 600X300X14X23
BA 1 = BALOK ANAK WF 400X200X7X11



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM BASEMENT

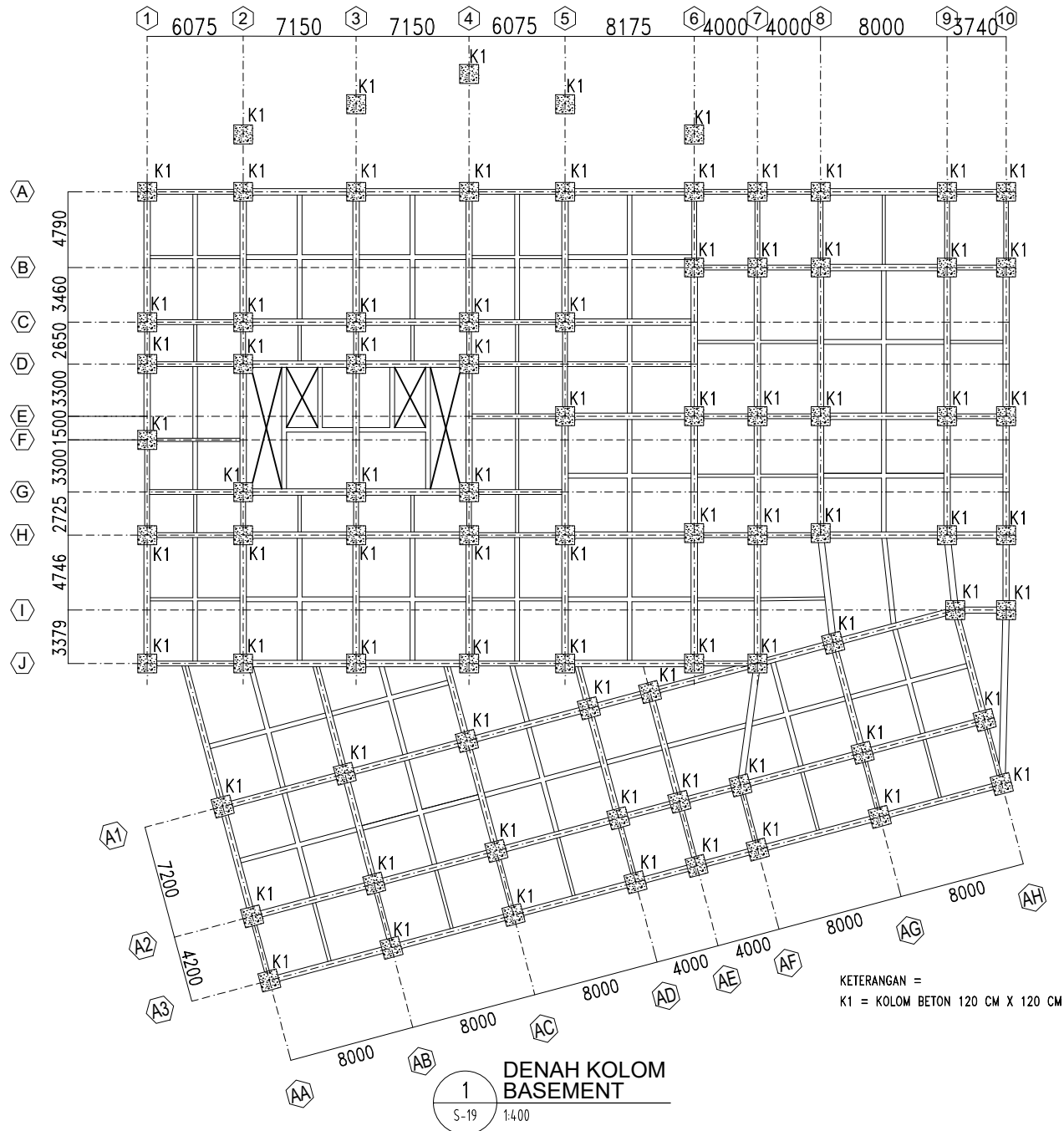
SKALA KODE GAMBAR

1 : 400 STR

NO GAMBAR

19

51





PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LOWER
 GROUND

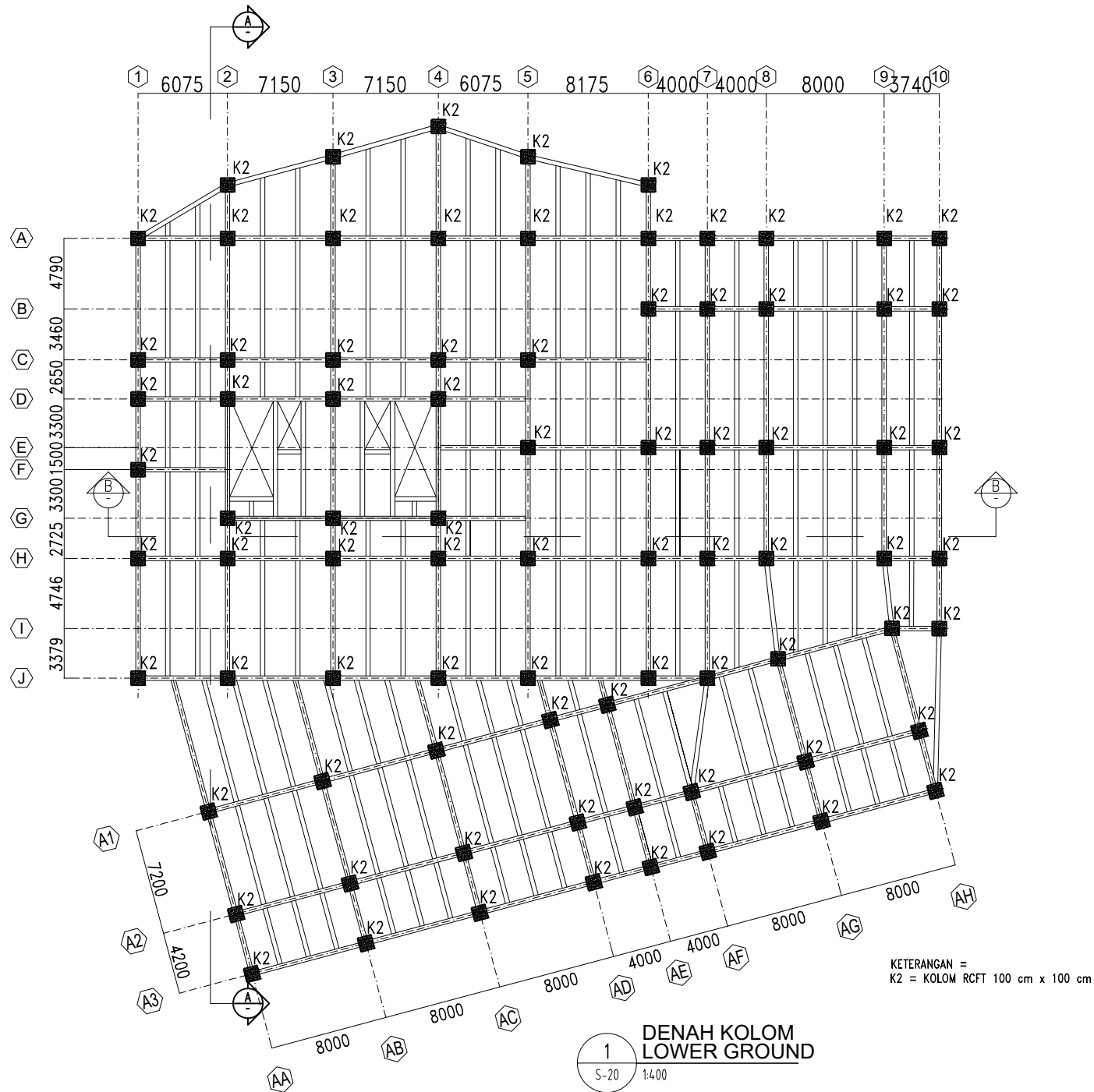
SKALA KODE GAMBAR

1 : 400 STR

NO GAMBAR

20

51





PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

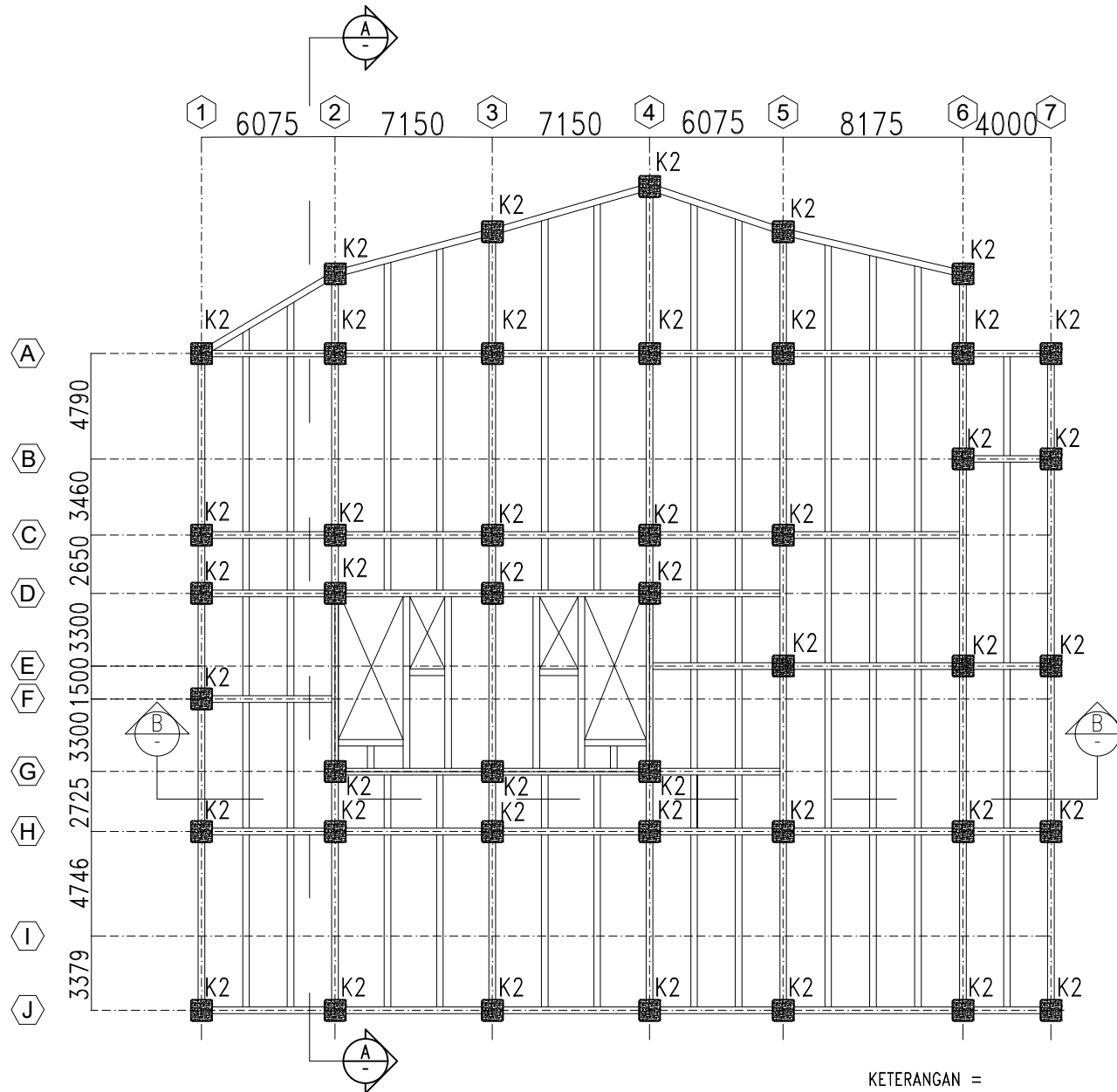
DENAH KOLOM LANTAI
 GROUND

SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

21 | 51



KETERANGAN =
 K2 = KOLOM RCFT 100 cm x 100 cm

1
DENAH KOLOM
GROUND
 S-21 1:300



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM UPPER
GROUND

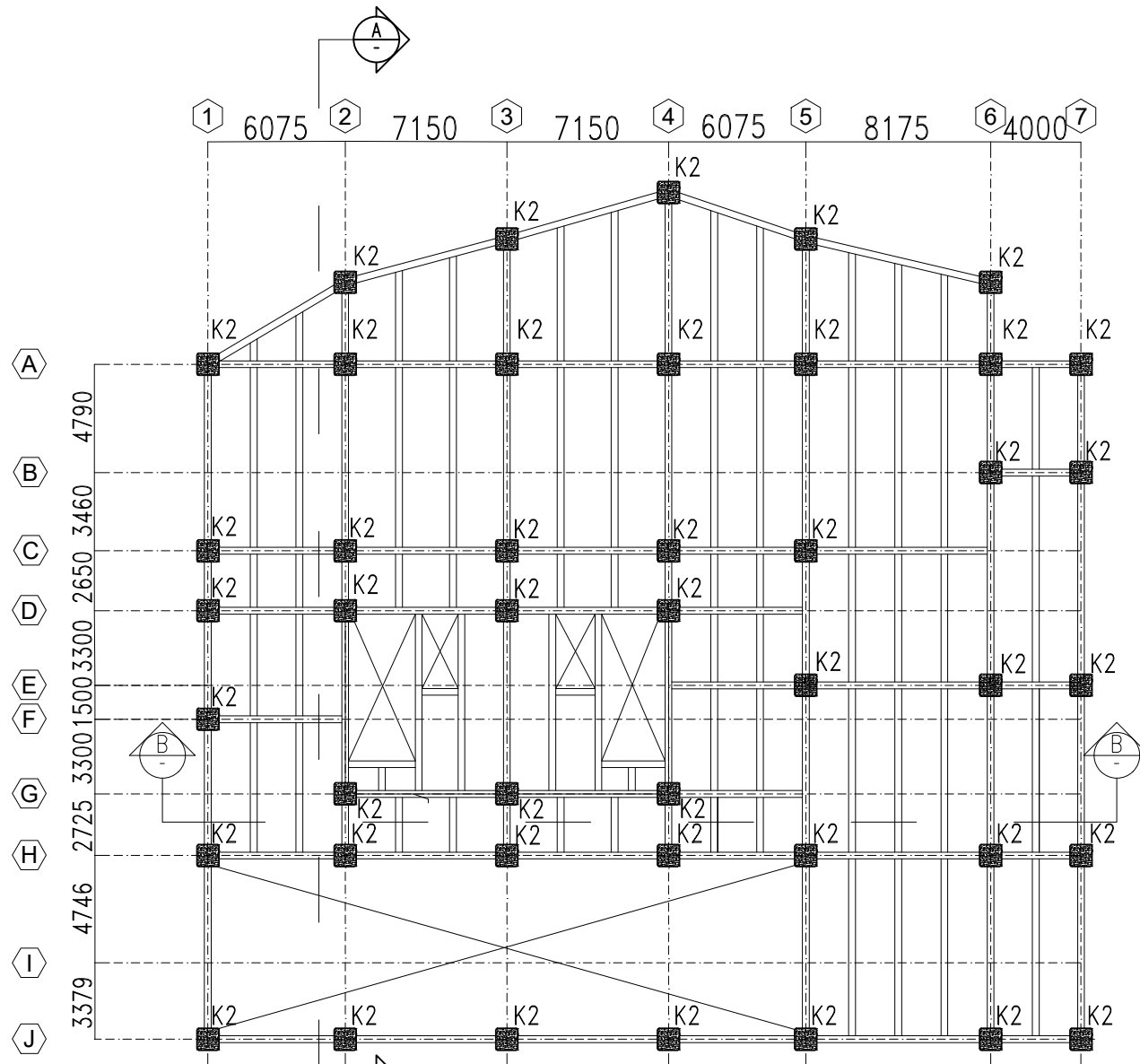
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

22

51



1
S-22 1:300
**DENAH KOLOM
UPPER GROUND**

KETERANGAN =
K2 = KOLOM RCFT 100 cm x 100 cm



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

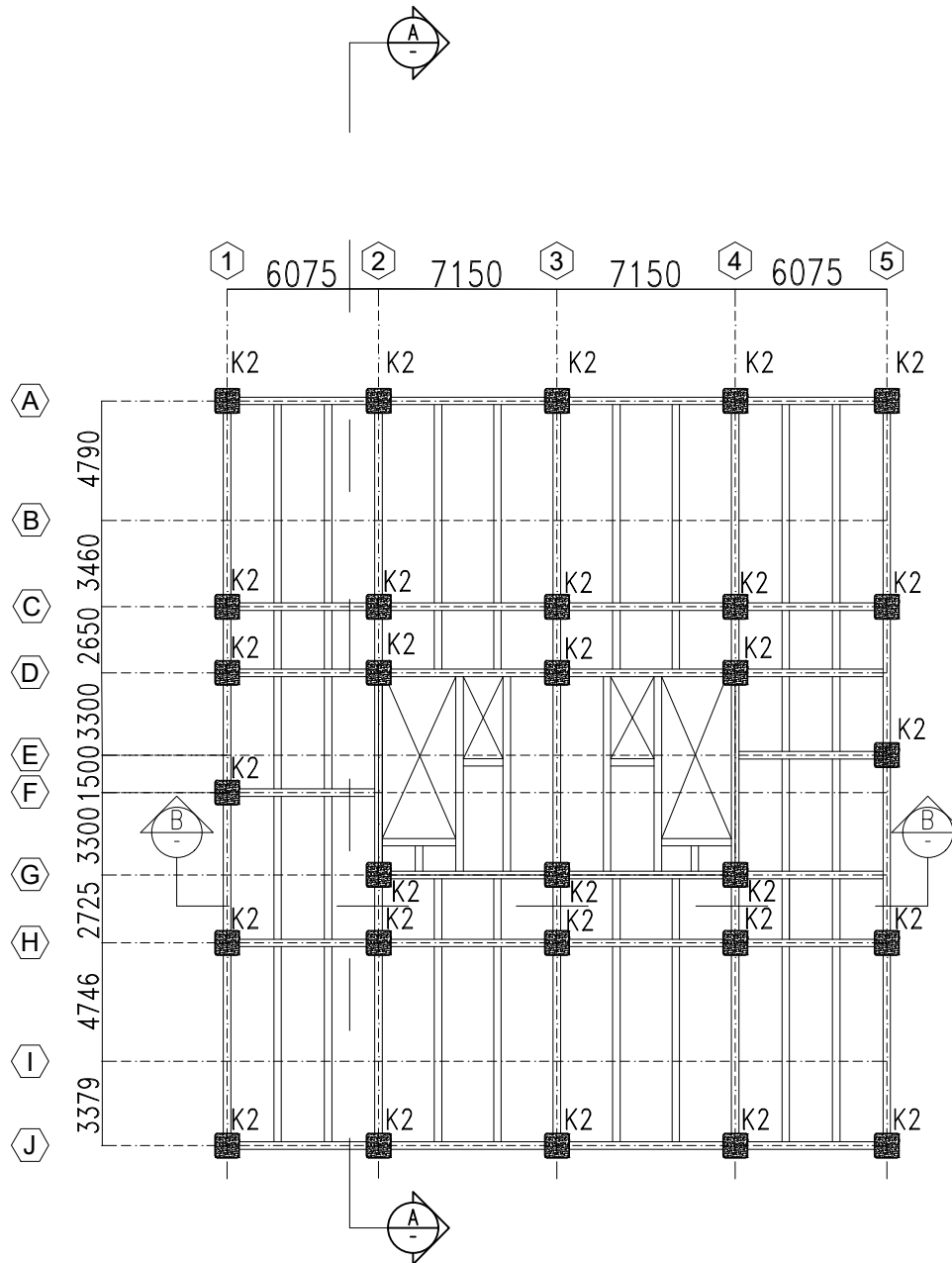
DENAH KOLOM LT 1-7

SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

1 : 300	STR
---------	-----

NO GAMBAR

23	51
----	----



**DENAH KOLOM
 LT 1-7**
 1
 S-23 1:300

KETERANGAN =
 K2 = KOLOM RCFT 100 cm x 100 cm



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT 8 - 20

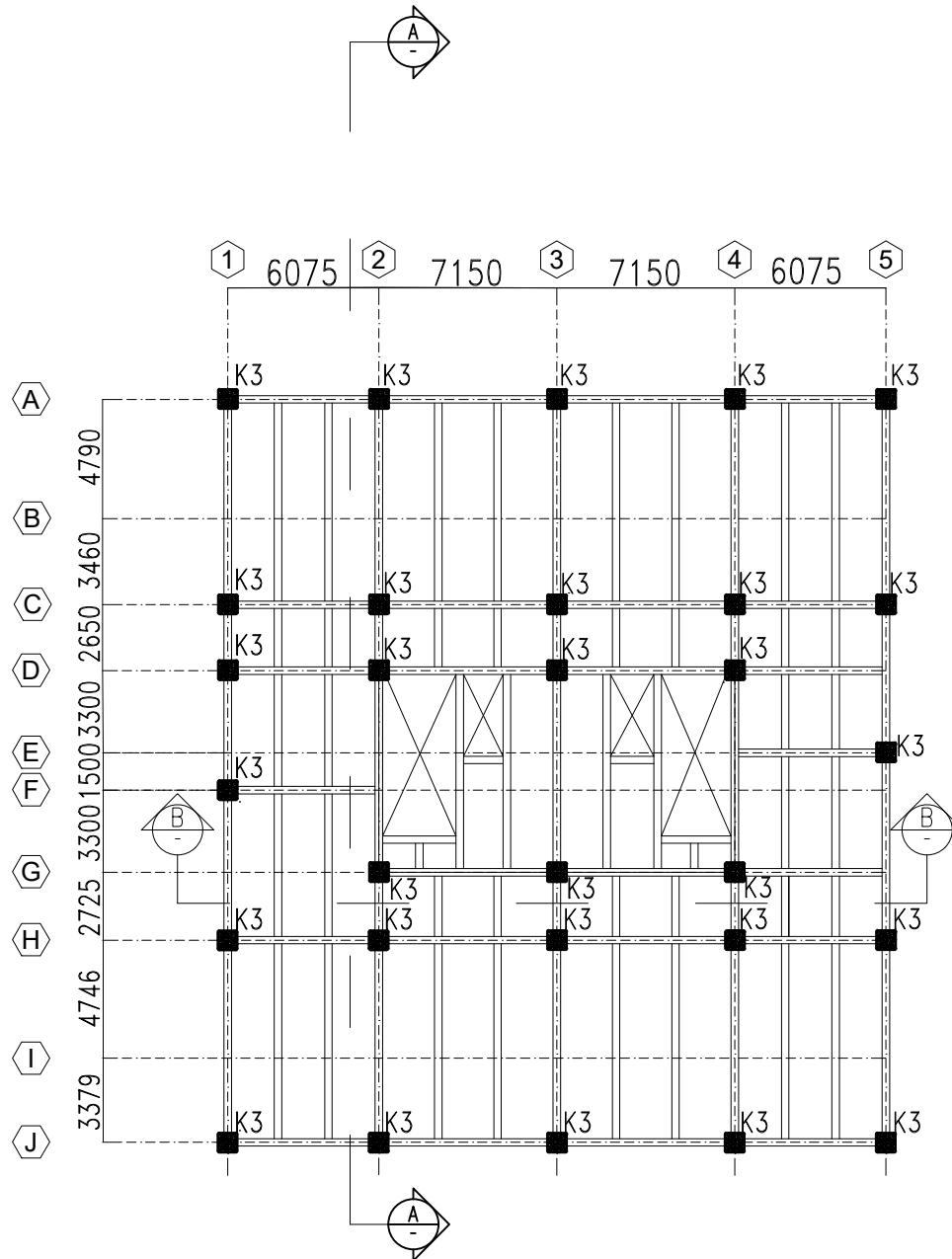
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

24

51



**DENAH KOLOM
 LT 8-20**
 1
 S-24 1:300

KETERANGAN =
 K3 = KOLOM RCFT 80 cm x 80 cm



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT 21 - 33

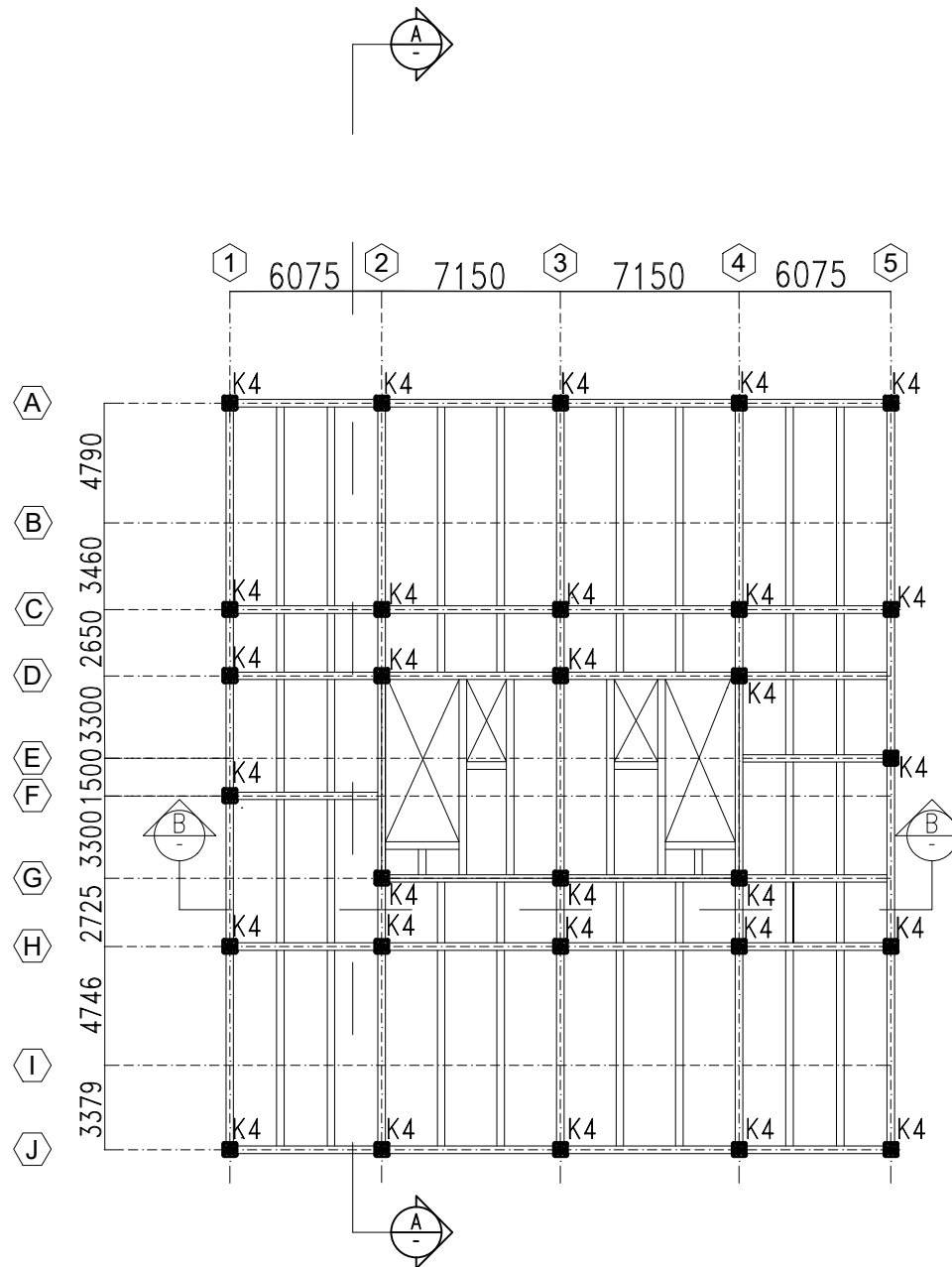
SKALA | KODE GAMBAR

1 : 300 | STR

NO GAMBAR

25

51



**DENAH KOLOM
LT 21 -33**

1

S-25 1:300

KETERANGAN =
K4 = KOLOM RCFT 60 cm x 60 cm



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

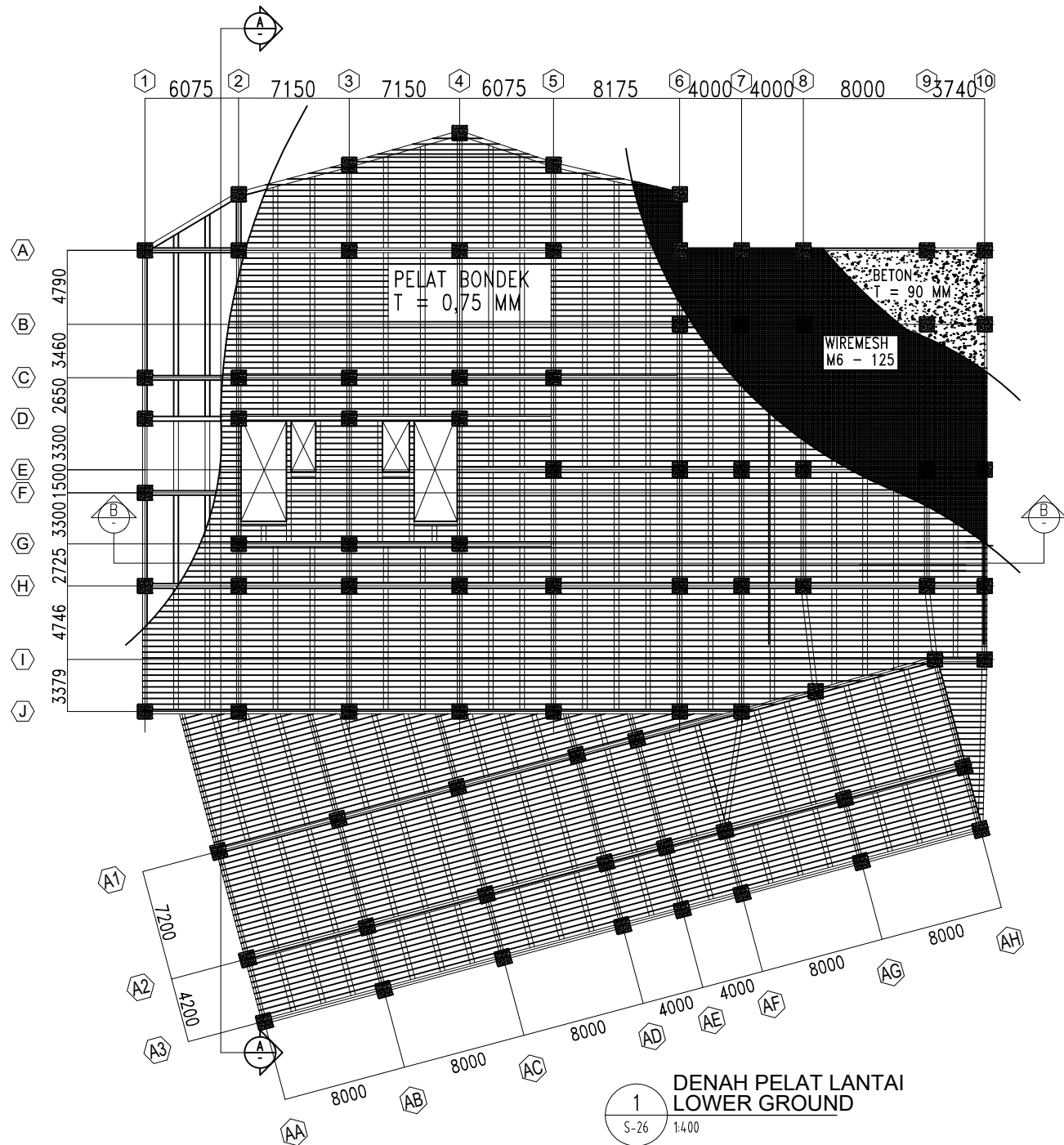
DENAH BONDEK (ARAH)

SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

1 : 400	STR
---------	-----

NO GAMBAR

26	51
----	----



1
 S-26 1:400
**DENAH PELAT LANTAI
 LOWER GROUND**



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 03111540000046

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI
 BASEMENT

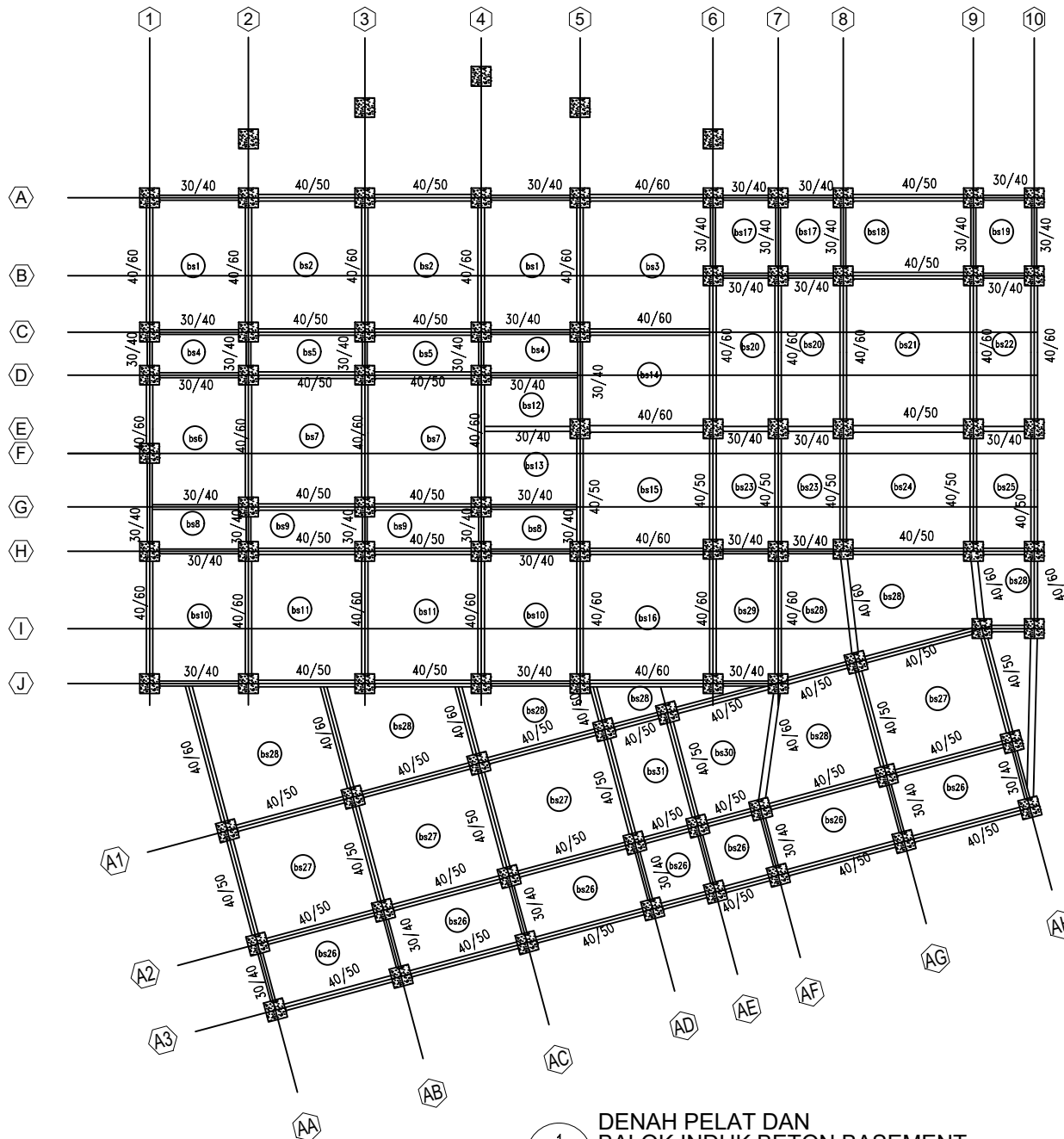
SKALA KODE GAMBAR

1 : 400 ARS

NO GAMBAR

27

51



1
 S-27 1:400
**DENAH PELAT DAN
 BALOK INDUK BETON BASEMENT**



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto,S.T.,M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

POTONGAN B - B

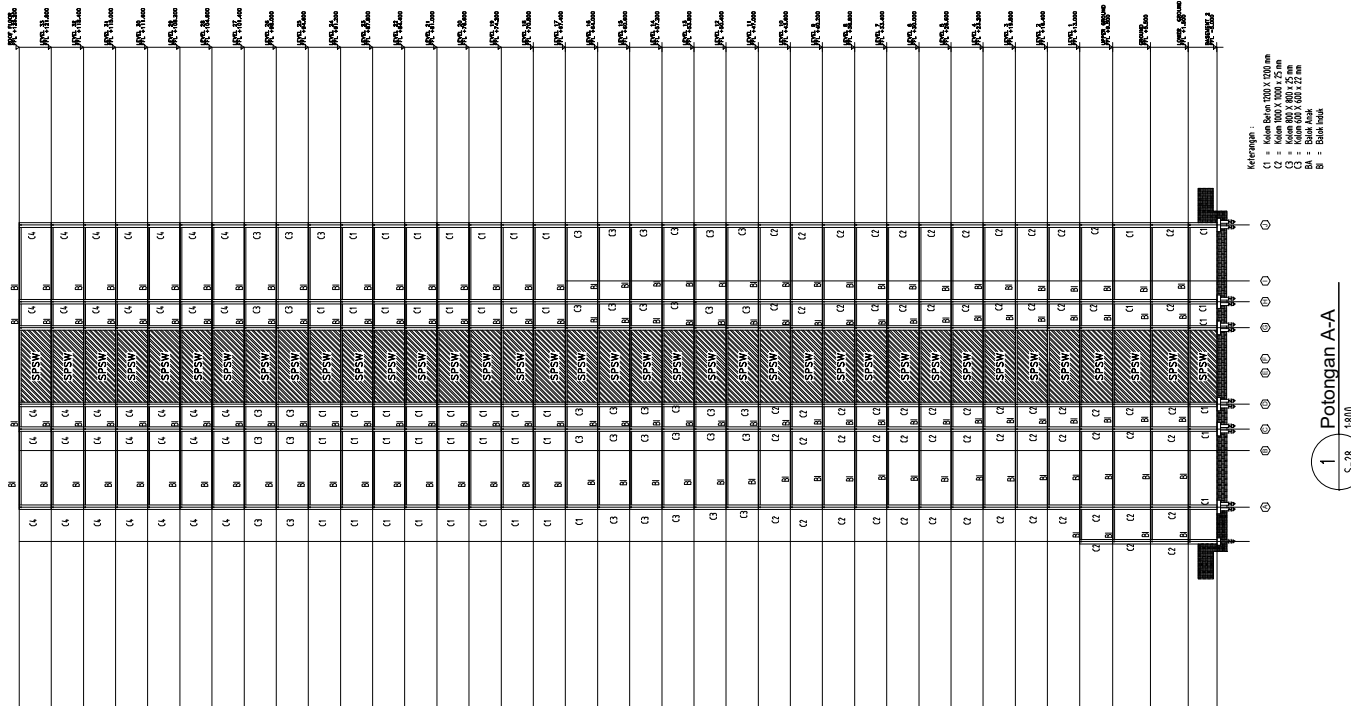
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

1 : 800	ARS
---------	-----

NO GAMBAR

28

51





PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

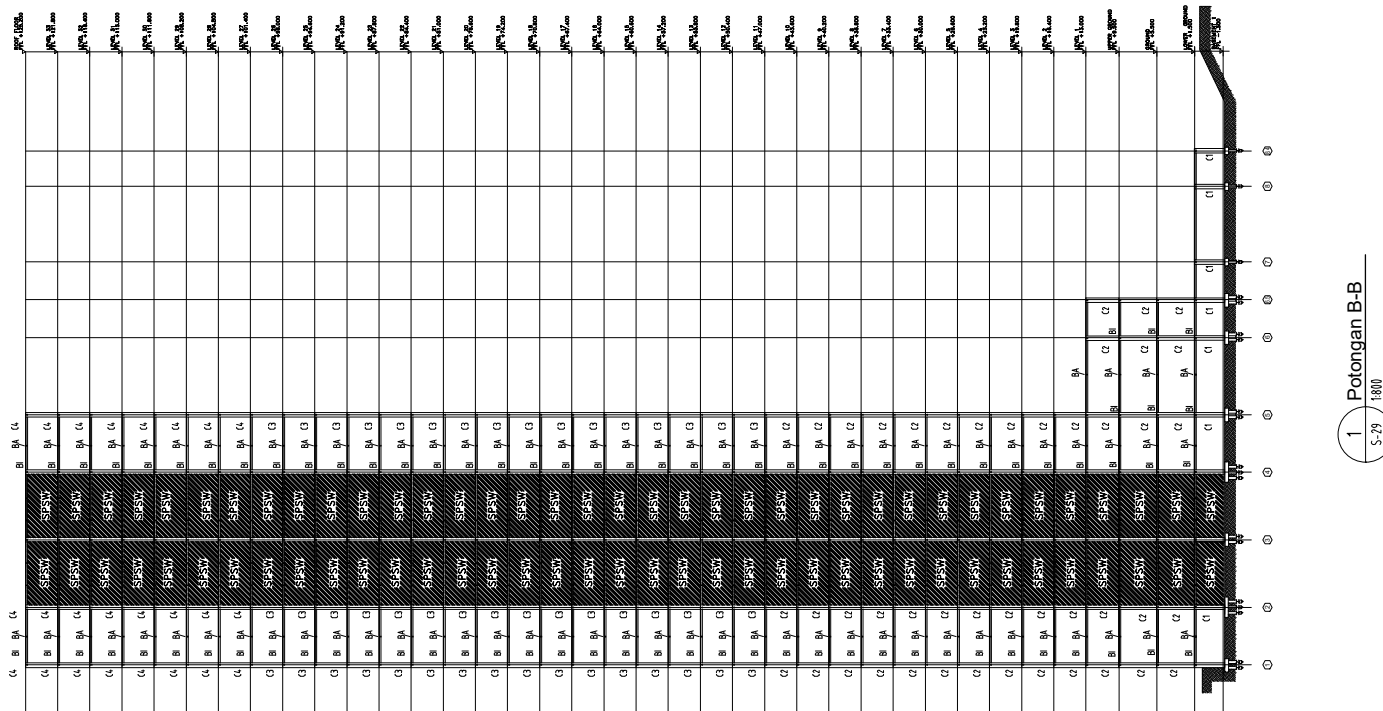
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 800	ARS
---------	-----

NO GAMBAR

29

51



Keterangan :
C1 = Kolom Beton 1000 x 1000 mm
C2 = Kolom 1000 x 1000 x 25 mm
C3 = Kolom 1000 x 600 x 25 mm
B1 = Balok Anak
B2 = Balok Tumpuan
B3 = Balok Lintang

1 Potongan B-B
1/800



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT

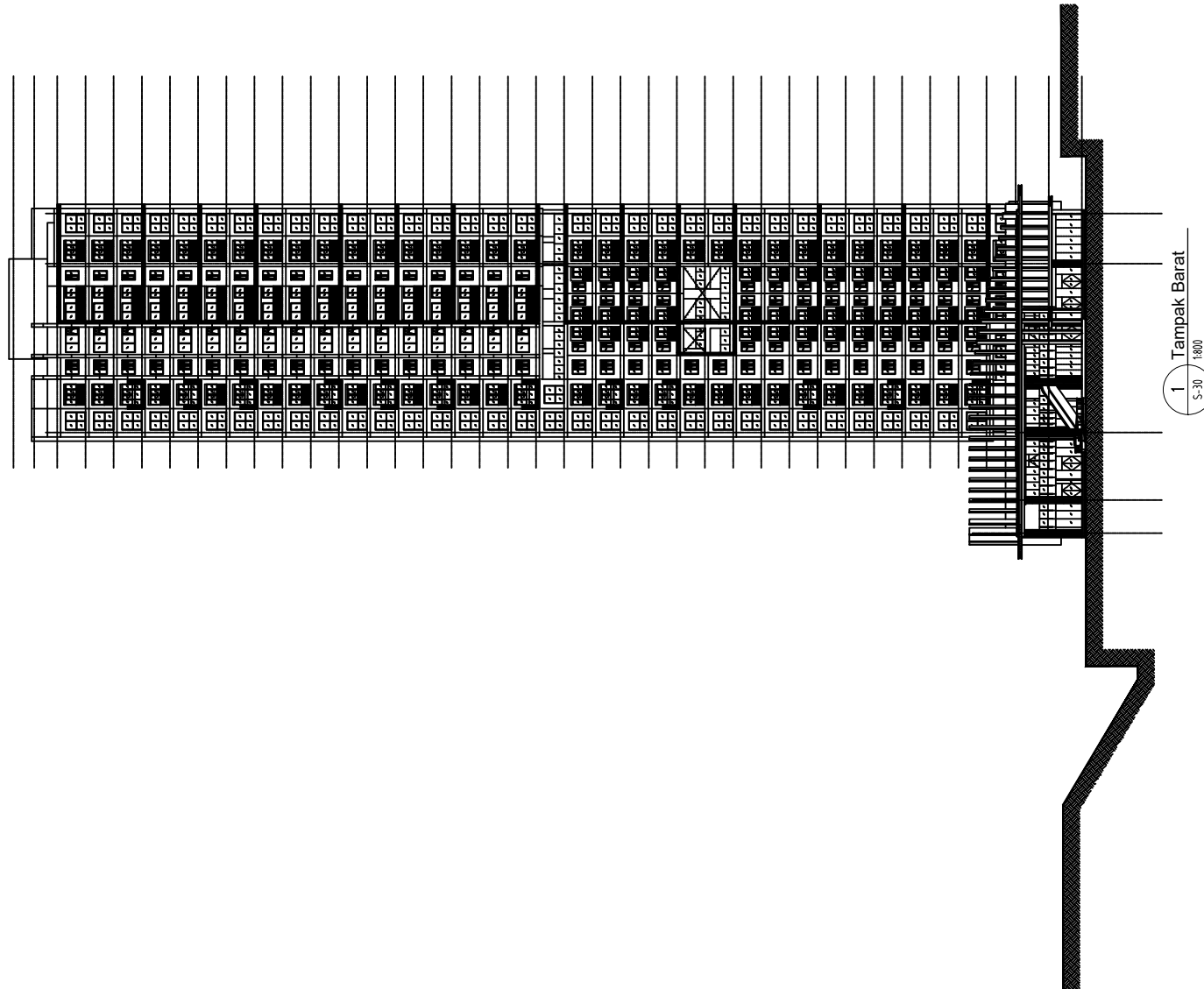
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 800	ARS
---------	-----

NO GAMBAR

30

51





PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN

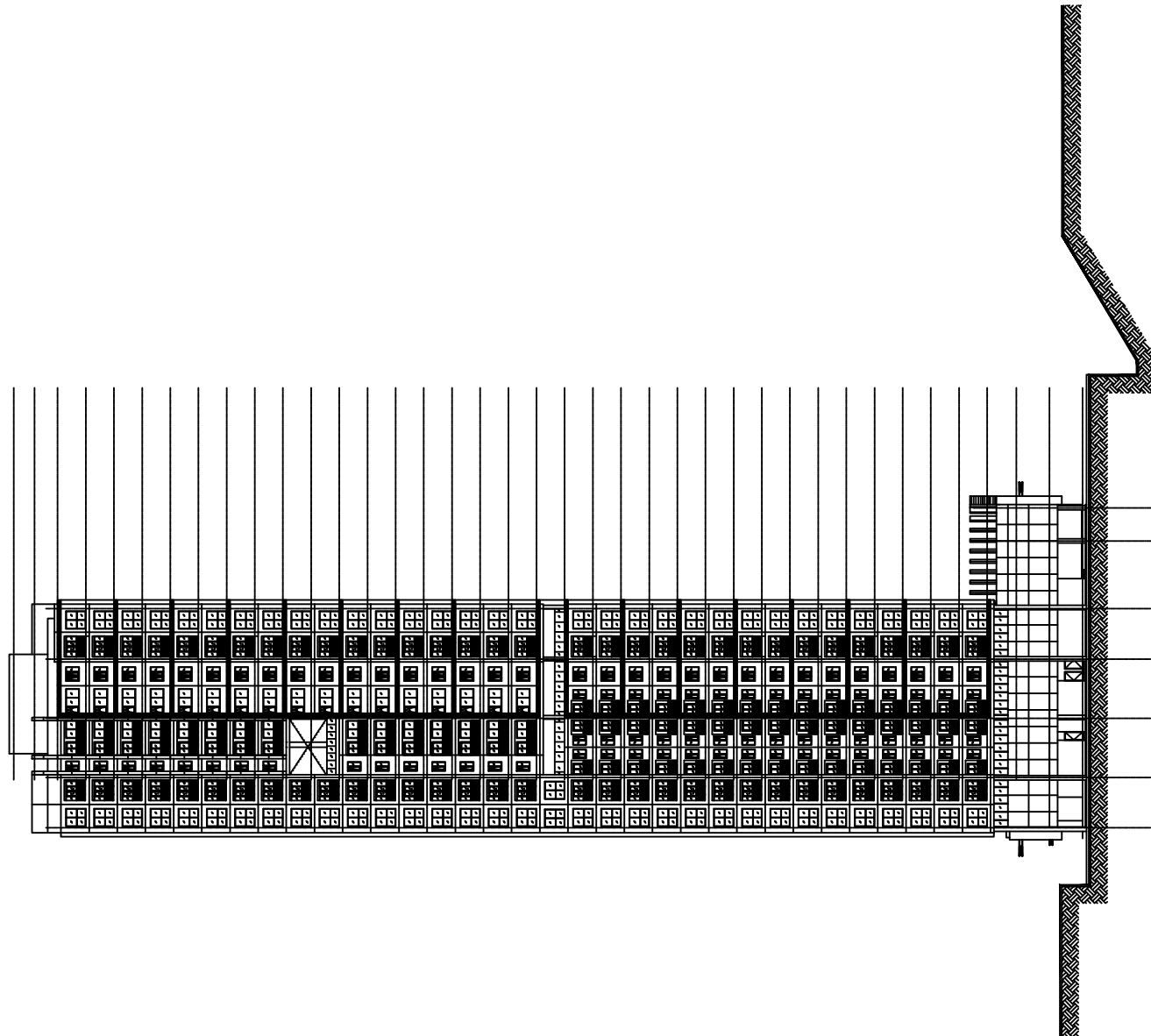
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 800	ARS
---------	-----

NO GAMBAR

31

51



1 Tampak Selatan
S-31
1:800



PROGRAM SARJANA
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
 GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
 BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
 DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
 0311154000046

NAMA GAMBAR

DENAH PONDASI

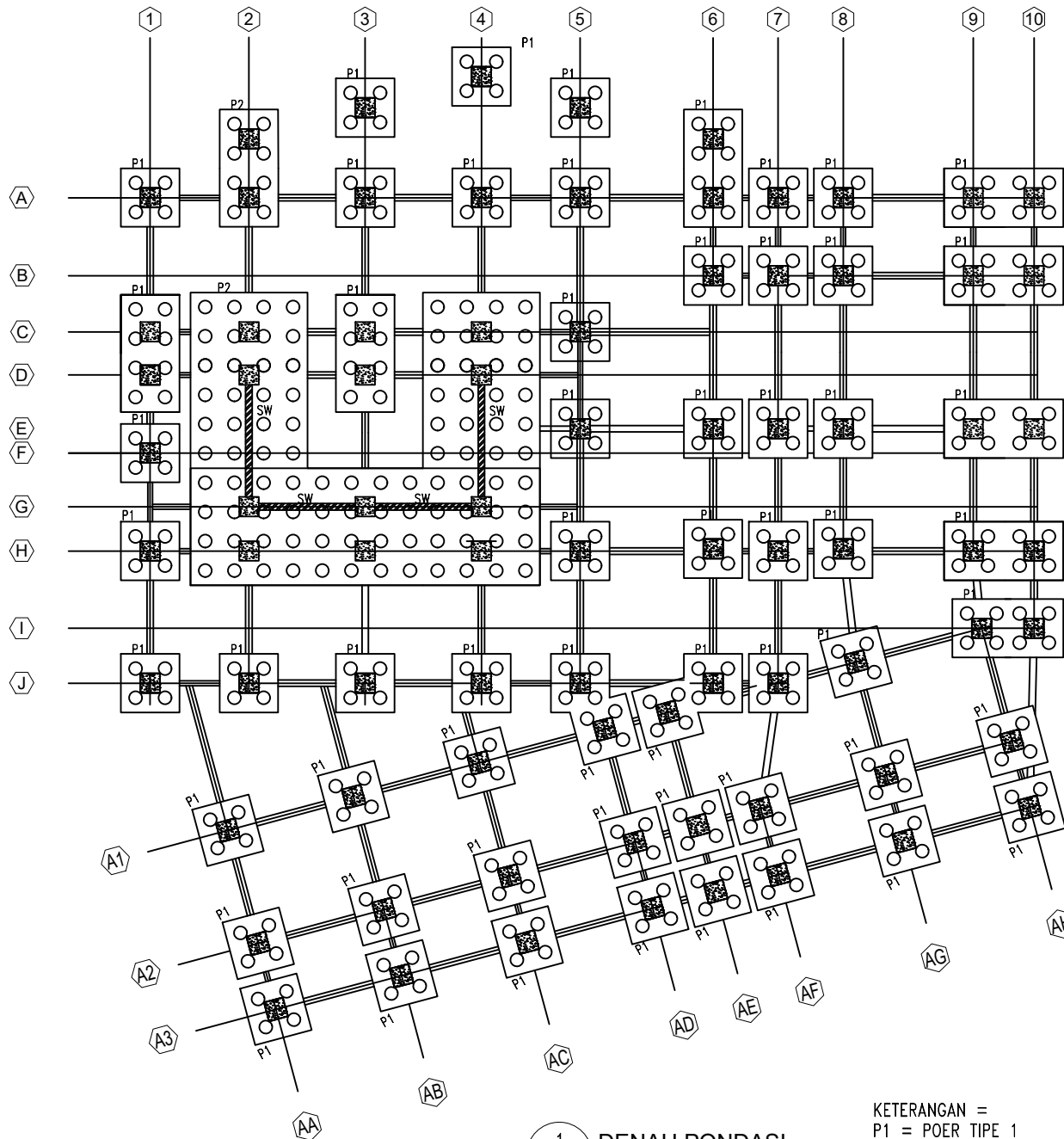
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

1 : 400	STR
---------	-----

NO GAMBAR

32

51



1 DENAH PONDASI
 S-32 1:4.00

KETERANGAN =
 P1 = POER TIPE 1
 P2 = POER TIPE 2
 P3 = POER TIPE 3



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

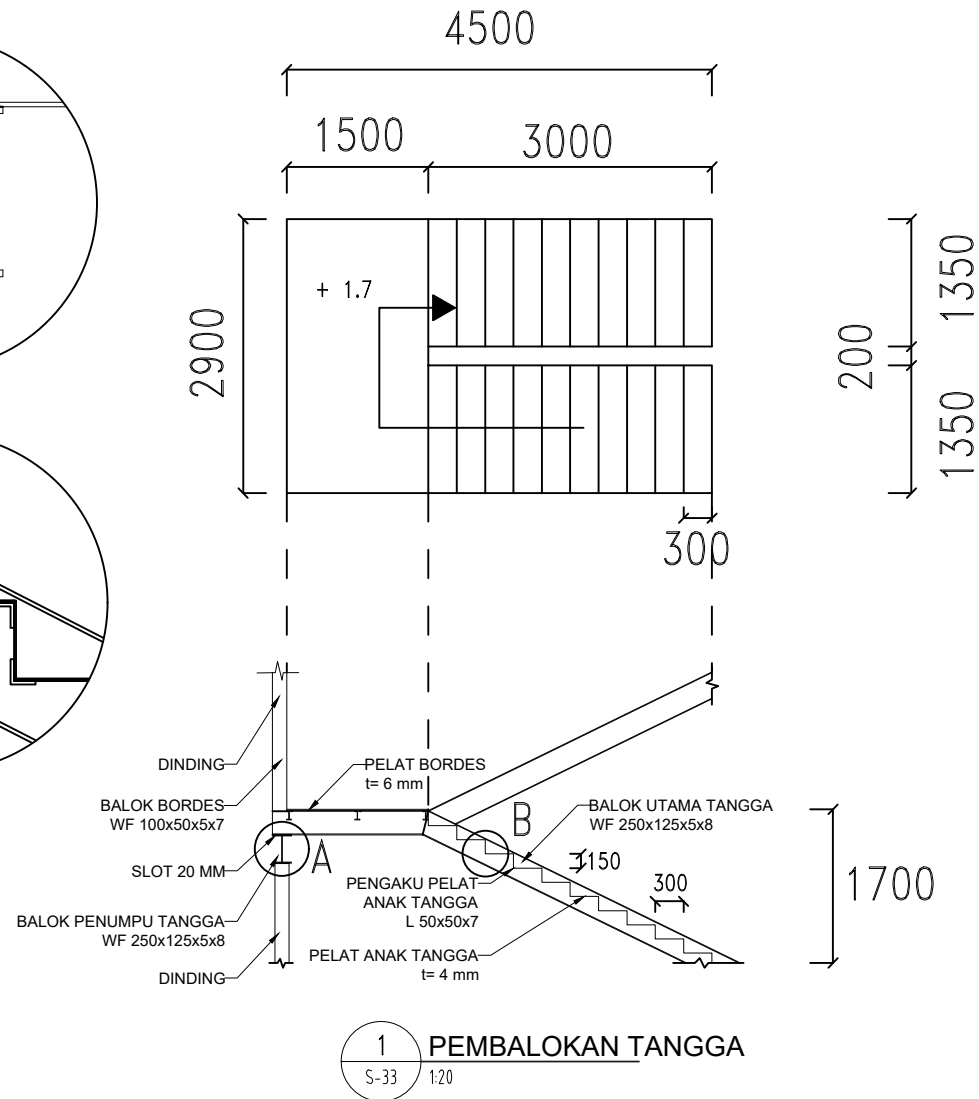
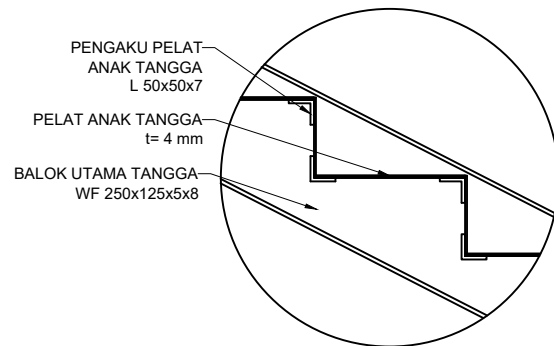
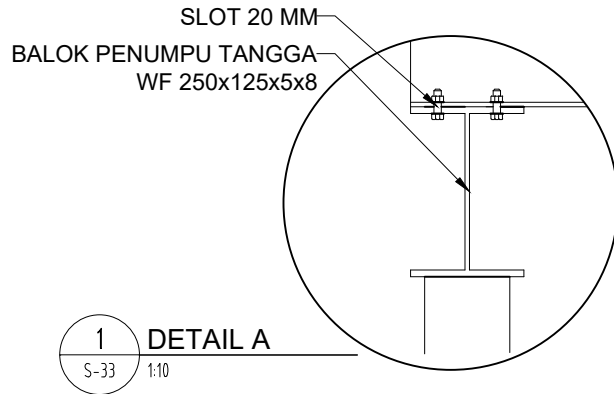
TANGGA

SKALA | KODE GAMBAR

1 : 20 | STR

NO GAMBAR

33 | 51





PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

BALOK INDUK MEMANJANG

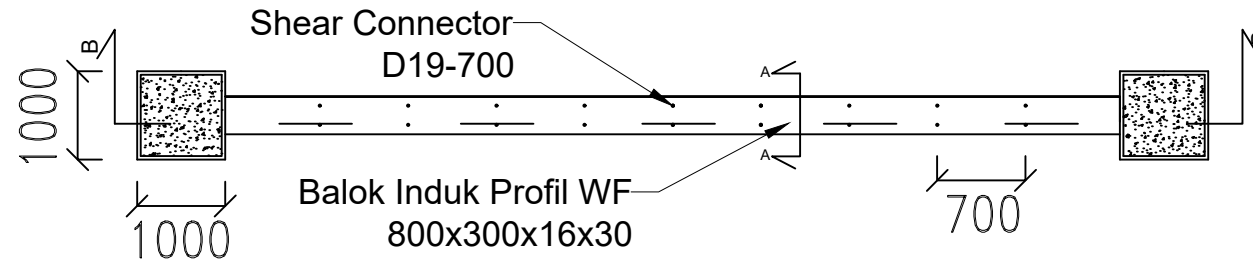
SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 15 STR

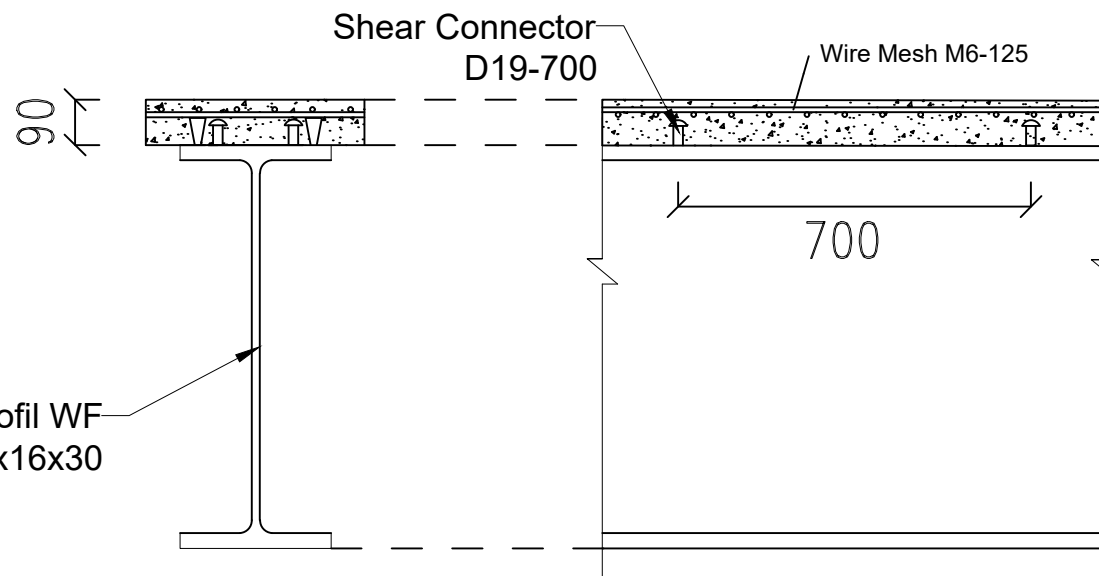
NO GAMBAR

34

51



**BALOK INDUK
MEMANJANG**
1
S-34 1:15



**POTONGAN
A-A**
1
S-34 1:5

**POTONGAN
B-B**
1
S-34 1:5

Balok Induk Profil WF
800x300x16x30



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

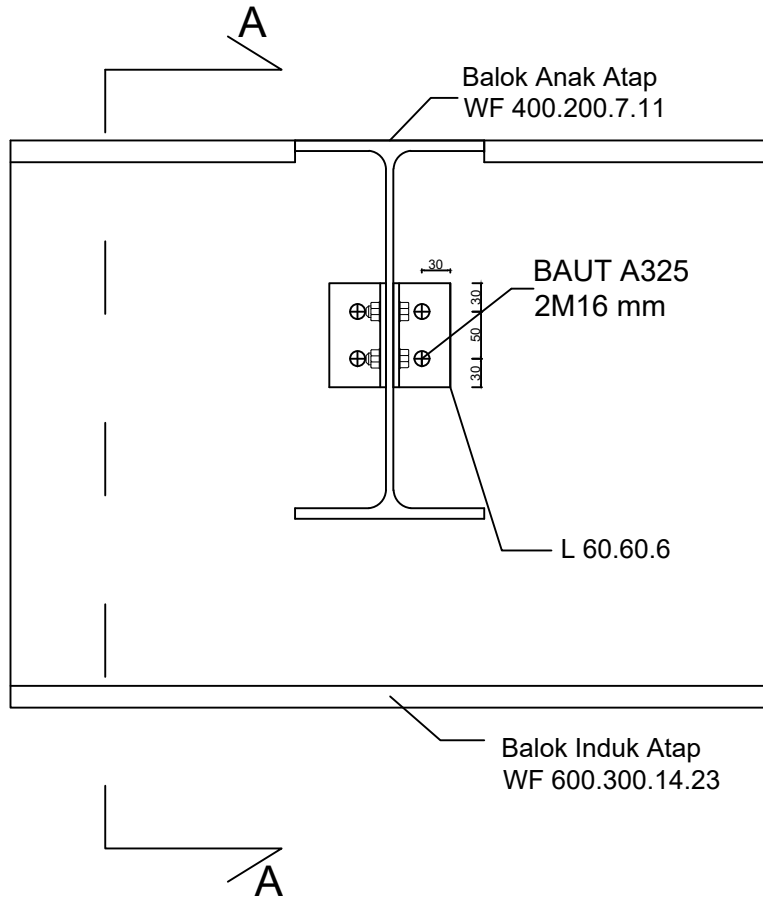
SAMBUNGAN BALOK ANAK
ATAP DENGAN BALOK INDUK

SKALA **KODE GAMBAR**

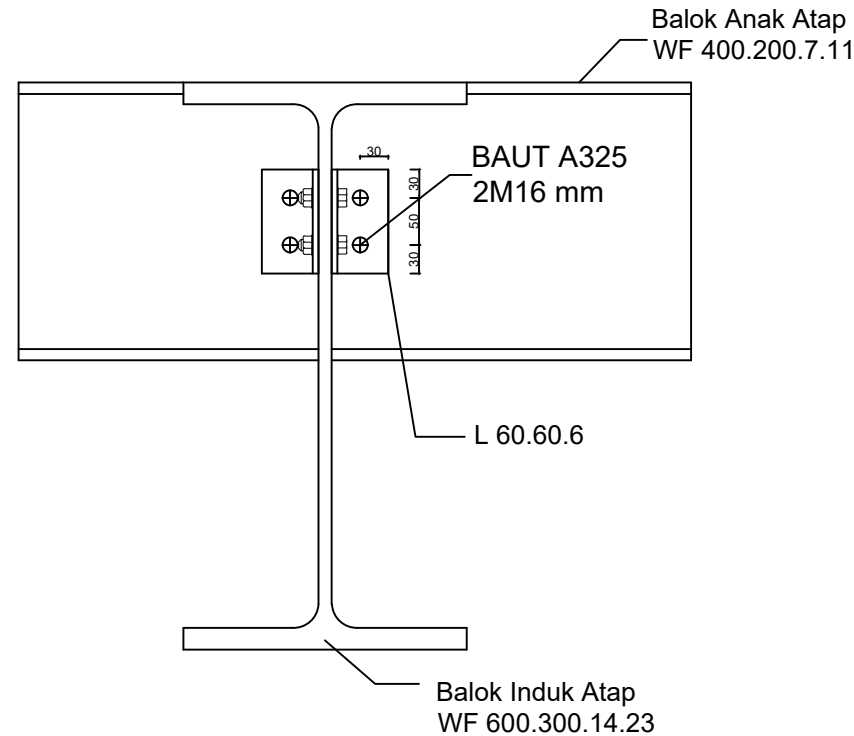
1 : 8 STR

NO GAMBAR

35 51



1
S-35 1:8
**SAMBUNGAN
BALOK ANAK ATAP KE BALOK INDUK**



1
S-35 1:8
**POTONGAN
A-A**



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
03111540000046

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK ANAK
LANTAI KE BALOK INDUK

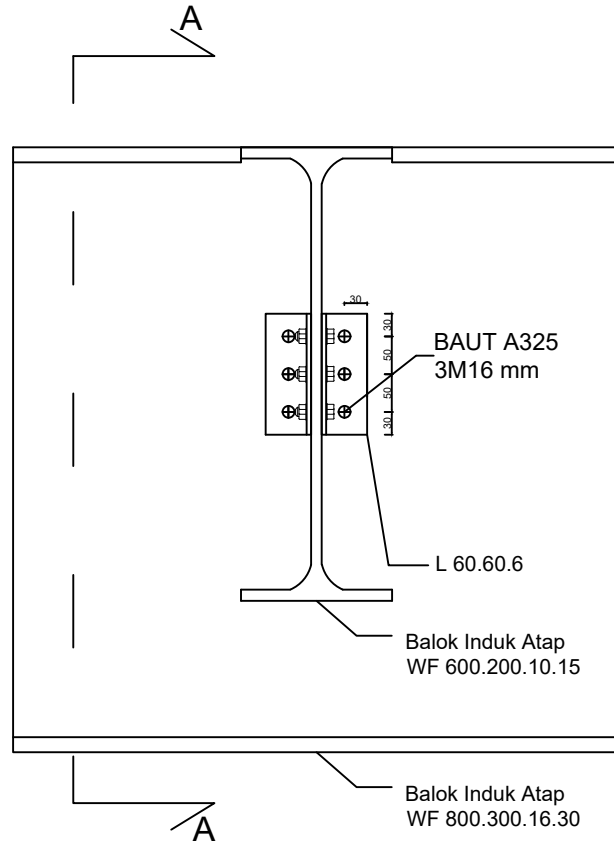
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 10	STR
--------	-----

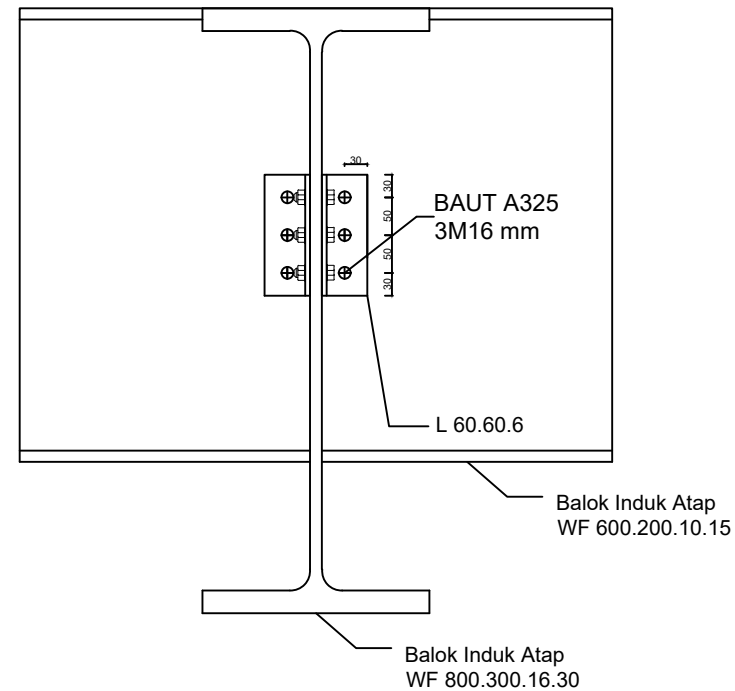
NO GAMBAR

36

51



1
S-36
1/8
SAMBUNGAN
BALOK ANAK LANTAI KE BALOK INDUK



1
S-36
1/8
POTONGAN
A-A



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

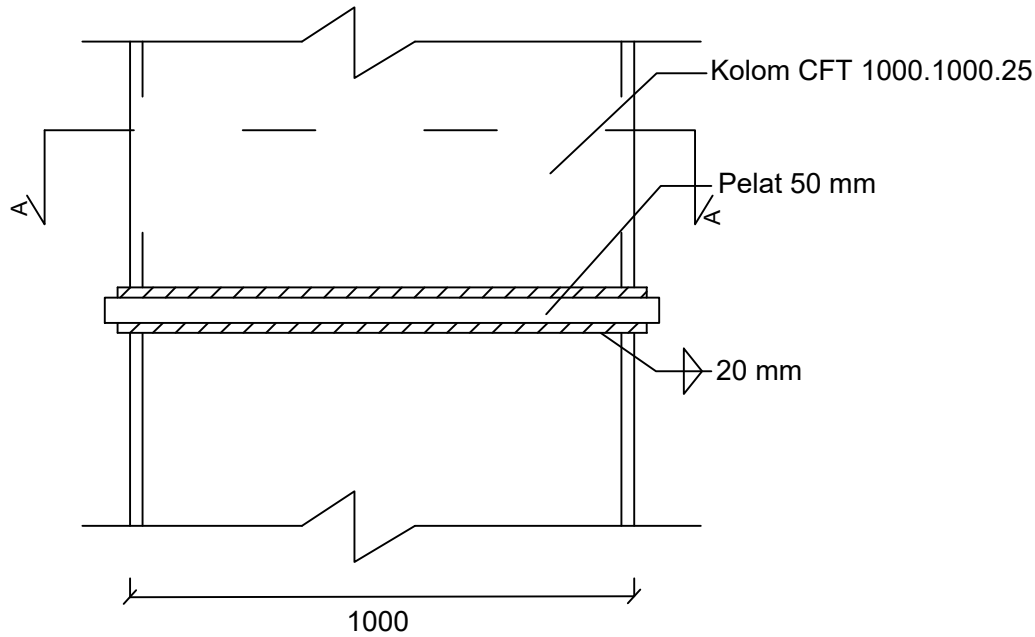
SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

SKALA	KODE GAMBAR
1 : 15	STR

NO GAMBAR

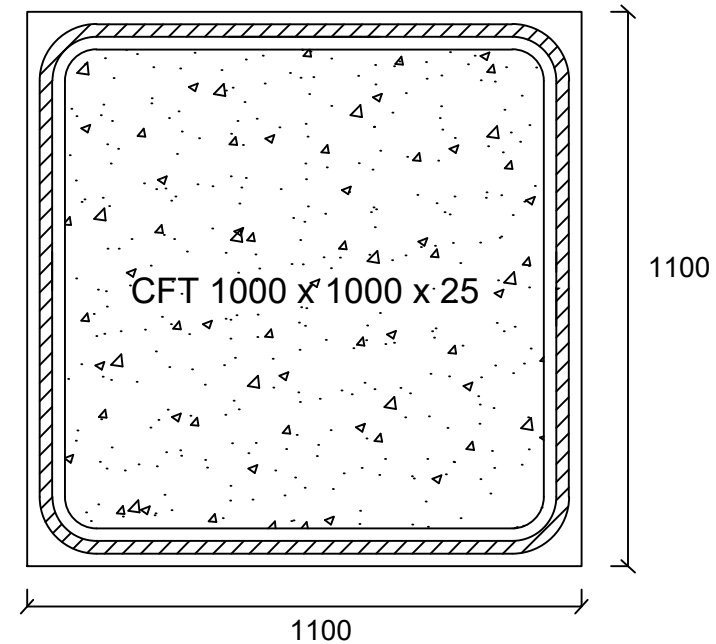
37

51



**SAMBUNGAN
ANTAR KOLOM**

1
S-37 1:15



**POTONGAN
A-A**

1
S-37 1:15



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK
KOLOM

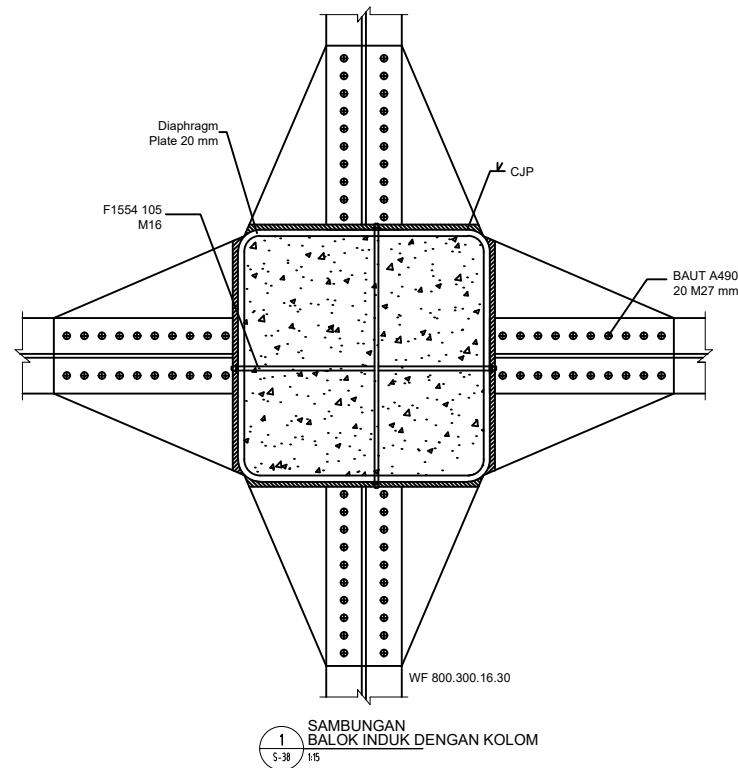
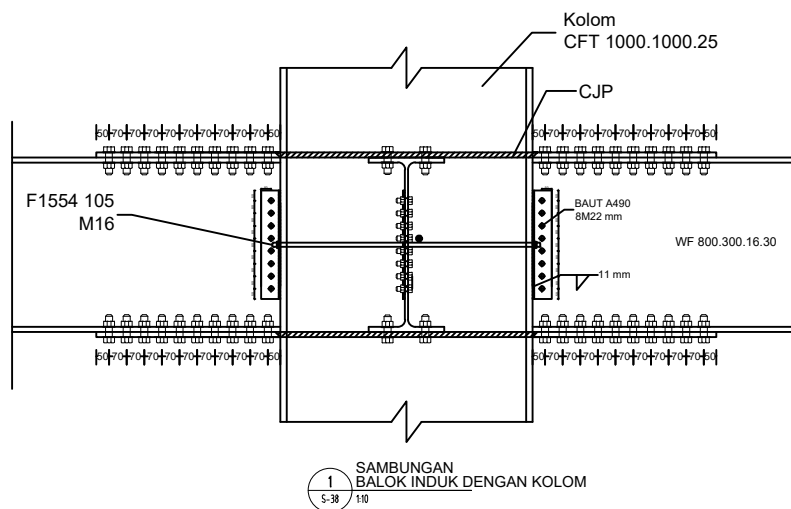
SKALA KODE GAMBAR

1 : 15 STR

NO GAMBAR

38

51





PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

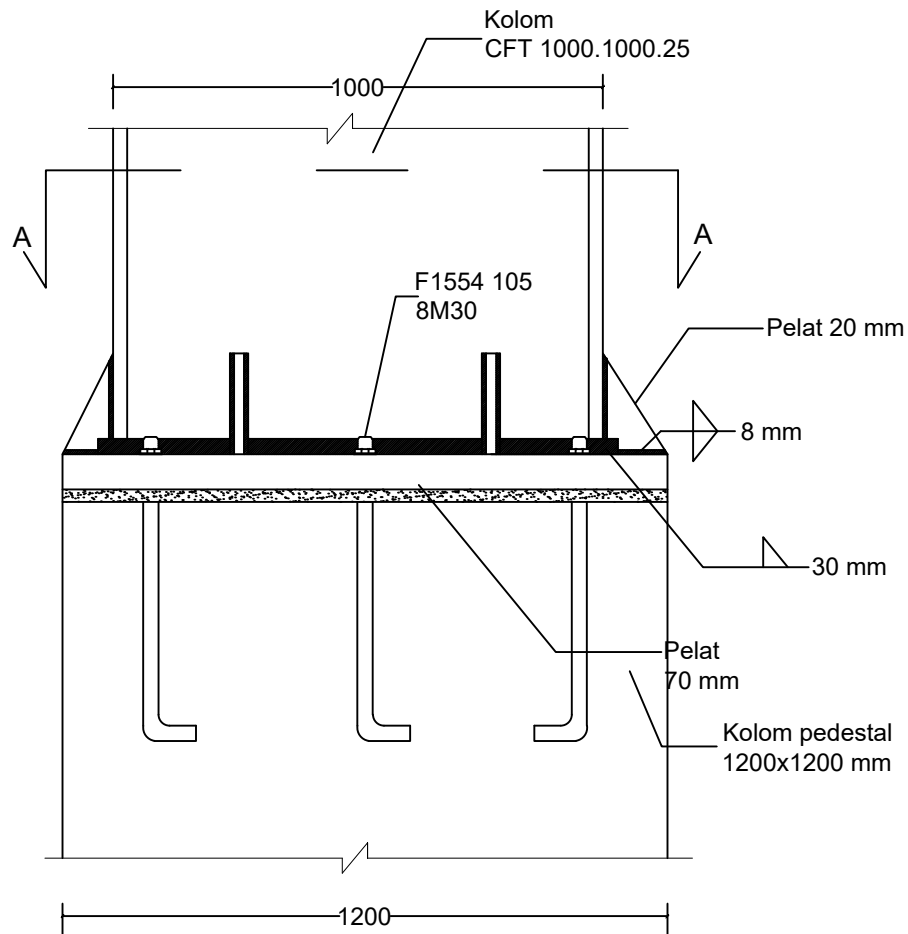
BASEPLATE

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

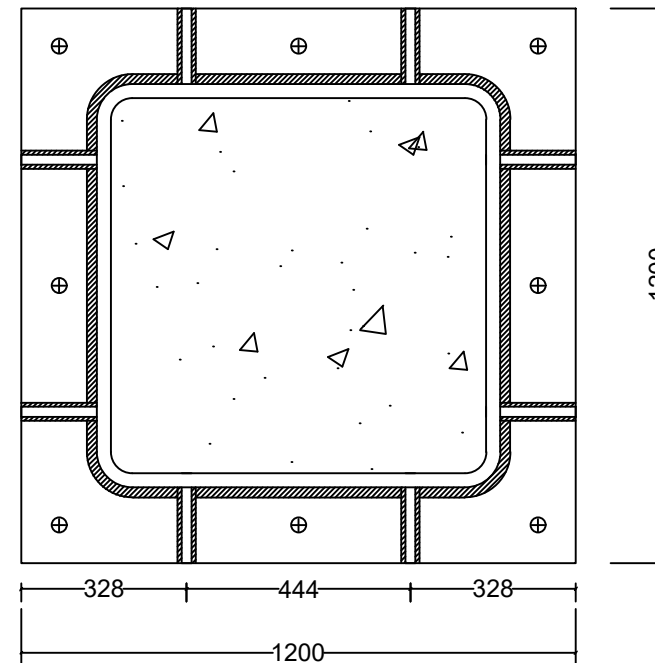
1 : 15	STR
--------	-----

NO GAMBAR

39	51
----	----



1
S-39 1:15
SAMBUNGAN
BASEPLATE



1
S-39 1:15
POTONGAN
A-A



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN VBE SPSW

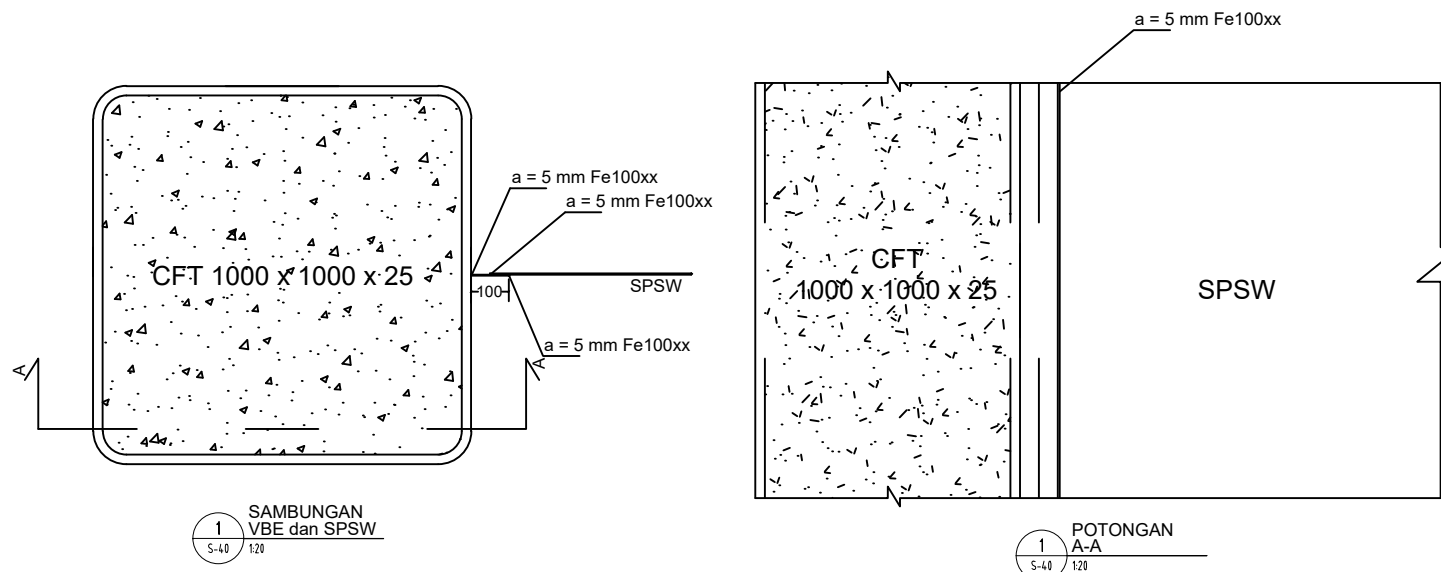
SKALA KODE GAMBAR

1 : 20 STR

NO GAMBAR

40

51





PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN HBE SPSW

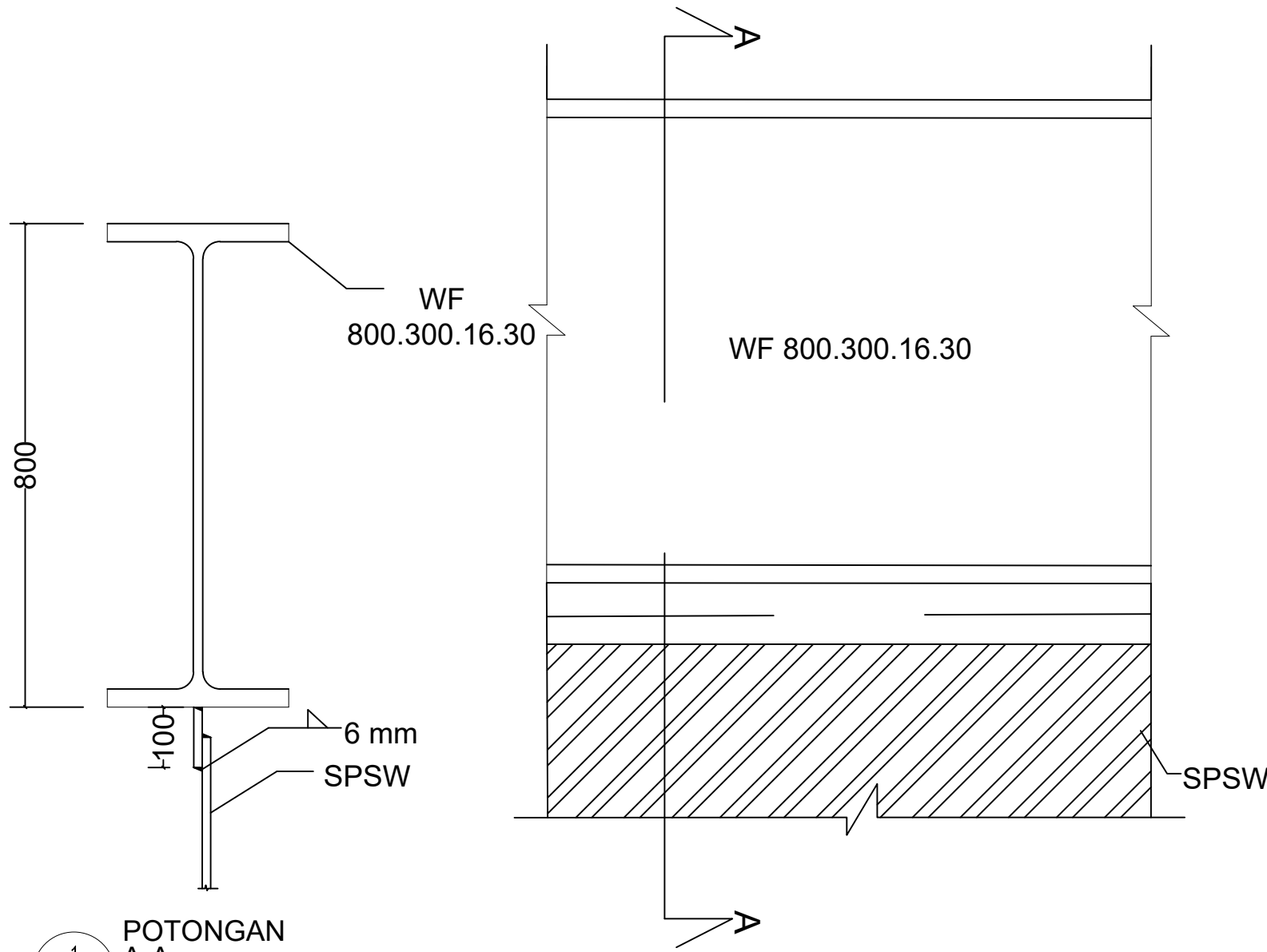
SKALA | **KODE GAMBAR**

1 : 10 | STR

NO GAMBAR

41

51



**POTONGAN
A-A**
1
S-41 1:10

**SAMBUNGAN
HBE dan SPSW**
1
S-41 1:10



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK ANAK
BETON

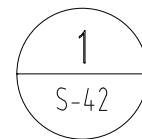
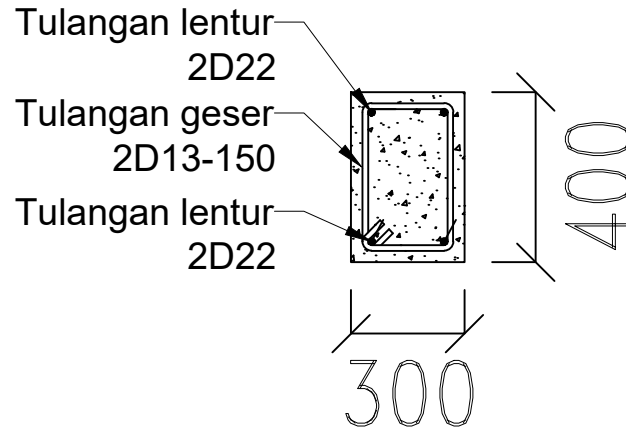
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 20	STR
--------	-----

NO GAMBAR

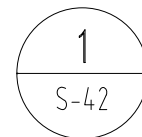
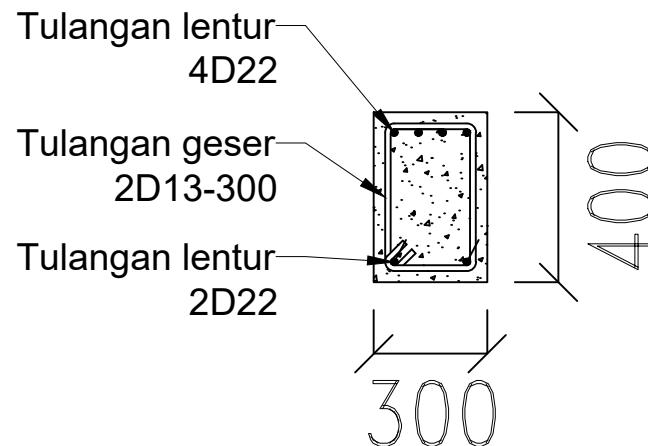
42

51



**POTONGAN BALOK ANAK BETON
DI TENGAH BENTANG**

S-42 1:20



**POTONGAN BALOK ANAK BETON
DI DAERAH TUMPUAN**

S-42 1:20



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK BETON

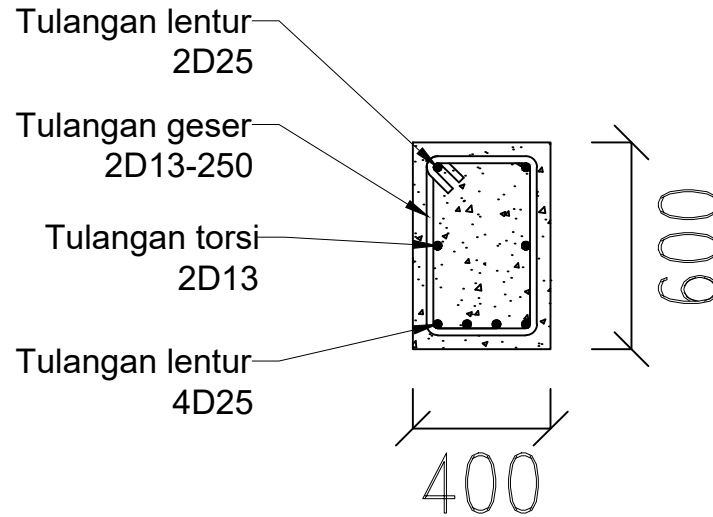
SKALA | **KODE GAMBAR**

1 : 20 | STR

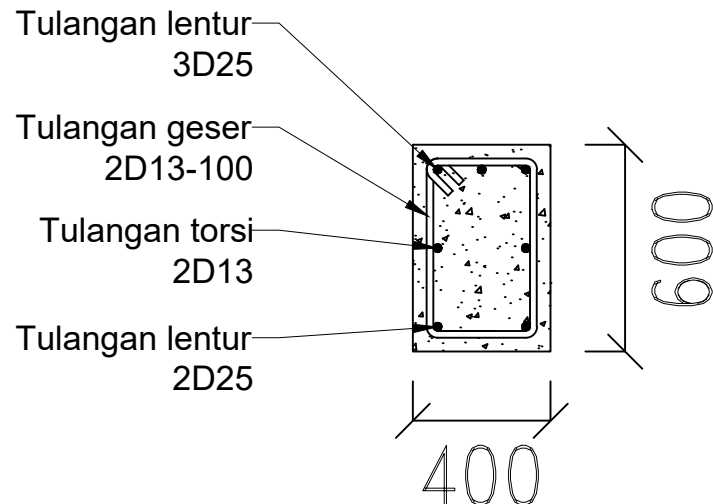
NO GAMBAR

43

51



1
S-43 1:20
**POTONGAN BALOK INDUK BETON
DI TENGAH BENTANG**



1
S-43 1:20
**POTONGAN BALOK INDUK BETON
DI DAERAH TUMPUAN**



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM BETON

SKALA | KODE GAMBAR

1 : 20 | STR

NO GAMBAR

44

51

KET.	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM BETON 1200x1200 mm		
LONGITUDINAL	16D32	16D32
SENGKANG	4D19-100	4D19-150

**PENULANGAN
KOLOM BETON**

1
S-44 1:20



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DETAIL PELAT

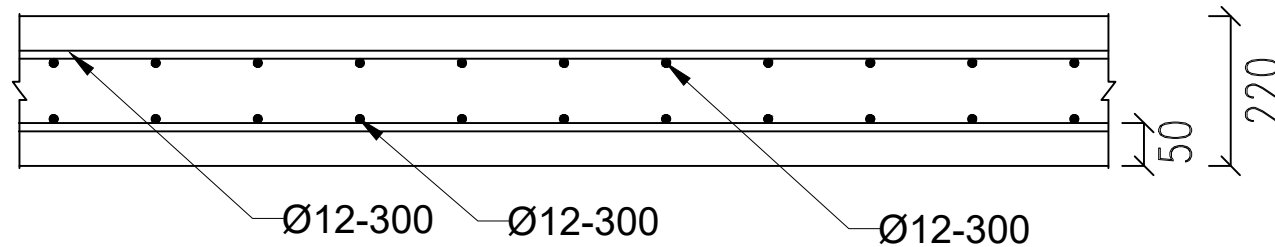
SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 40 STR

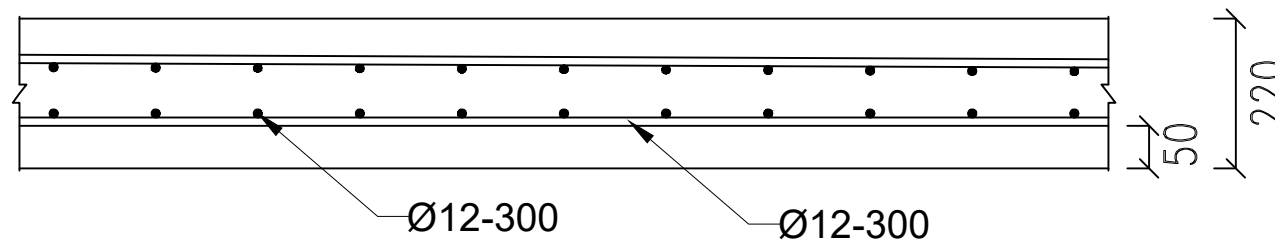
NO GAMBAR

45

51



1
S-45 1:40
**DETAIL PENULANGAN
DAERAH TUMPUAN**



1
S-45 1:40
**DETAIL PENULANGAN
DAERAH LAPANGAN**



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

POTONGAN PELAT

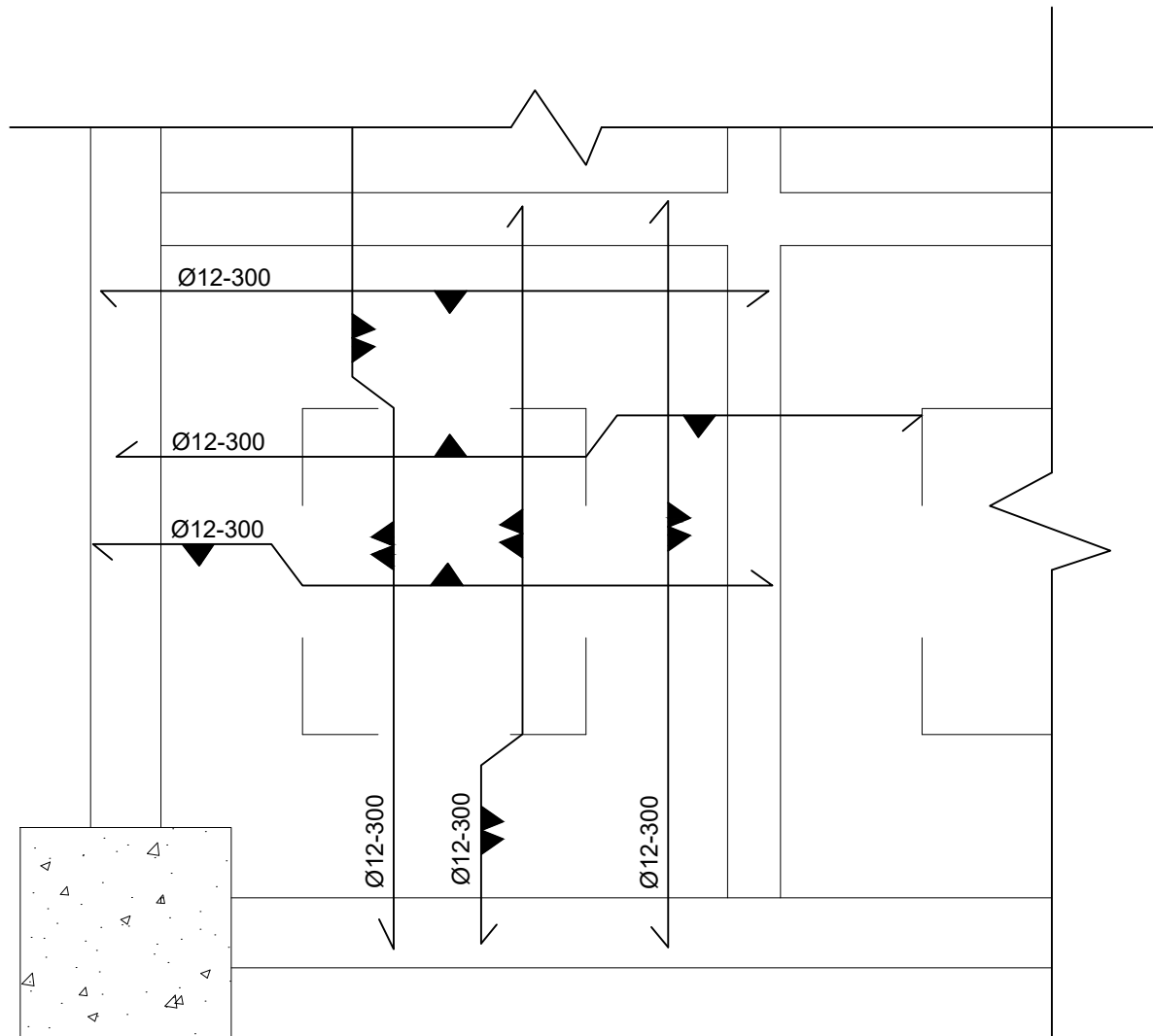
SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 40 STR

NO GAMBAR

46

51



1 POTONGAN
PELAT BASEMENT
S-46 1:40



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

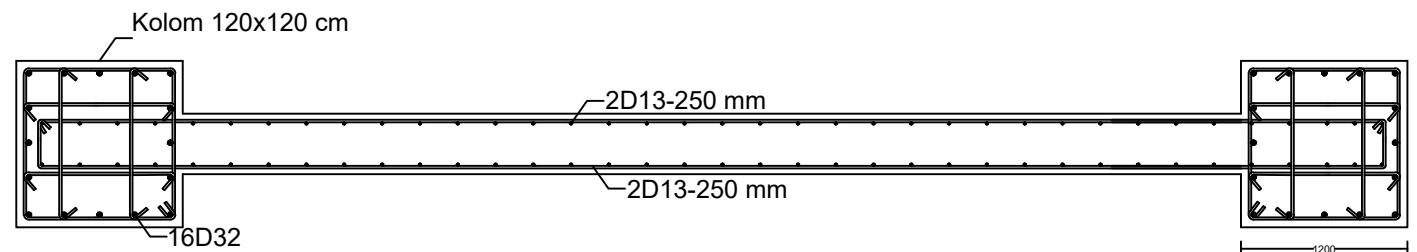
DETAIL SHEARWALL

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 50	STR
--------	-----

NO GAMBAR

47	51
----	----



1
S-47 1:50
DETAIL
SHEARWALL



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

PENULANGAN SLOOF

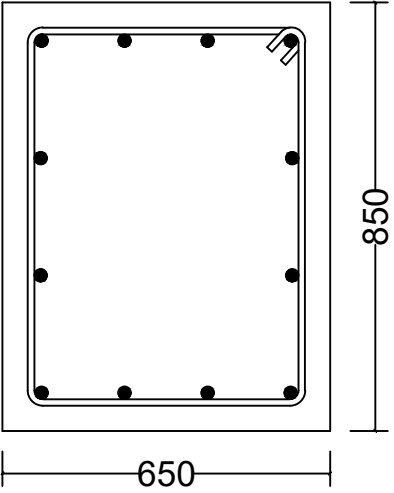
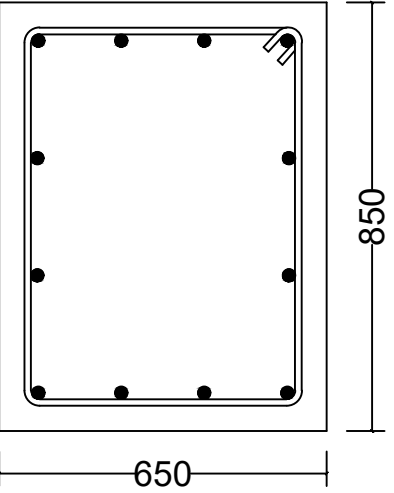
SKALA | **KODE GAMBAR**

1 : 15 | STR

NO GAMBAR

48

51

KET.	TUMPUAN	LAPANGAN
Sloof 650x850		
LONGITUDINAL	12D25	12D25
SENGKANG	2D10-250	2D10-250



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DINDING PENAHAN TANAH

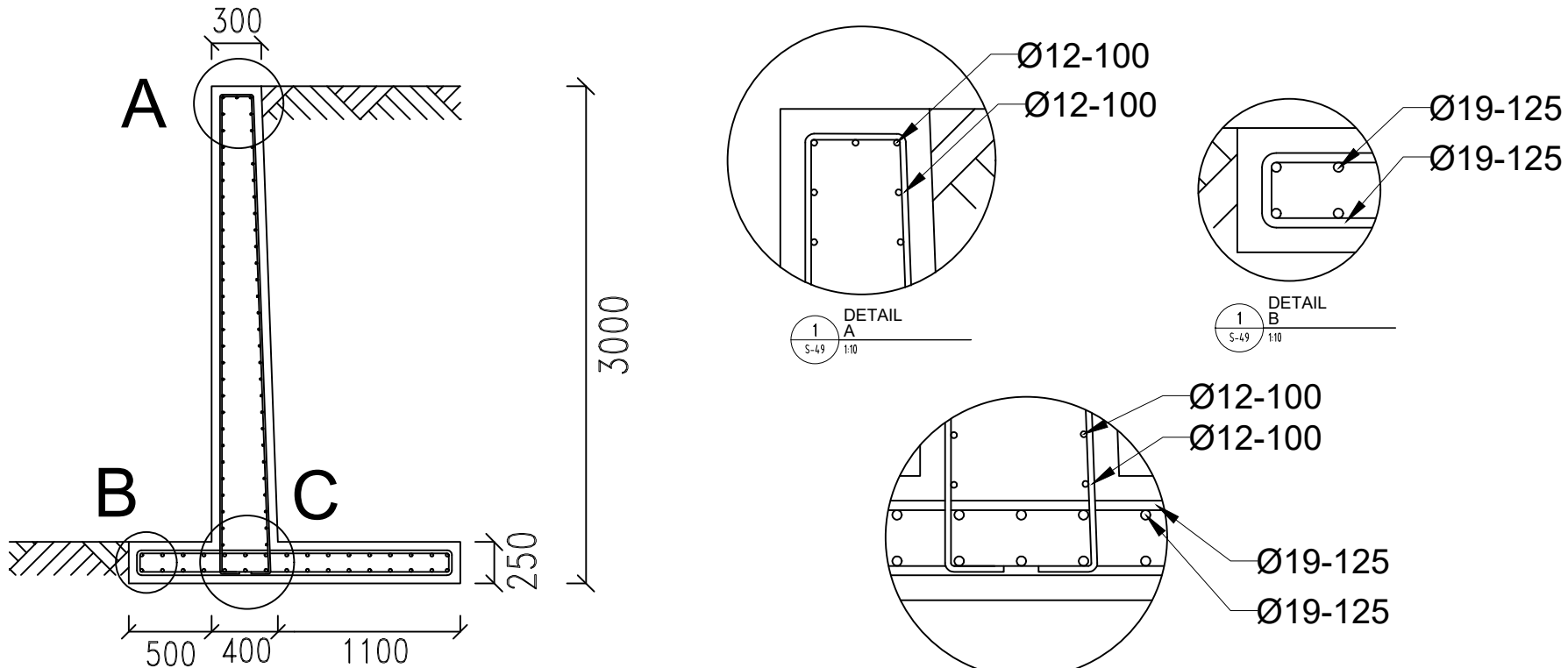
SKALA **KODE GAMBAR**

1 : 40 STR

NO GAMBAR

49

51



1
S-49 1:20
DINDING PENAHAN TANAH

1
S-49 1:10
DETAIL A

1
S-49 1:10
DETAIL B

1
S-49 1:10
DETAIL C



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

DETAIL PONDASI I

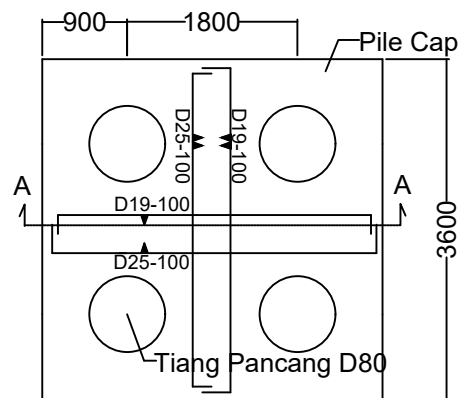
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1 : 80	STR
--------	-----

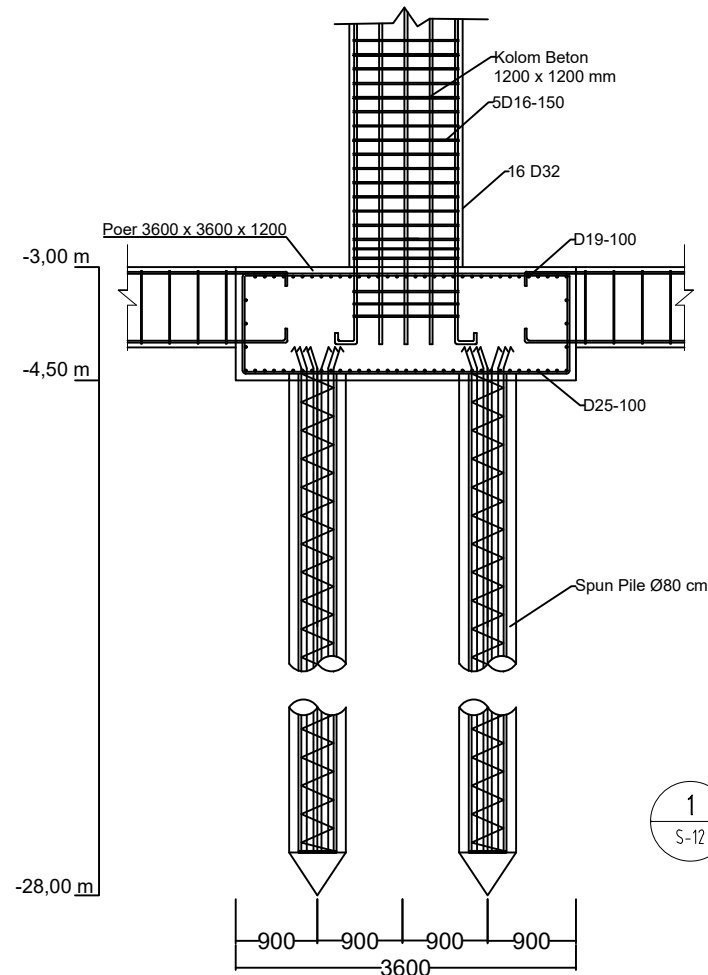
NO GAMBAR

50

51



1
S-12 1:80
DETAIL
PONDASI 1



1
S-12 1:80
POTONGAN
A-A



PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN DARMO HILL
MENGUNAKAN STRUKTUR BANGUNAN
BAJA DENGAN STEEL PLATE SHEAR WALL
DAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

KETERANGAN

MAHASISWA

Nur Bayyiti Monica Karena
0311154000046

NAMA GAMBAR

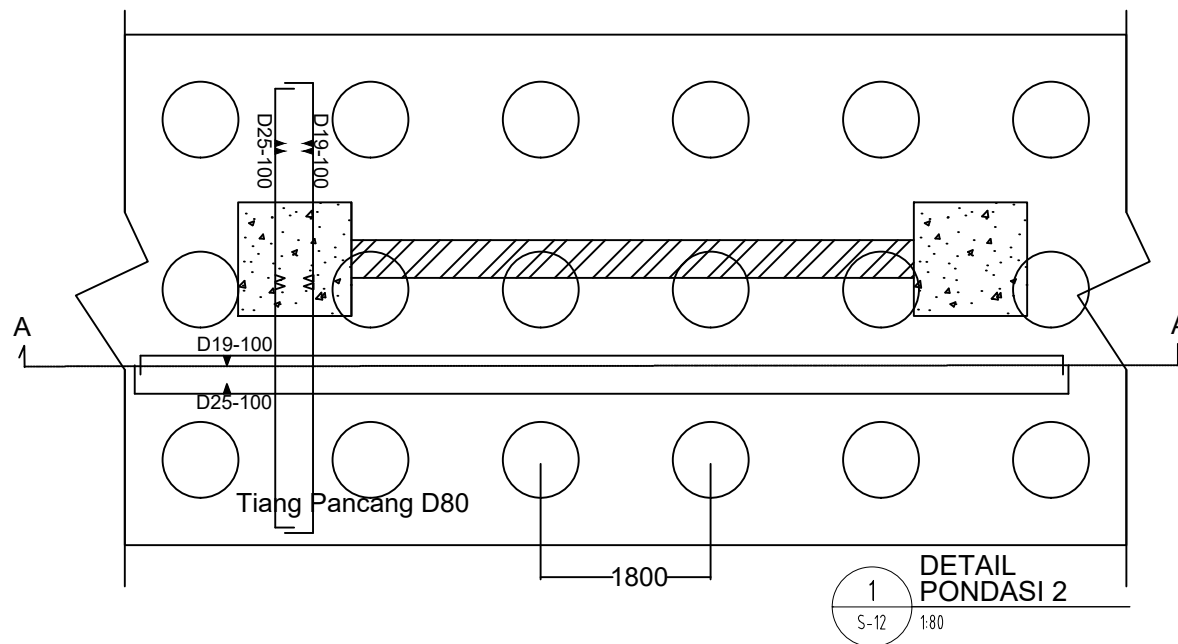
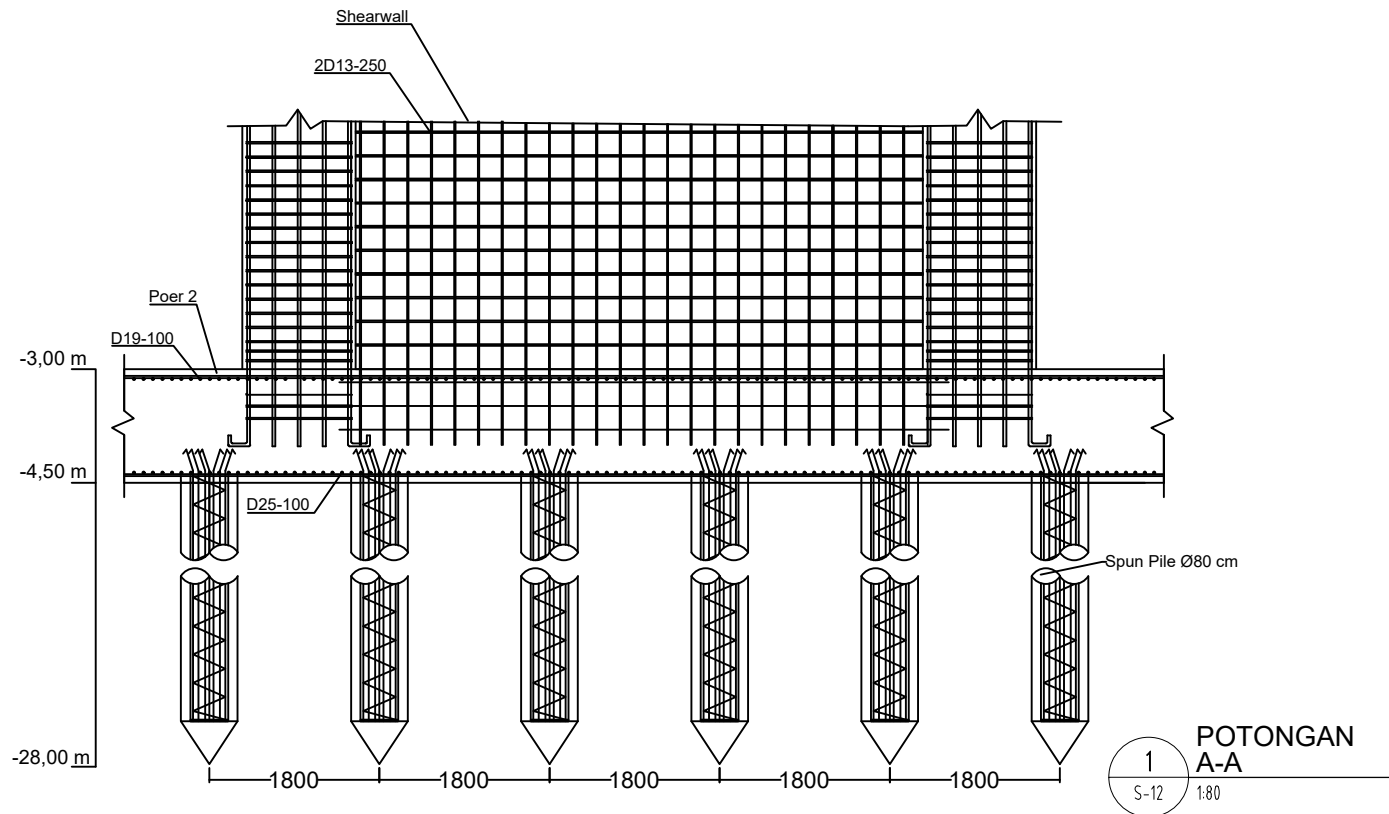
DETAIL PONDASI II

SKALA	KODE GAMBAR
1 : 80	STR

NO GAMBAR

51

60





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp. 031-5946094, Fax 031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	Nur Bayyiti Monica Karena
NRP	0311140000046
JUDUL TUGAS AKHIR	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Damno Hill Menggunakan Struktur Bangunan Baja dengan Steel Plate Shear Wall dan Concrete Filled Steel Tube
TANGGAL PROPOSAL	2 Januari 2019
NO. SP-MMTA	14647 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	13/3 2019	- Preliminary - Perhitungan struktur sekunder, Pelat dan Balok Anak	- Dilanjutkan ke perhitungan tangga. - Pelat diperbaiki tebal 12/15	
2.	5/4 2019	- Uraian gambar pada laporan diperbesar - Notasi tulangan diperbaiki - Perhitungan tangga - Perhitungan lift (Dimensi)	- Diperbaiki revisi - Bangunan dimodelkan menggunakan program bantu ETABS.	
3.	30/4 2019	- Permodelan	- Ukuran kolom diperbesar (20 x 20) - Di cek lagi kontrolnya.	
4.	9/5 2019	- Permodelan. • Kontrol Partisipasi maseu • Kontrol periode getas • Kontrol nilai akhir respon spektrum • Kontrol drift + dual sistem	- Dilanjutkan ke perhitungan struktur primer.	
5.	14/5 19	- Perhitungan struktur primer > Balok induk > kolom	- Dilanjutkan ke perhitungan kontrol spew dan sambungan	





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukofilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Nur Bagyiti Monica Karena
NRP	: 0311154000046
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Darmo Hill Menggunakan Struktur Bangunan Baja dengan Steel Plate Shear Wall dan Concrete Filled Steel Tube
TANGGAL PROPOSAL	: 2 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 14647 (IT 8.VI.4.1 / PP.05.02.00/2019)


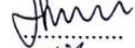


NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	20/5 2019	- kontrol spsw - perhitungan Sambungan	- Peraturan baru untuk Sambungan dipelajari > det - setiap perhitungan dilihat dan diberi penjelasan gambar - Perhitungan Basement	
7.	27/5 2019	- Perhitungan Dinding Perahan Tanah - Basement	- Perhitungan pondan Gambar diselesaikan	
8.	29/5 2019	- Perhitungan pondan dan Asistensi Gambar		

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **10 Juli 2019** jam **09:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

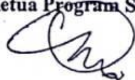
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111540000046	Nur Bayyiti Monica Karena	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Darmo Hill Menggunakan Struktur Bangunan Baja dengan Steel Plate Shear Wall dan Concrete Filled Steel Tube

- Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :
 - o Revisi gambar penulangan pelat lantai basement ✓
 - o Bangun bawah dgn SRPMK perlu ditambahkan kontrol HBK ✓
 - o kontrol geser balok bagian bawah ditambahkan sebagai syarat SRPMK. ✓
 - o Semua format penulisan, Spasi, ukuran huruf, jenis huruf dicek kembali
 - o Sebelum printing cek kembali
 - o Revisi semua kontrol tekuk lateral balok
 - o Denah untuk penulangan bondex & ketebalannya ditambahkan
 - o Penulangan dicek kembali D12 → D13
 - o Revisi gambarnya, cek semua judulnya
2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E
3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :
 - Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
 - Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD (Pembimbing 1)	
Harun AI Rasyid, ST. MT. PhD	
Aniendhita Rizki Amalia, ST. MT	
Data Iranata, ST. MT. PhD	

Surabaya, 10 Juli 2019

Mengetahui,
 Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang


 (.....) **DATA IRANATA**

Nama terang

FORM TAMBAHAN PERBAIKAN/PENYEMPURNAAN
SEMINAR & LISAN TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS

Nama Mahasiswa : Nur Bayyiti Monica K.
NRP : 0311154000046.

Saran/Masukan :

1. Cek kembali perhitungan kolom sengkang kolom ✓
2. Cek kembali perhitungan balok, termasuk cara mendapatkan nilai M_{pr} ✓

Surabaya,

(.....)

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Nur Bayyiti Monica Karena, dilahirkan di Surabaya, 18 September 1998, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kedunguneng (Mojokerto), SD Negeri Kedunguneng (Mojokerto), SMP Negeri 1 Bangsal (Mojokerto), SMA Negeri 1 Sooko (Mojokerto). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sooko Mojokerto tahun 2015, Penulis diterima di Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan terdaftar dengan NRP 031115 40000 046. Selama berkuliah di Departemen Teknik Sipil penulis sangat tertarik pada Bidang Studi Struktur, terutama pada penggunaan *Steel Plate Shear Wall* di dalam struktur gedung. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik bahasan mengenai perencanaan gedung yang menggunakan *Steel Plate Shear Wall*. Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui e-mail : monica15@mhs.ce.its.ac.id.