TUGAS AKHIR – RC1501

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL DARMO YOGYAKARTA MENGGUNAKAN *STEEL PLATE SHEAR WALL* (SPSW)

OKTAVIA ULLY ARTHA SILALAHI
NRP. 3114 106 060

Dosen Pembimbing I
Data Iranata, ST., MT., Ph.D

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

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

TUGAS AKHIR – RC1501

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL DARMO YOGYAKARTA MENGGUNAKAN *STEEL PLATE SHEAR WALL* (SPSW)

OKTAVIA ULLY ARTHA SILALAHI
NRP. 3114 106 060

Dosen Pembimbing I
Data Iranata, ST., MT., Ph.D

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

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

FINAL PROJECT – RC1501

MODIFICATION DESIGN STRUCTURES AT ROYAL DARMO HOTEL BUILDING OF YOGYAKARTA WITH STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

OKTAVIA ULLY ARTHA SILALAHI
NRP. 3114 106 060

Supervisor I
Data Iranata, ST., MT., Ph.D

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

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

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL DARMO YOGYAKARTA MENGGUNAKAN *STEEL PLATE SHEAR WALL* (SPSW)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:
OKTAVIA ULLY ARTHA SILALAHI
NRP. 3114 106 060

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. **Data Iranata, ST., MT., Ph.D** .....)
   NIP. 198004302005011002

2. **Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D** .....)
   NIP. 197301281998021002

SURABAYA
JANUARI, 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL DARMO YOGYAKARTA MENGGUNAKAN *STEEL PLATE SHEAR WALL* (SPSW)

Nama	**: Oktavia Ully Artha Silalahi**
NRP	**: 3114 106 060**
Jurusan	**: Teknik Sipil FTSP – ITS**
Dosen Pembimbing	**: 1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D**
	2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Struktur bangunan bertingkat rawan terhadap gaya lateral, terutama akibat gaya yang ditimbulkan gempa. Indonesia juga termasuk ke dalam wilayah yang memiliki intensitas terjadi gempa tinggi, salah satunya adalah daerah yogyakarta. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah memunculkan salah satu solusi untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tinggi yaitu dengan pemasangan dinding geser plat baja *(steel plate shear wall)*. Dinding geser plat baja (*steel plate shear wall*) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang. Tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi untuk proyek lain yang serupa, agar dapat memanfaatkan material baja sebagai bahan struktur gedung dengan pertimbangan keuntungan penggunaan material baja sebagai struktur gedung.

Pada perhitungan struktur gedung dengan sistem SPSW ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku di antaranya

SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, , SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural dan PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Dalam menganalisis strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

Dari analisis dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu : tebal plat atap 9 cm, pelat lantai 9 cm, pelat koridor 9 cm, dimensi balok induk lantai2-4 WF 800.300.14.26, lantai 5-7 WF 700.300.13.20, lantai 8-10 WF 600.300.12.20, lantai atap WF 500.200.10.16, dimensi kolom lantai 1-4 HSS 800.800.25.25, lantai 5-7 HSS 700.700.25.25, lantai 8-10 HSS 600.600.19.19. Perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang beton pracetak diameter 50 cm dengan kedalaman 16 m. Sloof ukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan utama 4D19 dan tulangan geser Ø12-150

Kata kunci : *Daktilitas, Dinding Geser, Modifikasi, Plat Baja*

MODIFICATION DESIGN STRUCTURES AT ROYAL DARMO HOTEL BUILDING OF YOGYAKARTA WITH STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

Name	**: Oktavia Ully Artha Silalahi**
NRP	**: 3114 106 060**
Department	**: Teknik Sipil FTSP – ITS**
Supervisor	**: 1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D**
	: 2. Budi Suswanto, S.T., MT., Ph.D

ABSTRACT

Structure of multistory buildings are prone to lateral force, especially due to the force created by the earthquake. Indonesia is also included in the territory which has a high-intensity earthquake, which is the Yogyakarta area. The development of science and technology have been bring up the one of the solutions to improve the performance of building structures as high as with the installation of steel plate shear wall (SPSW). Steel plate shear wall is a lateral load resisting system consisting of vertical steel plate infills connected to the surrounding beams and columns and installed in one or more bays along the full height of the structure to the form a cantilever wall.

In the calculation building structures with SPSW system refers to the applicable regulations including ISO 1726:2012 about Earthquake Resistance Planning Procedures for Building Structures and Non Building, ISO 1727:2013 about Minimum Load to Design Building and Other Structure, ISO 2847:2013 about Concrete Structural Requirements for Building Structures, ISO 1729:2015 about Specifications for Structural Steel Building Structures and Loading Regulation Indonesia for Building Structures PPIUG 1983. In process analyzing, structure will

reviewed by the effect of dynamic of earthquake loads by using auxiliary program SAP 2000.

From the analysis and the calculation results, are : rooftop plate thickness 9 cm, 9 cm floor plate, 9 cm corridor plate, the dimensions of the floor beam 2-4 WF 800.300.14.26, 5-7 floor is WF 700.300.13.20, 8-10 floor is 600.300.12.20, rooftop floor WF 500.200.10.16, dimension of column at floor 1-4 is HSS 800.800.25.25, 5-7 floor is HSS 700.700.25.25, 8-10 floor is HSS 600.600.19.19. Foundation design using precast concrete piles diameter 50 cm with a depth of 16 m. Sloop with of 40 cm x 60 cm with the main reinforcement and shear reinforcement Ø12-150 4D19.

Keyword : *Ductility, Modification, Shear Wall, Steel Plate*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Modifikasi Perencanaan **Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW).**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis tidak berjalan sendirian. Banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai. Maka dari itu dengan rasa hormat dan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga terkasih yang selalu memberikan dukungan dan semangat sampai selesainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Data Iranata, ST., MT., Ph.D dan bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan bimbingan dan motivasi.
3. Bapak Trijoko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Ibu Yusroniya Eka Putri, ST., MT selaku dosen wali
5. Teman-teman LJ angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca. Amin.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
ABSTRAK ..... **iii**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xxiii**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Permasalahan 3
1.3. Tujuan 4
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1. Umum 7
2.2. Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*) 8
2.2.1. Kelebihan dan Kelemahan Dinding Geser Pelat Baja 10
2.2.1.1. Kelebihan Dinding Geser Pelat Baja 10
2.2.1.2. Kelemahan Dinding Geser Pelat Baja 11
2.2.2. Jenis Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) 12

2.2.3. Analisis dan Desain Dinding Geser Pelat Baja 13
2.2.3.1. Model Dinding Geser Pelat Baja....14
2.2.4. Tipe Dinding Geser 20
2.2.5. Fungsi Dinding Geser 20
2.3. Kolom *Concrete Filled Steel Tube* 21
2.3.1. Pengertian Kolom *Concrete Filled Steel* Tube 21
2.3.2. Tipe Kolom *Concrete Filled Steel Tube* 21
2.3.3. Kelebihan Kolom *Concrete Filled Steel Tube* 22

BAB III METODOLOGI.....25
3.1. Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir 25
3.2. Pengumpulan Data.....26
3.3. Studi Literatur.....27
3.4. Preliminary Design 27
3.5. Analisa Pembebanan.....28
3.5.1. Beban Mati 28
3.5.2. Beban Hidup.....28
3.5.3. Beban Angin.....28
3.5.4. Beban Gempa 29
3.5.4.1. Penentuan Jenis Tanah.....29
3.5.4.2. Penentuan Wilayah 30
3.5.4.3. Spektrum Respon Desain.....33
3.5.4.4. Kategori Desain Siesmik 34
3.5.4.5. Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa 34
3.5.4.6. Geser Dasar Siesmik *(V)*.....35

3.5.4.7. Perhitungan Koefisien Respon Gempa 35
3.5.4.8. Perkiraan T Fundamental.....36
3.5.4.9. Distribusi Beban Gempa Vertikal 36
3.5.4.10. Distribusi Horizontal Gaya Gempa 37
3.5.4.11. Perencanaan Simpangan Antar Tingkat 37
3.5.5. Kombinasi Pembebanan.....38
3.6. Perencanaan Struktur Sekunder.....38
3.6.1. Perencanaan Tangga.....38
3.5.1. Perencanaan Balok Lift.....38
3.7. Permodelan Struktur.....39
3.8. Perencanaan Struktur Primer.....39
3.8.1. Balok.....39
3.8.2. Kolom.....43
3.8.3. Dinding Geser Plat Baja (SPSW).....50
3.9. Perencanaan Sambungan.....52
3.9.1. Baut.....52
3.9.2. Las.....54
3.10. *Base Plate* 57
3.11. Perencanaan Bangunan Bawah.....58
3.11.1. Poer.....58
3.11.1.1. Perencanaan Dimensi Poer 58
3.11.1.2. Kontrol Terhadap Geser Ponds....60
3.11.2. Tiang Pancang.....63
3.11.2.1. Gaya yang Bekerja Pada Sebuah Tiang Pancang.....63

3.11.2.2. Daya Dukung Tiang Pancang 64
3.11.2.3. Efisiensi Kelompok Tiang Pancang.....66
3.11.2.4. Daya Dukung Bahan Tiang Pancang.....66
3.11. Penggambaran 67

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER 69
4.1. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung 69
4.1.1. Pelat Lantai Atap 69
4.1.2. Pelat Lantai Hotel 71
4.1.3. Pelat Lantai Koridor 73
4.2. Perencanaan Balok Anak 75
4.2.1. Balok Anak Lantai Atap 75
4.2.2. Balok Anak Lantai Hotel.....79
4.2.3. Balok Anak Lantai Koridor 83
4.3. Perencanaan Balok Penggantung *Lift* 87
4.3.1. Balok Penumpu *Lift* Penumpang.....89
4.3.2. Balok Penumpu *Lift* Barang 98
4.4. Perencanaan Tangga 105
4.4.1. Tangga Lantai Hotel.....105
4.4.2. Anak Tangga 106
4.4.3. Peencanaan Bordes 111
4.4.4. Balok Utama Tangga 115
4.4.5. Balok Penumpu Tangga 124

BAB V PEMODELAN STRUKTUR.....131
5.1. Pembebanan Struktur Utama 132
5.1.1. Berat Total Bangunan 134

5.1.2. Kombinasi Pembebanan 134
5.2. Permodelan Dinding Geser Plat Baja 135
5.3. Pembebanan Gempa Dinamis 140
5.3.1. Lantai Tingkat Sebagai Diafragma 140
5.3.2. Arah Pembebanan 141
5.3.3. Parameter Respon Spektrum Rencana 141
5.3.4 Faktor Reduksi Gempa (R) 143
5.3.5. Faktor Keutamaan (I) 143
5.4. Kontrol Desain 143
5.4.1. Kontrol Partisipasi Massa 144
5.4.2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental 146
5.4.3. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum 148
5.4.4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*) 150

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER 153
6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer 153
6.1.1. Balok induk 153
6.1.1.1. Balok induk Bentang 8 meter 153
6.1.1.2. Balok Induk Bentang 4 meter 156
6.1.2. Kolom 160
6.1.2.1. Kolom Lantai 1-4 160
6.1.3. Dinding Geser Plat Baja (SPSW) 167
6.1.3.1. Desain Dinding Geser Plat Baja 167
6.1.3.2. Kontrol Desain Balok *(HBE)* 170
6.1.3.3. Kontrol Desain Kolom *(VBE)* 177

BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN.....183
7.1. Perencanaan Sambungan 183
7.1.1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk 183
7.1.2. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga 186
7.1.3. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom 190
7.1.4. Sambungan Kolom dengan Kolom 193
7.1.5. Sambungan Dinding Geser (SPSW) 195
7.1.6. Sambungan Balok *(HBE)* dengan Kolom *(VBE)* pada Dinding Geser Plat Baja (SPSW).....197
7.1.7. Sambungan Balok dengan Kolom.....204
7.1.8. Sambungan Kolom dengan *Base Plate* 208
7.1.9. Sambungan Dinding Geser (SPSW) dengan Sloof.....214

BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH.....217
8.1. Umum 217
8.2. Data Tanah 217
8.3. Perencanaan Pondasi 218
8.4. Daya Dukung Tanah.....218
8.4.1. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal 218
8.4.2. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok.....220
8.4.3. Repartisi Beban – Beban di Atas Tiang Kelompok.....221

8.5. Perhitungan Pondasi Bangunan 222
8.5.1. Daya Dukung Satu Tiang Pancang.....222
8.5.2. Perhitungan Repartisi Beban – Beban di Atas Tiang Kelompok 224
8.5.3. Perencanaan Poer pada Kolom.....225
8.5.4. Kontrol Geser Pons 225
8.5.5. Penulangan Poer.....230
8.6. Perencanaan Kolom Pedestal.....236
8.7. Perencanaan Sloof Pondasi.....238

BAB IX PENUTUP.....243
9.1. Kesimpulan 243
9.2. Saran 245
DAFTAR PUSTAKA 247
LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Steel Plate Shear Wall (Sumber : Joseph Stankevicius, 2011)* 9

Gambar 2.2 *Typical Steel Plate Shear Wall (Sumber : Astaneh-Asl, 2000)* 12

Gambar 2.3 Dinding Geser Pelat Baja *(Sumber : Berman dan Bruneau, 2004)* 13

Gambar 2.4 *Equivalent Story Brace Model (Sumber : Thorburn et al, 1983)* 15

Gambar 2.5 *Strip Model (Sumber : Driver et.al, 1998)* 19

Gambar 2.6 Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Geser Pelat Baja *(Sumber : Ericksen dan Sabelli, 2008)* 17

Gambar 2.7 Pola Dinding Geser Pelat Baja *(Sumber : Ericksen dan Sabelli, 2008)* 17

Gambar 2.8 Tipe Dinding Geser 20

Gambar 2.9 Penampang Kolom Komposit *(Sumber : Husada, 2013)* 22

Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan 25

Gambar 3.2 Bagan Alir Pengerjaan (lanjutan) 26

Gambar 3.3 Peta Percepatan Respon Spektral MCE_R Perioda Pendek T = 0.2 detik (S_s) di Batuan Dasar (S_B) *(Sumber : SNI 1726:2012)* 30

Gambar 3.4 Peta Percepatan Respon Spektral MCE_R Perioda Panjang, T = 1.0 detik (S_1) di Batuan Dasar (S_B) *(Sumber : SNI 1726:2012)*.....31
Gambar 3.5 Spektrum Respon Desain *(Sumber : SNI 1726:2012)*.....34
Gambar 3.6 Bidang Kritis Akibat Geser Satu Arah 61
Gambar 3.7 Bidang Kritis Akibat Geser Dua Arah.....63
Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap 69
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap 71
Gambar 4.3 Pelat Lantai Hotel 71
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Hotel.....73
Gambar 4.5 Pelat Lantai Koridor 73
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Koridor 75
Gambar 4.7 Denah Balok Anak Lantai Atap 76
Gambar 4.8 Denah Balok Anak Lantai Hotel.....80
Gambar 4.9 Denah Balok Anak Lantai Koridor 84
Gambar 4.10 Denah *Lift* Penumpang 88
Gambar 4.11 Potongan Melintang *Lift* Penumpang 88
Gambar 4.12 Tabel Spesifikasi *Lift* Penumpang 89
Gambar 4.13 Model Pembebanan Balok Penumpu *Lift* Penumpang 90
Gambar 4.14 Diagram Momen Balok Penggantung Lift Penumpang 94
Gambar 4.15 Denah *Lift* Barang 97

Gambar 4.16 Potongan Melintang *Lift* Barang 97
Gambar 4.17 Tabel Spesifikasi *Lift* Barang 98
Gambar 4.18 Model Pembebanan Balok Penumpu *Lift* Barang.....99
Gambar 4.19 Diagram Momen Balok Penggantung Lift Barang 103
Gambar 4.20 Denah Tangga 106
Gambar 4.21 Pelat Anak Tangga 106
Gambar 4.22 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga 108
Gambar 4.23 Perencanaan Bordes 111
Gambar 4.24 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga ...117
Gambar 4.25 Bidang M Balok Tangga.....119
Gambar 4.26 Bidang D Balok Tangga 120
Gambar 4.27 Bidang N Balok Tangga 121
Gambar 4.28 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga 124
Gambar 4.29 Pembebanan Balok Penumpu Tangga 125
Gambar 4.30 Posisi M_A, M_B, M_C Balok Penumpu Tangga 128
Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta.....131
Gambar 5.2 *Kotak Dialog Area Sections*.....135
Gambar 5.3 *Kotak Dialog Shell Sections Data* 136
Gambar 5.4 *Kotak Dialog Properties of Object* 136

Gambar 5.5 *Kotak Dialog ProAssign Automatic Area Mesh*.....138

Gambar 5.6 Aktifasi Pilihan *Add on Edge When Restraints/Contraints Exist at Adjacent Corner Point* pada Kotak Dialog *Assign Automatic Area Mesh*.....139

Gambar 5.7 Model 3 Dimensi Struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta dengan Dinding Geser Plat Baja (Stee*l Plate Shear Wall* / SPSW) ...140

Gambar 5.8 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Yogyakarta 142

Gambar 5.9 Hasil Analisis Struktur Menggunakan Program Bantu SAP 2000.....144

Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 800 × 800 × 25 × 25 161

Gambar 6.2 Pengaruh Gaya Momen dan Aksial pada Kolom Arah Sumbu X 165

Gambar 6.3 Pengaruh Gaya Momen dan Aksial pada Kolom Arah Sumbu Y 166

Gambar 6.4 Struktur Dinding Geser Plat Baja 168

Gambar 7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....183

Gambar 7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....190

Gambar 7.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom.....193

Gambar 7.4 Sambungan Kolom dengan Kolom.....195

Gambar 7.5 Sambungan SPSW dengan Kolom 197

Gambar 7.6 Sambungan *HBE* dengan *VBE* pada Dinding Geser 198
Gambar 7.7 Sambungan Balok dengan Kolom 204
Gambar 7.8 Sambungan Kolom dengan *Base Plate* 209
Gambar 7.9 Arah Beban Sumbu X pada *Base Plate* 211
Gambar 7.10 Sambungan Balok *(HBE)* dengan Sloof 214
Gambar 8.1 Pondasi Tiang Pancang Kolom 223
Gambar 8.2 Geser Ponds Akibat Kolom 226
Gambar 8.3 Geser Ponds Akibat Tiang Pancang 229
Gambar 8.4 Analisis Poer sebagai Balok Kantilever 230
Gambar 8.5 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X) 231
Gambar 8.6 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu Y) 233
Gambar 8.7 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col 237
Gambar 8.8 Penulangan Kolom Pedestal 238
Gambar 8.9 Penampang Sloof 400 x 600 242

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Klasifikasi Situs *(Sumber : SNI 1726:2012)*.....29

Tabel 3.2 Koefisien Situs, Fa *(Sumber : SNI 1726:2012)*...31

Tabel 3.3 Koefisien Situs, Fv *(Sumber : SNI 1726:2012)* ..32

Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Perioda Pendek *(Sumber : SNI 1726:2012)* 34

Tabel 3.5 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa *(Sumber : SNI 1726:2012)* 35

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Perioda Pendek *(Sumber : SNI 1726:2012)* 38

Tabel 3.7 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural *(Sumber : SNI 1729:2015).*.....40

Tabel 3.8 *Throat* Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian *(Sumber : SNI 1729:2015)*.....55

Tabel 3.9 Ukuran Minimum Las Sudut *(Sumber : SNI 1729:2015)*.....55

Tabel 5.1 Parameter Respon Gempa Wilayah Yogyakarta untuk Kelas Situs D (Tanah Sedang) 141

Tabel 5.2 Rasio Partisipasi Massa Hotel Royal Darmo Yoyakarta.....145

Tabel 5.3 Perioda dan Frekuensi Struktur.....147

Tabel 5.4 Reaksi Dasar Struktur 149

Tabel 5.5 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa 149
Tabel 5.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X 151
Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y 152
Tabel 8.1 Hasil Analisi SAP 2000 untuk Kolom 224

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertambahan penduduk yang semakin meningkat, mengakibatkan bertambah pula kebutuhan fisik antara lain untuk gedung perkantoran dan perumahan. Hal ini terutama sangat dirasakan dikota-kota besar. Salah satu jawaban untuk menyelesaikan hal ini adalah dengan pembangunan gedung kearah vertikal. Dalam perencanaan suatu bangunan gedung bertingkat haruslah didesain tahan terhadap gempa karena gedung akan mengalami getaran akibat percepatan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi yang sewaktu-waktu bisa terjadi.

Perencanaan struktur gedung tahan gempa merupakan hal yang mutlak dilakukan terutama pada daerah di wilayah rawan gempa seperti Indonesia. Agar mampu memikul gaya gempa, para perancang dan ahli struktur merancang suatu bangunan gedung berdasarkan suatu sistem struktur. Sistem struktur ini dibuat berdasarkan pada peraturan-peraturan yang telah ada.

Untuk dapat menahan beban tersebut perlu didesain struktur yang kuat. Pada bangunan tinggi tahan gempa, gaya-gaya yang terjadi cukup besar sehingga perlu menggunakan elemen-elemen kaku yang menyebabkan deformasi (lendutan) menjadi kecil. Oleh karena itu, digunakan material baja sebagai struktur utama dan struktur kaku berupa dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall*) untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa dan beban angin (Sabouri dan Sajjadi, 2012).

Penggunaan baja sebagai bahan struktur utama dimulai pada akhir abad kesembilan belas ketika metode pengolahan baja yang murah dikembangkan dengan skala yang luas. Baja merupakan bahan yang mempunyai sifat struktur yang baik. Baja mempunyai kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu baja adalah elemen

struktur yang memiliki batasan sempurna yang akan menahan beban jenis tarik aksial, tekan aksial dan lentur dengan fasilitas yang hampir sama. Berat jenis baja tinggi, tetapi perbandingan antara kekuatan terhadap beratnya juga tinggi sehingga komponen baja tersebut tidak terlalu berat jika dihubungkan dengan kapasitas muat bebannya, selama bentuk-bentuk struktur yang digunakan menjamin bahwa bahan tersebut dipergunakan secara efisien (Stankevicius, 2011).

Deformasi pada dinding geser akibat beban gempa menyerupai deformasi balok. Dinding geser mengalami deformasi geser dan rotasi secara keseluruhan akibat deformasi tanah. Deformasi pada rangka pemikul momen cenderung hampir sama pada tingkat atas dan bawah. Pada bangunan yang memiliki dinding geser deformasi yang terjadi sangat kecil di bawah dan besar di tingkat atas (Muto, 1990).

Dinding geser pelat baja adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang (Gracia dan Bruneau, 2006). Dalam beberapa penelitian ditunjukkan bahwa dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall*) menimbulkan kekakuan elemen yang besar, kekuatan, dan sangat daktail (Berman dan Bruneau, 2003). Maka dari itu, untuk mengurangi beban gempa yang terjadi secara memadai, sifat-sifat tersebut dapat dimanfaatkan. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa dinding geser pelat baja secara efektif dan ekonomis mampu menahan beban angin dan juga beban gempa (Driver, 1997).

Dengan mempertimbangkan keuntungan penggunaan material baja pada struktur bangunan gedung, maka Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Struktur *Steel Plate Shear Wall (SPSW)* diajukan sebagai tugas akhir. Perencanaan pembangunan Royal Darmo Hotel dengan jumlah 10 lantai yang semula menggunakan

struktur beton bertulang akan dimodifikasi menggunakan struktur baja dan dinding geser plat baja.

Peraturan yang digunakan pada modifikasi perencanaan ini yaitu Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013, ASCE 7-05), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) dan tentang Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).

1.2. Permasalahan

Permasalahan yang ditinjau dalam Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta menggunakan sistem struktur dinding geser plat baja *(steel plate shear wall)* adalah:

a. Permasalahan Umum :

Bagaimana merencanakan modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta menggunakan sistem struktur dinding geser plat baja (*Steel Plate Shear Wall* / SPSW) sesuai dengan peraturan yang berlaku?

b. Permasalahan Khusus :

1. Bagaimana menentukan preliminary desain gedung Hotel Royal Darmo dengan menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)* pada elemen balok dan kolom?
2. Bagaimana pembebanan gedung Hotel Royal Darmo setelah dimodifikasi?
3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder dan struktur utama?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000?
5. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur baja?

6. Bagaimana merencanakan pondasi sesuai beban yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan?
7. Bagaimana menuangkan hasil akhir modifikasi perencanaan dalam bentuk gambar teknik?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

a. Tujuan Umum :

Mendapatkan hasil perencanaan struktur baja Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta menggunakan sistem struktur dinding geser plat baja (*steel plate shear wall* / SPSW) sesuai dengan peraturan yang berlaku.

b. Tujuan Khusus :

1. Menentukan preliminary desain gedung Hotel Royal Darmo dengan menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)* pada elemen balok dan kolom
2. Menghitung pembebanan gedung Hotel Royal Darmo setelah dimodifikasi
3. Merencanakan struktur sekunder dan struktur utama
4. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000
5. Merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur baja
6. Merencanakan pondasi sesuai beban yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan
7. Menuangkan hasil akhir modifikasi perencanaan dalam bentuk gambar teknik

1.4. Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dan masalah yang telah diuraikan di atas, maka diperlukan pembatasan masalah yang meliputi :

1. Modifikasi perencanaan gedung ini dimaksudkan sebagai bahan studi sehingga tidak memperhitungkan aspek ekonomi
2. Tidak membahas detail metode pelaksanaan
3. Peraturan yang digunakan yaitu, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktural Lain (SNI 1727:2013, ASCE 7-05), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) dan tentang Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).

1.5. Manfaat

Manfaat yang bisa diharapkan dari modifikasi perencanaan ini adalah :

1. Dapat merencanakan struktur baja yang memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku.
2. Sebagai bahan pertimbangan dalam menggunakan jenis pengaku untuk mendesain konstruksi bangunan baja.
3. Sebagai rekomendasi bagi dunia konstruksi yang berkaitan dengan bangunan baja yang menggunakan dinding geser pada strukturnya untuk menahan beban lateral.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
TI NJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Bangunan tinggi tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dindng geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Dinding geser adalah struktur vertikal yang digunakan pada bangunan tingkat tinggi. Fungsi utama dari dinding geser adalah menahan beban lateral seperti gaya gempa dan angin. Dinding geser tidak hanya terbuat dari material beton saja tetapi dewasa ini sudah berkembang dinding geser yang terbuat dari pelat baja. Tentunya kedua jenis dinding geser ini memiliki karakter dan sifat yang berbeda dan hanya diterapkan pada struktur yang sama dengan material masing-masing. Dalam beberapa tahun terakhir terdapat alternatif penggunaan dinding geser pelat baja dianggap lebih efisien dibandingkan dinding geser beton (Suryani, 2012).

Perencanaan bangunan tahan gempa ialah bangunan yang tahan digoncang gempa meski sebagian bangunan rusak saat gempa besar tetapi bangungan tetap berdiri. Perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah rawan gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu :

- Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.

- Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan.

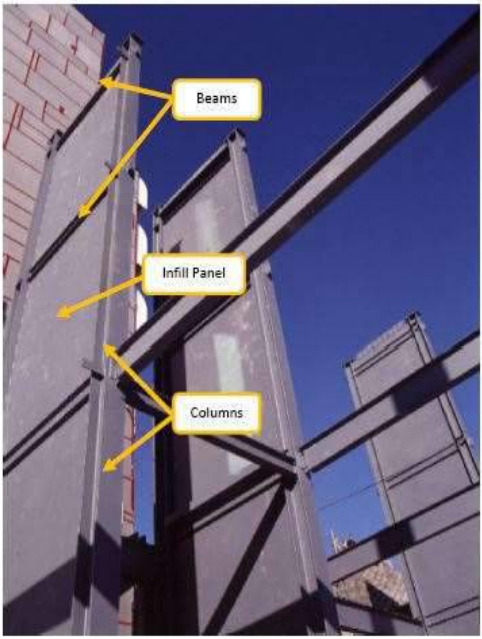
2.2. Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

Dinding geser pelat baja sudah cukup lama digunakan sebagai sistem penahan gaya lateral dari beban angin dan beban gempa. Dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall*) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang (Berman dan Bruneau, 2003). Dinding geser pelat baja mempunyai keuntungan dalam berbagai hal, misalnya dalam biaya, daktilitas, kekakuan awal yang tinggi, proses pengerjaan yang cepat di lapangan dan juga dalam pengurangan beban gempa. Fungsi utama dari dinding geser pelat baja adalah menahan beban lateral yang terjadi dan menahan gaya horizontal.

Dinding geser pelat baja secara efektif dan ekonomis mampu menahan beban angin dan beban gempa yang terjadi. Dinding geser pelat baja ini terhubung ke sisi-sisi balok dan kolom yang bekerja secara bersama-sama dalam manahan beban gempa dan beban angin (Habashi, 2010). Secara umum, dinding geser pelat baja terdiri dari dinding pelat baja, batang vertikal / kolom dan batang horizontal / balok. Batang vertikal / kolom berfungsi sebagai flens / sayap, dinding geser pelat baja berfungsi sebagai web / badan dan batang horizontal berfungsi sebagai pengaku (Astaneh, 2000).

Sistem dinding geser pelat baja ini terdiri dari balok biasa dan kolom yang membentuk portal, disambungkan dengan panel pengisi seperti terlihat pada gambar 2.1. Terdapat beberapa variasi dari dinding geser pelat baja dengan beberapa variabel seperti pengaku, sambungan geser balok-kolom, panel berlubang, panel yang dibaut dan dilas, dan lain sebagainya. Setelah sistem dinding geser pelat baja ini telah dibangun, akan terlihat

kekakuan yang begitu tinggi dari beban angin yang terjadi dan kapasitas penyerapan yang luar biasa dari beberapa pembebanan lainnya seperti gempa.



Gambar 2.1. *Steel Plate Shear Wall Elements*
(Joseph Stankevicius, 2011)

Dinding geser pelat baja *(steel plate shear wall)* terbagi atas :

1. Dinding geser pelat baja yang tidak kaku,
2. Dinding geser pelat baja yang kaku,
3. Dinding geser pelat baja yang komposit dengan beton (Nateghi dan Khazaei, 2012).

2.2.1. Kelebihan dan Kelemahan Dinding Geser Plat Baja

Pada dasarnya dinding geser plat baja memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung dari jenis bangunan yang ditinjau.

2.2.1.1. Kelebihan Dinding Geser Plat Baja

1. Ketebalan Dinding

   Ketebalan dinding geser plat baja lebih kecil daripada ketebalan dinding geser beton. Pada beberapa studi yang dilakukan, perbedaan ketebalan dinding geser pelat baja dan dinding geser beton mencapai 2%. (Seilie dan Hooper, 2005)

2. Berat Bangunan

   Dari hasil penelitian, berat bangunan yang menggunakan dinding geser pelat baja lebih ringan dibandingkan dengan berat bangunan yang menggunakan dinding geser beton. Perbedaan berat bangunan tersebut adalah sekitar 18%, yang mana terjadi pengurangan beban pada beban gravitasi dan beban gempa. (Seilie dan Hooper, 2005)

3. Pekerjaan Konstruksi yang Cepat

   Penggunaan dinding geser pelat baja mengurangi waktu pekerjaan konstruksi. Tidak hanya cepat pada waktu pemasangan tetapi juga pada waktu perawatan. Hasil studi juga menunjukan bahwa pengerjaan dinding geser pelat baja jauh lebih mudah dari pada pengerjaan sistem rangka bresing konsentrik khusus. (Seilie dan Hooper, 2005)

4. Daktilitas

   Pelat baja tipis memiliki kapasitas pasca tekuk yang baik. Dinding geser pelat baja dapat bertahan hingga 4% tanpa mengalami kerusakan signifikan, meskipun sebagian besar kerusakan terjadi pada tepi panel pelat baja. Ada beberapa kerusakan pada panel karena lentur. Namun, kerusakan ini tidak mengurangi kapasitas kekakuan pelat. (Aztaneh dan Zhao, 2002)

5. Sistem yang Teruji

   Aztaneh dan Zhao (2002) melakukan studi pada dua gedung yang menggunakan dinding geser pelat baja sebagai penahan utama beban lateral dan dua gedung tersebut mampu menahan getaran gempa bumi. Sistem ini telah diuji sejak tahun 1970 dan telah diatur dalam National Building Code of Canada (NBCC) sejak 1994 dan juga telah diatur pada American Institute of Steel Construction (AISC) Seismic Provisions pada tahun 2005. (Seilie dan Hooper, 2005)

2.2.1.2. Kelemahan Dinding Geser Plat Baja

1. Kekakuan

   Dinding geser pelat baja pada umumnya lebih lentur dibandingkan dengan dinding geser beton. Sehingga ketika menggunakan dinding geser pelat baja pada gedung bertingkat tinggi perencana perlu menambahkan pengaku. (Seilie dan Hooper, 2005)

2. Urutan Pekerjaan Konstruksi

   Urutan pekerjaan konstruksi sangat perlu diperhatikan dalam pemasangan dinding geser pelat baja untuk menghindari tekanan awal berlebihan pada dinding pelat baja. Pada kasus di sebuah gedung, pengelasan pelat sambung pada dinding geser ditunda sampai sebagian besar deformasi akibat beban mati dalam rangka. Hal ini dimaksudkan untuk meringankan tekanan awal pada dinding geser pelat baja. (Seilie dan Hooper, 2005)

3. Sistem Baru

   Karena ketidakpahaman terhadap dinding geser pelat baja, kontraktor akan mengestimasi biaya yang tinggi dalam pemasangan dinding geser pelat baja. Hal ini dapat diatasi dengan melibatkan kontraktor dalam perencanaan dinding geser pelat baja. (Seilie dan Hooper, 2005)

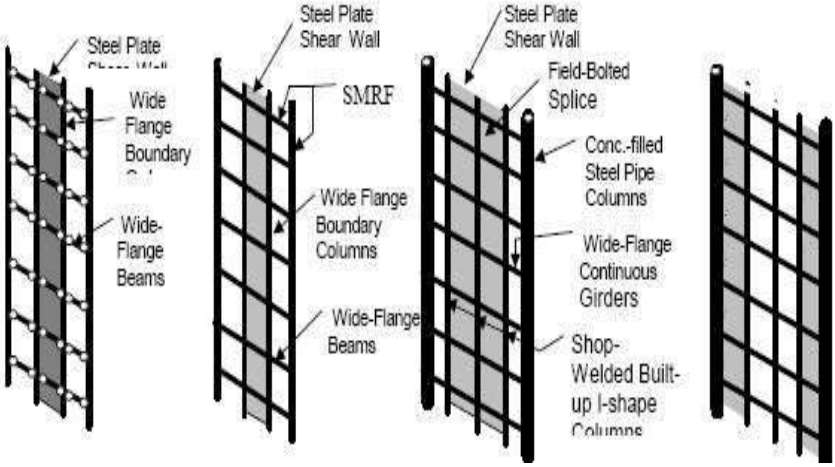
2.2.2. Jenis Dinding Geser Plat Baja *(SPSW)*

Ada 2 jenis dinding geser plat baja, yaitu *core systems* dan *planar systems.* 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 pelat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik. (Seilie dan Hooper, 2005)

Sistem pada dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) terdiri dari 4 sistem yaitu :



(a) Steel plate shear wall (b) Dual steel plate shear wall system (c) Dual SWMB shear wall system (d) Dual SWMB shear wall system

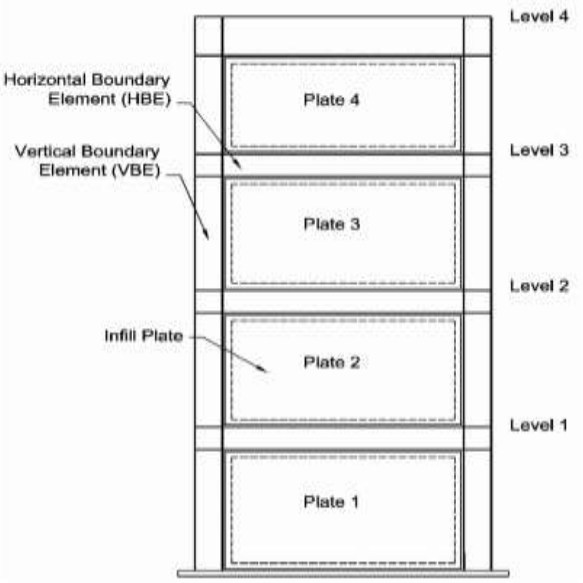
Gambar 2.2. *Typical Steel Plate Shear Wall*
(Astaneh-Asl, 2000)

2. *Multiple Planar SPSW*

Dinding geser pelat 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. (Seilie dan Hooper, 2005)

2.2.3. Analisis dan Desain Dinding Geser Pelat Baja

Dinding geser pelat baja terdiri dari batang vertikal yang disebut dengan kolom, batang horizontal yang disebut dengan balok dan pelat pengisi tipis yang melengkung pada bidang geser dan membentuk bidang diagonal untuk menahan beban gempa. (Berman dan Bruneau, 2004) Seperti ditunjukan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Dinding Geser Pelat Baja
(Berman dan Bruneau, 2004)

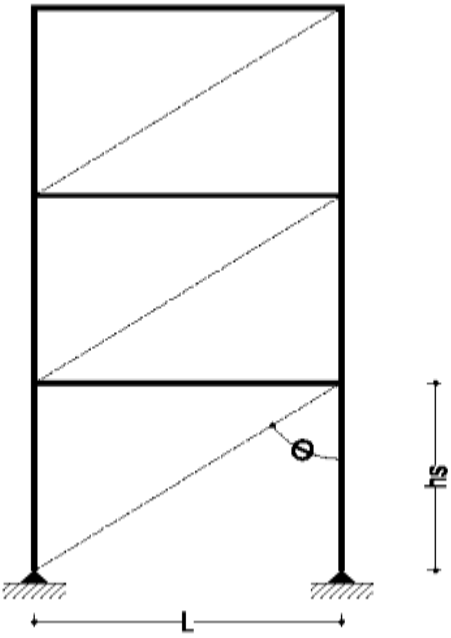
Dinding geser pelat baja direncanakan dan dianalisis untuk menentukan kekuatan elemen dalam sistem, menentukan distribusi gaya geser gempa antara pelat geser dan batang vertikal (kolom) dan untuk menghitung perpindahan lateral batang (Seilie dan Hooper, 2005).

2.2.3.1. Model Dinding Geser Plat Baja

- **Strip Model**

Salah satu model yang direkomendasikan untuk mewakili SPSW yang dikembangkan oleh Thorbun et al, (1983) adalah model strip. Model ini secara umum digunakan untuk menyediakan nilai kekuatan ultimate yang tepat. Dalam perencanaan ini, model strip digunakan sebagai alternatif untuk desain SPSW.

Perencanaan awal dilakukan dengan menggunakan pelat pada setiap tingkat sebagai rangka yang dikenal dengan sebutan *equivalent story brace model* (model rangka yang sama pada setiap lantai), yang membentang di sepanajng garis diagonal batang. Seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Equivalent Story Brace Model*
(Thorburn et al, 1983)

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

$$t = \frac{2A \cdot \sin\theta \cdot \sin 2\theta}{L \cdot \sin^2 2\theta} \qquad (2.1)$$

Dimana :

A = luas penampang di setiap rangka per lantai
L = panjang bentang
θ = sudut antara batang vertikal dan bidang diagonal

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

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1+\frac{t \cdot L}{2A_c}}{1+t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \qquad (2.2)$$

Dimana :

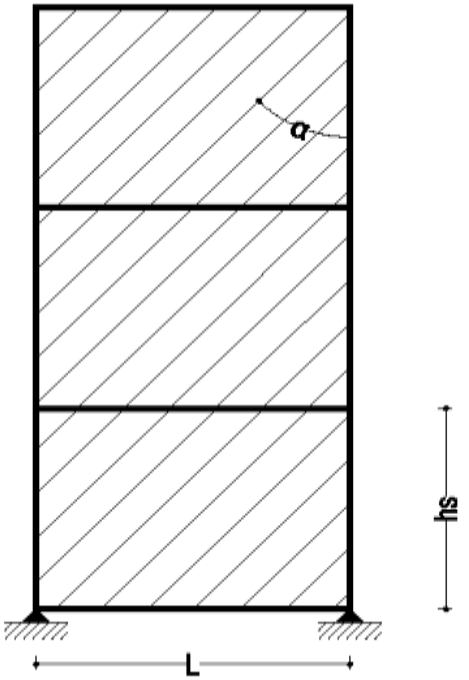
t = ketebalan pelat
Ac = luas penampang kolom
Ic = momen inersia kolom
hs = tinggi tiap lantai
Ab = luas penampang balok

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

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \qquad (2.3)$$

Penelitian yang dilakukan oleh Thorburn et al (1983) dan diteruskan oleh Driver et al (1998) menunjukan bahwa dinding geser plat baja direncanakan dengan menggunakan rangka yang berfungsi sebagai pengaku dengan sudut kemiringan tarik pelat 30°-55°. Pada umumnya sudut yang digunakan adalah 45°, yang mana model tersebut mewakili pelat sebagai batang tarik atau strip. Model itu dikenal dengan nama *strip model* atau *multistrip model*, seperti pada gambar 2.4, dimana sudut α dihitung untuk

menganalisis dinding geser pelat baja dengan menggunakan persamaan 2.2. Gambar *strip model* ditunjukan oleh gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Strip Model*
(Driver et al, 1998)

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

$$t_{wi} = \frac{2V_i}{F_y \cdot L \cdot \sin(2\alpha_i)} \quad (2.4)$$

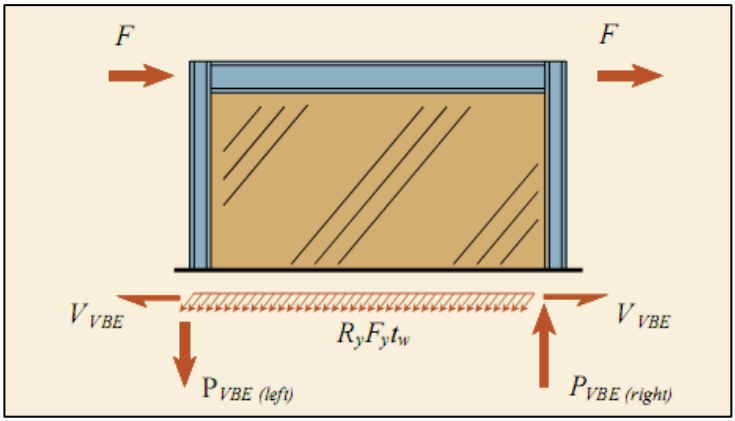
twi = ketebalan pelat perlantai
Vi = gaya geser perlantai
Fy = kuat tarik baja
L = panjang bentang
α = sudut antara bidang tarik pelat dan batang vertikal

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

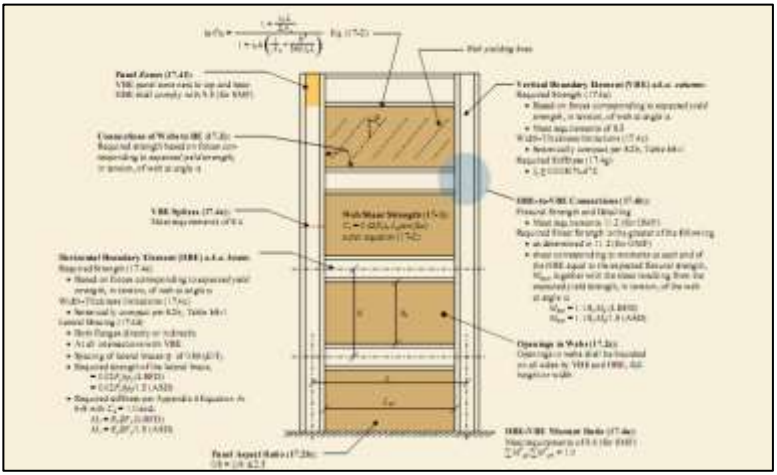
$$0.7h\left(\frac{t_w}{2L \cdot I_c}\right)^{0.25} \leq 2.5 \quad (2.5)$$

- **Orthotrophic Membrane Model**

Pada model ini, pelat direncanakan dengan bentuk orthotropic (sifat elemen tergantung pada sumbu) dengan tekan yang berbeda dan perlawanan tarik dari pelat. Sumbu lokal pada elemen ditetapkan untuk menghitung sudut tegangan tarik, α (Ericksen dan Sabelli, 2008). Pola desain dan perencanaan gaya-gaya yang bekerja pada dinding geser ditunjukan pada gambar 2.6 dan gambar 2.7.



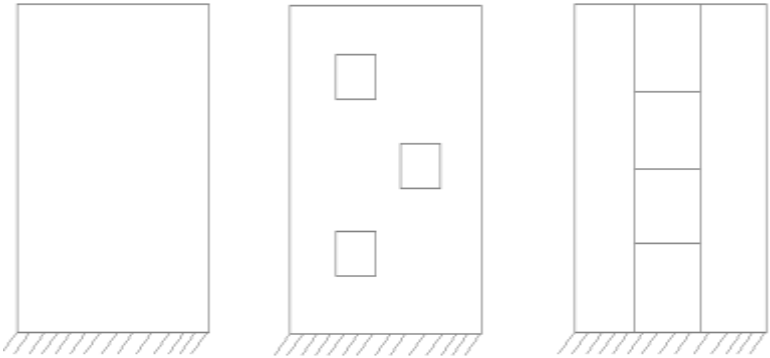
Gambar 2.6. Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Geser Pelat Baja
(Ericksen dan Sabelli, 2008)



Gambar 2.7. Pola Dinding Geser Pelat Baja
(Ericksen dan Sabelli, 2008)

2.2.4. Tipe Dinding Geser

Tipe dinding geser dapat dibedakan menurut variasi dinding geser terhadap ketinggiannya. Untuk gedung dengan ukuran sedang, bentuk dari dinding geser tidak mengalami perubahan terhadap ketinggian struktur. Untuk gedung bertingkat tinggi tipe-tipe dinding geser yang bisa digunakan dapat dibedakan sebagai berikut, yaitu : (a) *cantilever*, (b) *cantilever wall* , (c) *cantilever wall* dengan ruang terbuka atau *couple wall with opening.* Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



(a) *cantilever* (b) *cantilever wall* (c) *couple wall with opening*

Gambar 2.8. Tipe Dinding Geser

Untuk *cantilever wall* gaya lateral merupakan beban terpusat yang bekerja pada tiap lantai struktur, dimana juga diperhitungkan stabilitas dinding terhadap lateral *buckling* dengan ketebalan dinding yang relatif.

2.2.5. Fungsi Dinding Geser

Fungsi dinding geser ada dua, yaitu kekuatan dan kekakuan

- Kekuatan : Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal. Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan

mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban dibawah mereka seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding, lembaran atau footings.

- Kekakuan : Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan. Bangunan yang cukup kaku biasanya kerusakan yang terjadi pada bagian nonstruktural gedung.

2.3. Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

2.3.1. Pengertian Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

Concrete filled steel tube merupakan kolom baja yang berintikan beton. Pada perkembangan zaman *Concrete Filled Steel Tube* (*CFT*) digunakan dalam struktur utama karena memiliki kekuatan yang tinggi, daktalitas yang tinggi, serta kekakuan yang tinggi. Kolom baja ini diisi dengan beton agar menjadi solusi untuk meningkatkan perlawanan tekuk lokal dari baja berdinding tipis (FeiXu, Ju Chen, Wei-liang Jin, 2014).

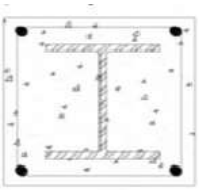
2.3.2. Tipe Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

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 (Salmon & Jonson, 1996).

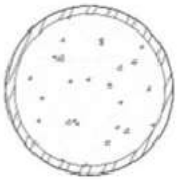
Ada dua kolom tipe komposit, yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton), seperti Gambar 2.4 (a) (Husada, 2013).

2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), seperti Gambar 2.4 (b) (Husada, 2013)



(a) Kolom baja berselubung beton



(b) Kolom baja berintikan beton

Gambar 2.9. Penampang Kolom Komposit
(Husada, 2013)

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 (Mursid, 2013).

2.3.3. Kelebihan Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

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

1. Interaksi antara pipa baja & beton (Morino, 2001):
   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.

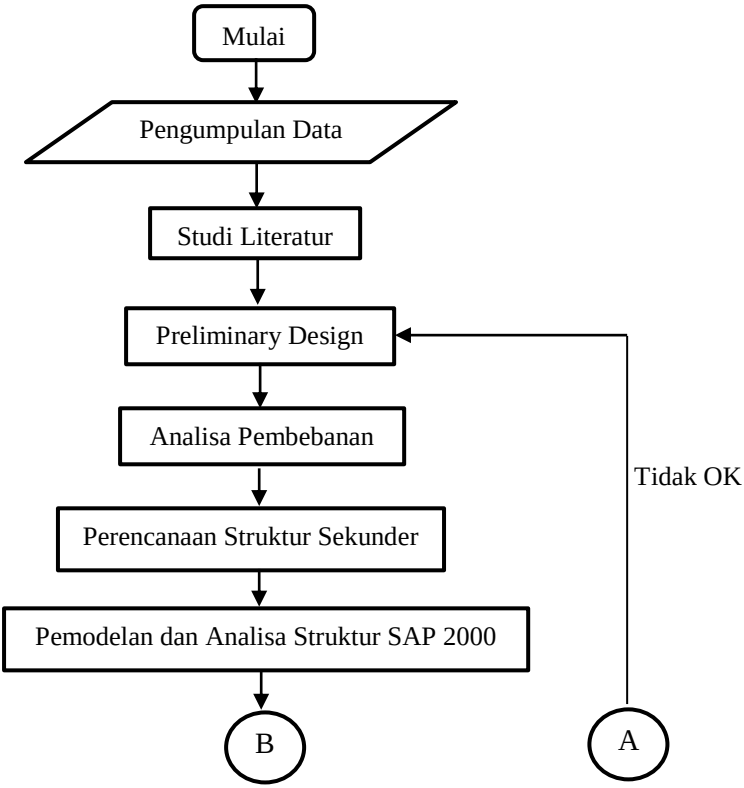
   c. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang (Morino, 2001) :
   a. Rasio baja dari *CFT* jauh lebih banyak dari beton bertulang.
   b. Baja dari penampang *CFT* berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang terluar.
3. Efisiensi Konstruksi (Morino, 2001) :
   a. Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi.
   b. Tempat konstruksi tetap terjaga bersih
4. Tahan Kebakaran (Morino, 2001) :
   a. Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

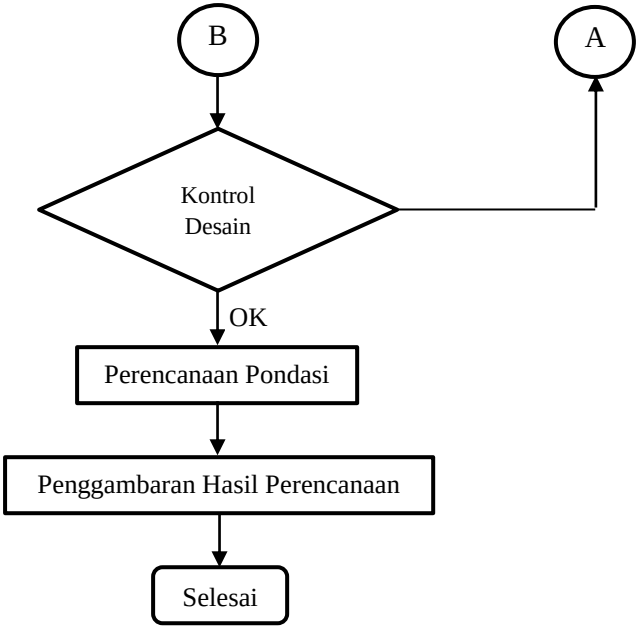
BAB III
METODOLOGI

Pada metodologi akan dijelaskan tahap pengerjaan tugas akhir ini secara terinci. Perencanaan Struktur Royal Darmo yang dulunya menggunakan struktur beton bertulang akan dimodifikasi dengan menggunakan struktur baja dengan dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall* / SPSW).

3.1. Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir



Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan



Gambar 3.2 Bagan alir pengerjaan (lanjutan)

3.2. Pengumpulan Data

1. Data Umum Bangunan Sebelum Dimodifikasi
   Nama gedung : Hotel Raya Darmo Yogyakarta
   Fungsi : Hotel
   Lokasi : Jl. Kemetiran Kidul - Yogyakarta
   Jumlah lantai : 7 lantai dan 1 lantai atap
   Tinggi bangunan : 30.04 m
   Struktur utama : Struktur beton bertulang
   Struktur bawah : Pondasi pile cap
2. Data Gambar
   Data gambar berupa gambar arsitektur dan gambar struktur gedung.

3. Data Tanah
   Data tanah berupa grafik SPT

3.3. Studi Literatur

Melakukan studi refrensi yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir dengan menyesuaikan pada sistem struktur yang digunakan yaitu sistem ganda dengan dinding geser pelat baja. Adapun literatur serta peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. SNI 1727:2013, ASCE 7-05 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktural Lain
3. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
4. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
5. PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung.
6. Buku-buku refrensi struktur baja
7. Hasil *browsing* di internet berupa hasil penelitian dan jurnal.

3.4. Preliminary Design

Preliminary design ini merupakan penentuan dimensi awal struktur yang digunakan. Dimensi awal meliputi struktur utama dan struktur sekunder. Modifikasi perencanaan Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta meliputi struktur utama: balok induk menggunakan profil IWF, balok anak menggunakan IWF, perencanaan kolom menggunakan *Concrete Filled Steel Tube (CFT)* dan untuk struktur kaku menggunakan *steel plate shear wall* (SPSW).

Berikut data spesifikasi struktur yang akan direncanakan :
Data Umum Bangunan Setelah Dimodifikasi

Nama gedung	: Hotel Royal Darmo
Fungsi	: Hotel
Lokasi	: Jl. Kemetiran Kidul - Yogyakarta
Jumlah lantai	: 10 lantai dan 1 lantai atap
Tinggi bangunan	: 36 m
Mutu beton (f'c)	: 30 MPa
Mutu baja (fy)	: BJ 37
Balok	: IWF
Kolom	: Concrete Filled Steel Tube (CFT)
Struktur bawah	: Pondasi Tiang Pancang

3.5. Analisa Pembebanan

3.5.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Besaran beban mati untuk bangunan gedung dilihat pada Pasal 2-SNI 1727:2013.

3.5.2. 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. Besaran beban mati untuk bangunan gedung dilihat pada pasal 2-SNI 1727:2013.

3.5.3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban yang memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak

lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Koefisien angin untuk gedung tertutup pada bidang-bidang luar, koefisien angin (Kd) = 0.85

3.5.4. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Peraturan beban gempa diatur dalam SNI 1726-2012.

3.5.4.1. Penentuan jenis tanah

Dengan data SPT maka persamaan yang digunakan untuk menentukan jenis tanah adalah sebagai berikut:

$$\overline{N} = \frac{\sum_{j=1}^{n} di}{\sum_{j=1}^{n} \frac{di}{\overline{Ni}}} \qquad (3.1)$$

Keterangan :

d_i = Kedalaman lapisan tanah uji

N_i = Nilai SPT

$\sum_{j=1}^{n} di$ = 30 meter atau lebih

Dari perhitungan akan didapatkan rata-rata nilai SPT $\left(\overline{N}\right)$ yang kemudian dikontrol dengan tabel 3.1 untuk menentukan jenis tanahnya berdasarkan kelas situs tanahnya.

Tabel 3.1 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\overline{N}$ atau $\overline{N}_{ch}$
SA (batuan keras)	N/A
SB (batuan)	N/A

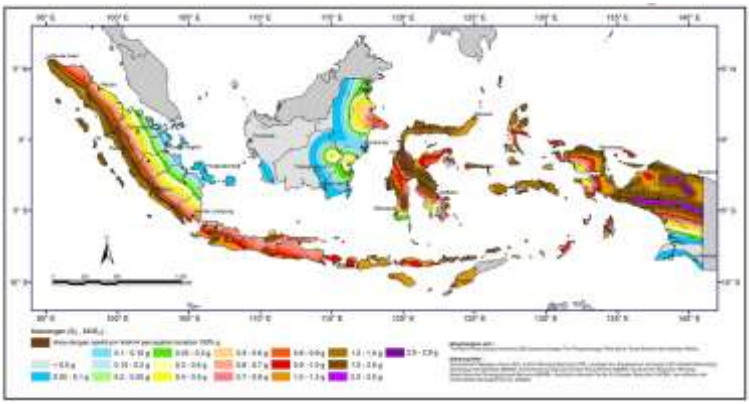
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>50
SD (tanah sedang)	15 sampai 50
SE (tanah lunak)	< 15

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 1726:2012)

3.5.4.2. Penentuan wilayah

Menentukan wilayah yang akan ditinjau untuk perencanaan perhitungan, dalam tugas akhir ini wilayah menyesuaikan letak existing gedung Hotel Royal Darmo yaitu di Kota Yogyakarta. Pada gambar 3.3 dapat dilihat letak kota Yogyakarta yang selanjutnya akan didapat nilai parameter percepatan respon spektral MCE_R terpetakan untuk perioda pendek T= 0.2 detik (S_s) dan selanjutnya digunakan untuk menentukan koefisien situs perioda pendek (F_a) dengan melihat tabel 3.2.



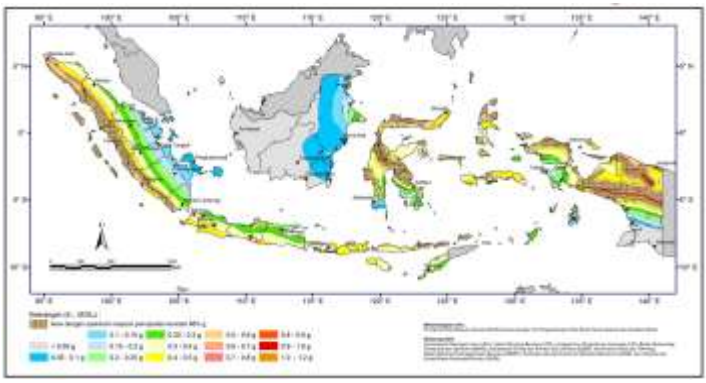
Gambar 3.3 Peta Percepatan Respon Spektral MCE_R Perioda Pendek T= 0.2 detik (S_s) di Batuan Dasar (S_B)

(Sumber: SNI 1726:2012)

Tabel 3.2 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respon Spektrl Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Perioda Pendek, T = 0.2 detik, (S_s)				
	$S_s \leq$ 0.25	$S_s =$ 0.5	$S_s =$ 0.75	$S_s =$ 1.0	$S_s \geq$ 1.25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.4	1.2	0.9	0.9
SF	SS^b				

Kemudian mentukan nilai parameter percepatan respon spektral MCE_R terpetakan untuk perioda pendek T= 1.0 detik (S_1) pada gambar 3.3 dan selanjutnya digunakan untuk menentukan koefisien situs perioda panjang (F_v) dengan memperhatikan tabel 3.3.



Gambar 3.4 Peta Percepatan Respon Spektral MCE_R Periода Panjang, T= 1.0 detik (S_1) di Batuan Dasar (S_B)
(Sumber: SNI 1726:2012)

Tabel 3.3 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter Respon Spektrl Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Perioda Pendek, T = 0.2 detik, (S_s)				
	$S_s \leq 0.1$	S_s = 0.2	S_s = 0.3	S_s = 0.4	$S_s \geq 0.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS^b				

Tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan dengan rumus-rumus berikut ini:

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

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (3.3)$$

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.5)$$

Keterangan :

F_a = Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0.2 detik)

F_v = Koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1.0 detik)

S_{MS} = Parameter percepatan respon spektral MC_E pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

S_{M1} = Parameter percepatan respon spektral MC_E pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

S_{DS} = Parameter percepatan respon spektral pada perioda pendek, redaman 5%

S_{DS} = Parameter percepatan respon spektral pada perioda1 detik, redaman 5%

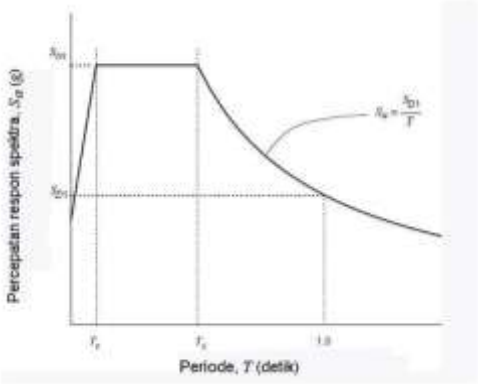
3.5.4.3. Spektrum respon desain

Untuk menggambarkan grafik respon spektrum terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai T_0 dan T_S .

$$T_0 = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.6}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.7}$$

Kemudian hasil nilai-nilai tersebut disajikan dalam bentuk grafik respon spektrum.



Gambar 3.5 Spektrum Respon Desain
(Sumber: SNI 1726:2012)

3.5.4.4. Kategori desain seismik

Bangunan gedung hotel menurut kategori resiko terhadap beban gempa pada SNI 1726-2012 termasuk kategori resiko II. Maka dapat dilihat pada tabel 3.4 untuk menetukan kategori resiko daerah yang ditinjau.

Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Perioda Pendek

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

3.5.4.5. Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Memilih faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (Cd) dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:2012 pasal 7.2.2)

Tabel 3.5 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI[NK]
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

Sistem Penahan-Gaya Seismik Pada Sistem Rangka Bangunan
(Sumber: SNI 1726:2012)

3.5.4.6. Geser Dasar Seismik *(V)*

Geser dasar seismik (*V*), dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai persamaan berikut pasal 7.8.1 :

$$V = C_s \times W \tag{3.8}$$

Keterangan :
C_s = Koefisien respons gempa sesuai dengan pasal 7.8.1.1
W = Berat struktur bangunan yang terdiri dari beban mati dan beban lainnya yang termasuk pada pasal 7.7.2.

3.5.4.7. Perhitungan Koefisien Respon Gempa

Perhitungan koefisien respon gempa, C_s harus dihitung berdasarkan pasal 7.8.1.1:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \tag{3.9}$$

Dimana :

S_{DS} = Percepatan respons spektrum pada periode pendek pada pasal 6.3 atau 6.9
R = Faktor modifikasi respon, dalam tabel 9
I_e = Faktor keutamaan gempa, sesuai pasal 4.1.2

3.5.4.8. Perkiraan T Fundamental

Perkiraan waktu getar fundamental (T_a), dalam detik, dapat dapat dihitung berdasarkan persamaan Pasal 7.8.2.1 :

$$T_a = C_t h_n^{\ x} \tag{3.10}$$

Keterangan :
h_n adalah tinggi struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertiggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 15 pada Pasal 7.8.2.1.

3.5.4.9. Distribusi Beban Gempa Vertikal

Distribusi Beban Gempa Vertikal

$$Fx = Cvx \cdot V \tag{3.11}$$

$$C_{vx} = \frac{w_{x.\ hx^k}}{\Sigma_{i=1}^{n} w_i hi^k} \tag{3.12}$$

Keterangan:

Cvx = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser didasar struktur (KN)

Wi & Wx = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tinggi *I* atau *x.*

Hi & hx = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat *i* atau *x.*

k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur

3.5.4.10. Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Gaya geser tingkat tiap lantai (V_x) harus dihitung dengan persamaan pada Pasal 7.8.4 :

$$V_x = \sum_{n=1}^{n} Fi \qquad (3.13)$$

Dimana :

Fi = Proporsi gaya gempa dasar (V) (kip atau KN) pada lantai ke i.

Gaya geser tingkat (V_x) (KN) harus dibagikan ke berbagai elemen vertikal sebagai bagian dari sistem pemikul beban gempa pada tingkat yang ditinjau berdasarkan kekakuan lateral relatif dari elemen pemikul vertikal dan diafragma.

3.5.4.11. Perencanaan Simpangan Antar Tingkat

Perencanaan simpangan antar tingkat (Δ) harus dihitung berdasarkan simpangan pada pusat massa lantai di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan pada lantai ke *x*

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Perioda Pendek

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

(Sumber: SNI 1726:2012)

3.5.5. Kombinasi Pembebanan

Struktur gedung harus mampu memikul kombinasi pembebanan yang diatur di SNI 1726:2012 dengan ketentuan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

1. 1.4D
2. 1.2D + 1.6L
3. 1,2 DL ± EQ + 0,5 LL
4. 0,9 DL ± EQ

3.6. Perencanaan Struktur Sekunder

3.6.1. Perencanaan Tangga

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

3.6.2. Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift diawali dengan preliminary desain untuk menentukan ukuran penampang balok pemisah sangkar dan balok penumpu. Kemudian dilakukan kontroling dengan hasil analisa dengan SAP 2000.

3.7. Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program SAP 2000 dengan permodelan struktur ruang 3 dimensi.

3.8. Perencanaan Struktur Primer

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 pelat baja yang merupakan bentuk sistem ganda.

3.8.1. Balok

Balok direncanakan menggunakan profil I dengan ketentuan penampang sebagai berikut :

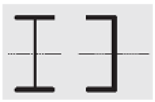
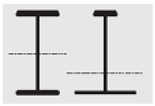
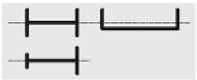
Plat sayap	:	Plat badan
$\lambda = \frac{b_f}{2t_f}$	:	$\lambda = \frac{h_w}{t_w}$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} : \lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)}$$

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

Untuk melakukan perencanaan digunakan Tabel Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F.

Tabel 3.7 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsinga n Sayap	Kelangsingan Badan	Keadaan 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

(Sumber: SNI 1729:2015)

a. Kuat nominal lentur penampang

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

$$M_u \leq \phi M_n \qquad (3.14)$$

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 tahan 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

$$V_u \leq \phi V_n \qquad (3.15)$$

Keterangan :

ϕ = faktor tahanan = 0,90

V_n = tahanan geser nominal pelat badan

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

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v \tag{3.16}$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

- Bila $h/t_w \le 1.10\sqrt{E/f_y}$

  Maka,

  $$C_v = 1.0 \tag{3.17}$$

- Bila $1.10\sqrt{k_v E/f_y} < h/t_w \le 1.37\sqrt{k_v E/f_y}$

  Maka,

  $$C_v = \frac{1.10\sqrt{k_v E/f_y}}{h/t_w} \tag{3.18}$$

- Bila $h/t_w > 1.37\sqrt{k_v E/f_y}$

  Maka,

  $$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left(h/t_w\right)^2 f_y} \tag{3.19}$$

Koefisien tekuk geser pelat badan, k_v untuk badan tanpa pengaku tranversal ditentukan sebagai berikut :

$$h/t_w < 260 \tag{3.20}$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Keterangan :

A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w = Ketebalan badan

3.8.2. Kolom

Kolom komposit CFT menerima kombinasi normal dan lentur.

a. Kriteria untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \qquad (3.21)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b\sqrt{f_y / 3E} \qquad (3.22)$$

b. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT

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.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \qquad (3.23)$$

$$\lambda_p = 2.26\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \qquad (3.24)$$

$$\lambda_r = 3.00\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \qquad (3.25)$$

$$5.00\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \qquad (3.26)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \qquad (3.27)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c^{'}\left(A_c + A_{sr}\frac{E_s}{E_c}\right) \qquad (3.28)$$

- Untuk penampang non-kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{\left(\lambda_r - \lambda_p\right)^2}\left(\lambda - \lambda_p\right)^2 \qquad (3.29)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c^{'}\left(A_c + A_{sr}\frac{E_s}{E_c}\right) \qquad (3.30)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c^{'}\left(A_c + A_r\frac{E_s}{E_c}\right) \qquad (3.31)$$

Penampang persegi diisi beton,

$$f_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad (3.32)$$

c. Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \tag{3.34}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \tag{3.35}$$

Keterangan :

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 DBK.

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 $P-\delta$**

$$B_1 = \frac{C_m}{1-\alpha \, P_r / P_{e1}} \geq 1 \qquad (3.36)$$

Dengan,

α = 1.00 (DFBK)

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

$$C_m = 0.6 - 0.4\left(M_1 / M_2\right) \qquad (3.37)$$

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.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{\left(K_1 L\right)^2} \qquad (3.38)$$

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 2000000 MPa

I = Momen inersia bidang lentur, mm^4

L = Panjang komponen struktur, mm

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

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

$$B_2 = \frac{1}{1-\frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} \tag{3.39}$$

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 pernahan gaya lateral.

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

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \tag{3.40}$$

Dengan,

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

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.

$$M_u \leq \phi M_n \tag{3.41}$$

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.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \tag{3.42}$$

$$\lambda_p = 1.12\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.43)$$

$$\lambda_r = 1.40\sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.44)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak / persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.45)$$

- Untuk penampang non-kompak

$$M_n = M_p - \left(M_p - f_y S\right)\left(3.57\frac{b}{t_f}\sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0\right) \le M_p \quad (3.46)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.47)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}}\left(1 - \frac{0.38}{b/t_f}\sqrt{\frac{E}{f_y}}\right) \le b \quad (3.48)$$

e. Persamaan interaksi aksial momen

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

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

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \qquad (3.49)$$

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

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \qquad (3.50)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

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

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

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

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

3.8.3. Dinding Geser Plat Baja *(Steel Plate Shear Wall)*

Kontrol dinding geser plat baja yang dipasang dengan ketebalan tertentu.

a. Syarat panel :

$$0.8 < \frac{L}{h} < 2.5 \qquad (3.51)$$

b. Kontrol sudut kemiringan tarik pelat 30°<α<55°

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1+\frac{t \cdot L}{2A_c}}{1+t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \qquad (3.52)$$

Keterangan :

t = ketebalan pelat

A_c = luas penampang kolom

I_c = momen inersia kolom

h_s = tinggi tiap lantai

A_b = luas penampang balok

Momen inersia kolom harus memenuhi persamaan berikut :

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \qquad (3.53)$$

c. Kekuatan geser nominal pelat

$$V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \qquad (3.54)$$

Dimana :

t_w = ketebalan pelat, mm

L_{cf} = jarak bersih antar kolom, mm

3.9. 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.

3.9.1. Baut

a. Kekuatan baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_n harus memenuhi

$$R_u \le \phi R_n \tag{3.55}$$

Keterangan :

ϕ = faktor tahanan

R_n = tahanan nominal baut

a. Baut dalam geser

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u A_b \tag{3.56}$$

b. Baut yang memikul gaya tarik

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \tag{3.57}$$

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

$$f_{uv} = \frac{V_u}{nA_b} \le r_1 \phi_f f_u^b m \tag{3.58}$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (3.59)$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (3.60)$$

d. Tahanan tumpu

$$R_d = \phi_f R_n = 2.4 \phi_f d_b t_p f_u \quad (3.61)$$

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 pelat

f_u = kuat tarik terendah baut atau pelat

b. Tata letak baut

- Spasi minimum

  Jarak antara pusat-pusat standar, ukuran-ukuran, atau lubang-lubang slot tidak boleh kurang dari $2\,{}^2\!/_3$ 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 pelat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm. Spasi longitudinal sarana penyambung antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu pelat dan suatu profil atau dua pelat pada kontak menerus harus sebagai berikut :
  - Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tak dicat yang tidak menahan korosi, spasi terseput 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 atmospheric, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 180mm.

3.9.2. Las

a. Las Tumpul

Area efektif las tumpul harus diperhitungkan sebagai panjang las kali throat efektif. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-lengkap (PJL) harus mempunyai ketebalan sesuai dengan bagian yang tertipis di join. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS) harus seperti yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 3.8 *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)	F	Las tumpul J atau U Miring 60° atau V	
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)	V, OH		

(Sumber: SNI 1729:2015)

b. Las Sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang tw1, tw2, dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las.

Tabel 3.9 Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut,[a] in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19)	¼ (6)
Lebih besar dari ¾ (19)	5/16 (8)
[a] Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus digunakan. Catatan: Lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut.	

(Sumber: SNI 1729:2015)

- 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 kondisi las 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 ¼ dari panjangnya.

- Kuat las sudut

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

$$R_u \le \phi R_{nw} \qquad (3.62)$$

dengan,

$$R_n = f_{nBM} A_{BM} \quad \text{(logam dasar)} \qquad (3.63)$$

$$R_n = f_{nw} A_{we} \quad \text{(las)} \qquad (3.64)$$

Keterangan :

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

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

A_{BM} = Luas penampang logam dasar, mm^2

A_{we} = Luas efektif las, mm^2

3.10. *Base Plate*

Perhitungan *Base Plate*

$$e = \frac{M_{ux}}{P_u} > \frac{H}{6} \tag{3.65}$$

$$h' > w_e + c_1 \tag{3.66}$$

dimana :

w_e = jarak baut ke tepi, mm

c_1 = jarak minimum untuk kunci, mm

$$H \geq d + 2h' \tag{3.67}$$

$$h = H - w_e \tag{3.68}$$

$$b = \frac{B - 0.8b_f}{2} \tag{3.69}$$

Dimensi :

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \tag{3.70}$$

$$f'_{cu} = 0.85 \times f'_c \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \tag{3.71}$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u(2h - H) + 2M_u}{\phi_c \times f'_{cu} \times B}} \tag{3.72}$$

$$T_u = \left(\phi_c \cdot f'_{cu} \cdot B \cdot a\right) - P_u \tag{3.73}$$

Perhitungan Baut Angkur

$$\phi R_n = 0.75 f_u^b \left(0.5 A_b\right) \tag{3.74}$$

$$\phi R_n \geq \frac{T_u}{n} \tag{3.75}$$

3.11. Perencanaan Bangunan Bawah

3.11.1. Poer

3.11.1.1. Perencanaan Dimensi 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 pondasi.

- **Kerja balok lebar**

$$V_u \leq \phi V_n \tag{3.76}$$

atau

$$V_u \leq \phi \times \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_w \times d \right) \tag{3.77}$$

- **Kerja balok lebar**

$V_u \leq$ minimum dari :

$$\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_o \times d \right) \tag{3.78}$$

$$\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{12} \times b_o \times d \right) \tag{3.79}$$

$$\left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_w \times d \right) \tag{3.80}$$

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

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 :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \tag{3.81}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \tag{3.82}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \tag{3.83}$$

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) + \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \tag{3.84}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_{bal} \tag{3.85}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \tag{3.86}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \tag{3.87}$$

Persyaratan rasio tulangan ρ :

a. Jika $\rho_{perlu} < \rho_{\min}$, maka diapakai $\rho_{\min}$

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 :

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d \tag{3.88}$$

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/mm^2)

A_s = Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)

3.11.1.2. 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

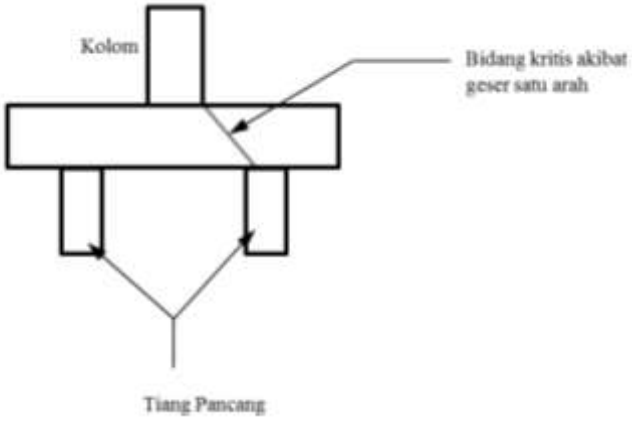
   - Tentukan beban poer $q_r = \dfrac{p}{LuasPoer}$
   - Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah
   - Kontrol d (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah
   - $\sigma_u = \dfrac{\sum P}{A}$
   - $V_u = \sigma_u \times$ (luas total poer – luas ponds)
   - Kontrol perlu kebutuhan tulangan 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 ditunjukan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Bidang Kritis Akibat Geser Satu Arah

2. Geser dua arah pada poer
   - Kontrol kemampuan beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_o \times d \qquad (3.89)$$

Dimana :

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

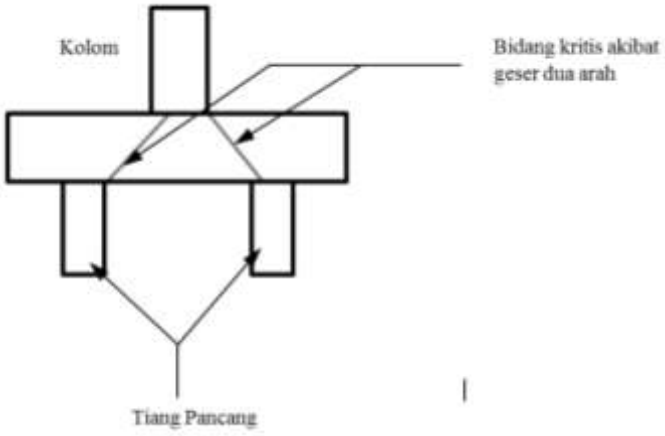
b_o = Keliling dari penampang kritis

$$b_o = 4\left(0.5d + b_{kolom} + 0.5d\right) \qquad (3.90)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \qquad (3.91)$$

$$V_c = \frac{1}{3}\sqrt{f'_c} \times b_o \times d \qquad (3.92)$$

Gambar bidang kritis akibat geser satu arah ditunjukan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Bidang Kritis Akibat Geser Dua Arah

3.11.2. Tiang Pancang

3.11.2.1. Gaya yang Bekerja pada Sebuah Tiang Pancang

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

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot d_{xi}}{\sum_{i=1}^{n} d_{xi}^2} \pm \frac{M_x \cdot d_{yi}}{\sum_{i=1}^{n} d_{yi}^2} \qquad (3.93)$$

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 +/ menunjukan posisi tiang tertekan atau tertarik akibat adanya momen (mm)

3.11.2.2. Daya Dukung Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus umum daya dukung tiang tunggal :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \tag{3.94}$$

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 :

$$Q_L = Q_P + Q_S \tag{3.95}$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = *Resistance ultimate* di dasar pondasi

Q_S = *Resistance ultimate* akibat lekatan lateral

$$Q_P = q_p \cdot A_p = \left(N_p \cdot K\right) \cdot A_p \tag{3.96}$$

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 t/m^2 = 117,7 kPa, untuk lempung
20 t/m^2 = 196 kPa, untuk lanau berlempung
25 t/m^2 = 245 kPa, untuk lanau berpasir
40 t/m^2 = 392 kPa, untuk pasir

Q_P = Tegangan di ujung tiang

$$Q_S = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \qquad (3.97)$$

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 di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N'. N' dihitung dengan rumus berikut ini : (Terzaghi & Peck)

$$N' = 15 + 0.5(N - 15) \qquad (3.98)$$

Dimana :

N = Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah

3.11.2.3. Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Efisiensi kelompok tiang ditentukan dengan menggunakan persamaan konversi Labarre.

$$E_k = 1 - \theta\left[\frac{(n-1)\cdot m + (m-1)\cdot n}{90\cdot m\cdot n}\right] \qquad (3.99)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{D}{s}\right) \qquad (3.100)$$

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 :

$$Q_{ult} = E_k \times Q_{ult(1tiang)} \qquad (3.101)$$

Dimana :

$$Q_{ult} \geq P_{\max} \text{ tiang} \qquad (3.102)$$

$$Q_{ult} \geq P_{\min} \text{ tiang} \qquad (3.103)$$

3.11.2.4. 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. Penggambaran

Hasil dari perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar teknik dengan bantuan program Autocad. (gambar rencana modifikasi gedung terdapat di lampiran)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

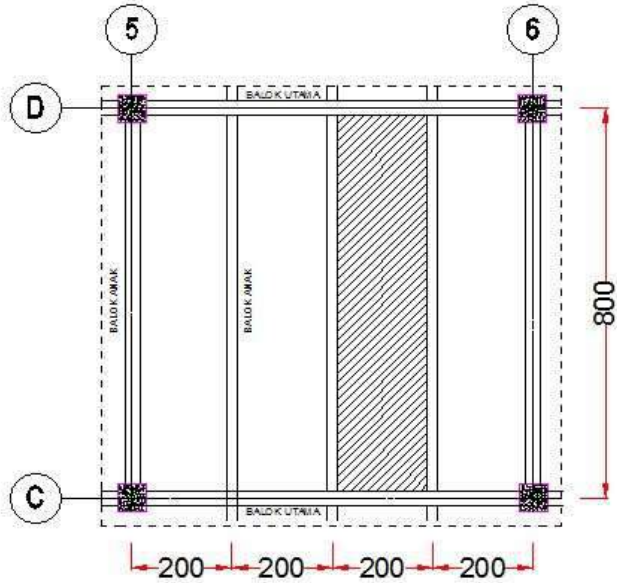
BAB IV
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung

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

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Bondek menggunakan tebal 0.75 mm

4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap

Ket : Dalam perhitungan perencanaan pelat lantai, diambil dimensi pelat lantai terbesar sesuai gambar rencana.

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

1. Beban Mati :
- Berat waterproofing = 5.00 kg/m^2
- Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18.00 kg/m^2
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 10.00 kg/m^2 +

q_D = 33.00 kg/m^2

2. Beban Hidup :
- Lantai atap q_L = 20 Psf = 97.65 kg/m^2

3. Beban Berguna :
- Q_u = $q_D + q_L$ = 33.00 + 97.65
= 130.65 kg/m^2 ≈ 200 kg/m^2
(mengikuti brosur)

4. Data-data perencanaan pelat bondek
Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris tanpa penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut :
- Bentang = 2.00 m
- Beban berguna = 200 kg/m^2
- Tulangan negatif = 1.07 cm^2/m
- Tebal pelat beton = 9 cm = 0.09 m
- Mutu baja tulangan = U-48
- Digunakan tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm^2)

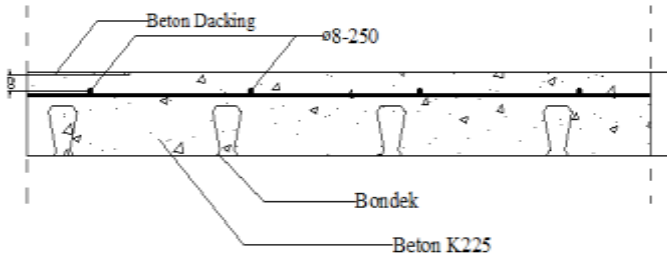
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$n = \frac{Luas\ yang\ dibutuhkan}{Luas\ tulangan\ dipasang}$$

- $n = \frac{1.07}{0.503} = 2.13 \approx 4$ buah
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{4}$ = 250 mm

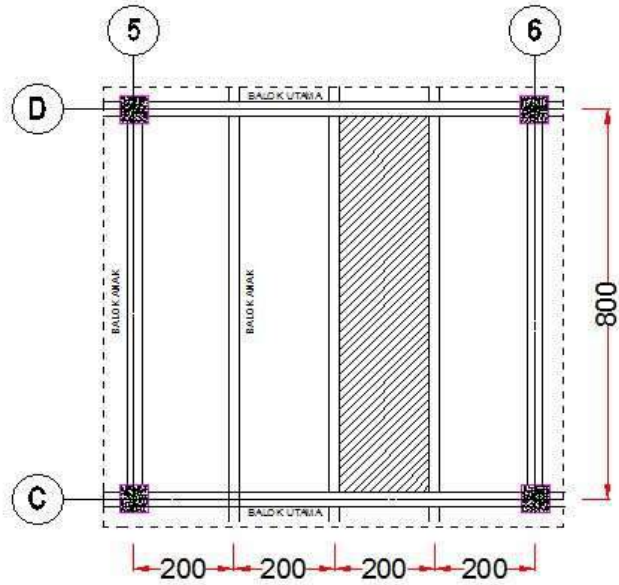
Maka, untuk pelat lantai atap dipasang tulangan negatif Ø 8 – 250 mm.

- Kontrol jarak spasi tulangan :
  $S_{pasang} = 250$ mm $< S_{max} = 3 \times h = 3 \times 90 = 270$ mm → **OK**



Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap

4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Hotel



Gambar 4.3 Pelat Lantai Hotel

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

1. Beban Mati :
- Berat spesi 2 cm = 0.02 x 2200 = 44.00 kg/m^2
- Berat keramik 1 cm = 1 x 24 = 24.00 kg/m^2
- Berat plafon + penggantung 11+ 7 = 18.00 kg/m^2
- Berat d*ucting* dan *plumbing* = 10.00 kg/m^2 +

q_D = 96.00 kg/m^2

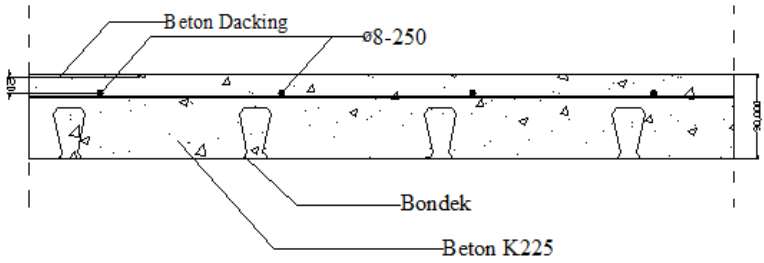
2. Beban Hidup :
- Lantai hotel q_L = 40 psf = 195.30 kg/m^2
3. Beban Berguna :
- $Q_u = q_D + q_L$ = 96+ 195.30 = 291.30 kg/m^2 ≈ 300 kg/m^2

4. Data-data perencanaan pelat bondek
Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris tanpa penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:
- Bentang = 2.00 m
- Beban berguna = 300 kg/m^2
- Tulangan negatif = 1.31 cm^2/m
- Tebal pelat beton = 9 cm = 0.09 m
- Mutu baja tulangan = U-48
- Digunakan tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm^2)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

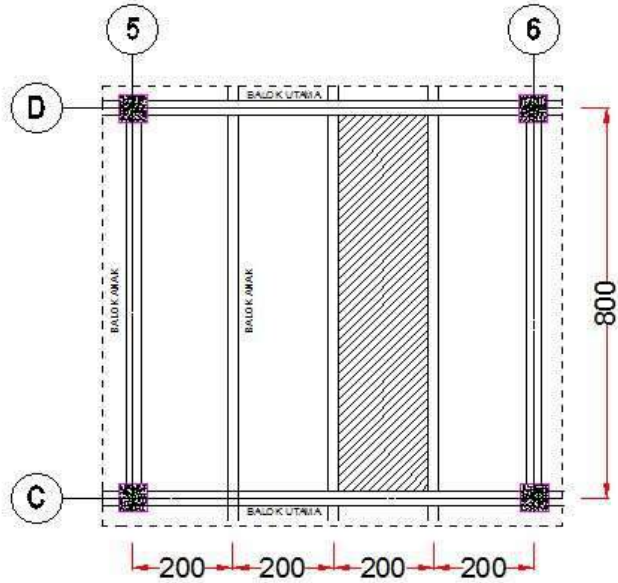
$$n = \frac{Luas\ yang\ dibutuhkan}{Luas\ tulangan\ dipasang}$$

- $n = \frac{1.31}{0.503}$ = 2.61 ≈ 4 buah
- jarak antar tulangan = $\frac{1000}{4}$ = 250 mm
- jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 250
- Kontrol jarak spasi tulangan :
S_{pasang}=250 mm < S_{max}= 3 x h = 3 x 100 = 300 mm → **OK**



Gambar 4.4 Penulangan Lantai Hotel

4.1.3 Perencanaan Pelat Lantai Koridor



Gambar 4.5 Pelat Lantai Koridor

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

1. Beban Mati :
- Berat spesi 2 cm = 0.02 x 2200 = 44.00 kg/m^2
- Berat keramik 1 cm = 1 x 24 = 24.00 kg/m^2
- Berat plafon + penggantung 11+ 7 = 18.00 kg/m^2
- Berat d*ucting* dan *plumbing* = 10.00 kg/m^2 +

q_D = 96.00 kg/m^2

2. Beban Hidup :
- Lantai hotel q_L = 100 psf = 488.24 kg/m^2

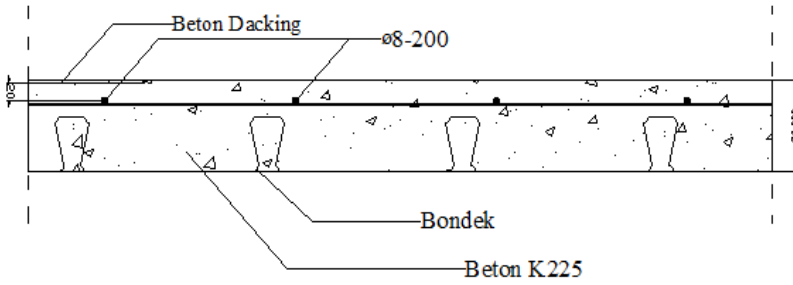
3. Beban Berguna :
- $Q_u = q_D + q_L$ = 96+ 488.24 = 584.24 kg/m^2 ≈ 600 kg/m^2

4. Data-data perencanaan pelat bondek
Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris tanpa penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:
- Bentang = 2.00 m
- Beban berguna = 600 kg/m^2
- Tulangan negatif = 2.03 cm^2/m
- Tebal pelat beton = 9 cm = 0.09 m
- Mutu baja tulangan = U-48
- Digunakan tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm^2)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$n = \frac{Luas\ yang\ dibutuhkan}{Luas\ tulangan\ dipasang}$$

- $n = \frac{2.03}{0.503}$ = 4.04 ≈ 6 buah
- jarak antar tulangan = $\frac{1000}{6}$ = 166.67 mm ≈ 200 mm
- jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 166.7
- Kontrol jarak spasi tulangan :
S_{pasang}=150 mm < S_{max}= 3 x h = 3 x 100 = 300 mm → **OK**



Gambar 4.6 Penulangan Lantai Koridor

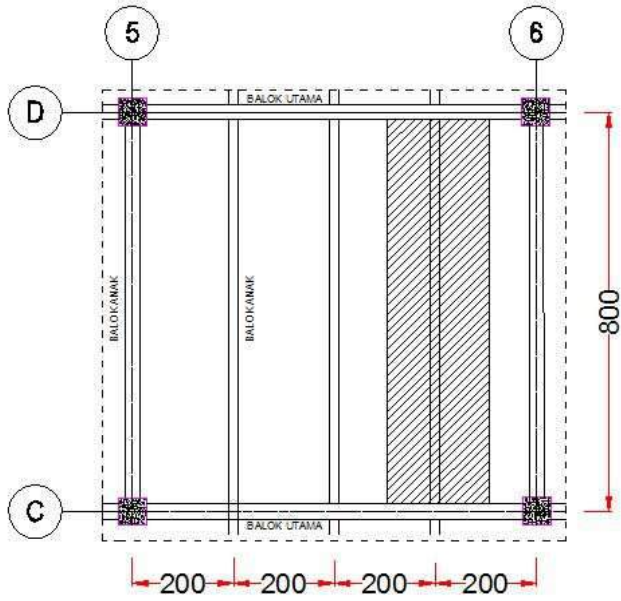
4.2 Perencanaan Balok Anak

Fungsi balok anak adalah sebagai pembagi / pendistribusi beban dari pelat lantai ke balok induk. Balok anak cukup didesain untuk menerima beban mati dan hidup saja, tanpa didesain menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

4.2.1 Balok Anak Lantai Atap

Menggunakan profil WF 450 × 200 × 9 × 14

W	= 76.00 kg/m	r	= 18 mm	h_w	= 450-2(14+18)
A	= 96.76 cm^2	Z_x	= 1621 cm^3		= 386 mm
t_w	= 9 mm	i_y	= 4.40 cm	b_f	= 200 mm
t_f	= 14 mm	I_x	= 33500 cm^4		
d	= 450 mm	I_y	= 1870 cm^4		



Gambar 4.7 Denah Balok Anak Lantai Atap

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

- Beban mati (q_D)

Berat pelat bondek	= 10.10 kg/m^2
Berat beton (0.09 x 2400)	= 216.00 kg/m^2
Berat aspal (2 x 14)	= 28.00 kg/m^2
Berat plafon + penggantung (11 + 7)	= 18.00 kg/m^2
Berat ducting dan plumbing	= 10.00 kg/m^2 +
	= 282.10 kg/m^2
Berat perhitungan pelat lantai	
282,10 kg/m^2 x 2.00 m	= 564.20 kg/m
Berat profil	= 76.00 kg/m +
	= 640.20 kg/m

Alat sambungan (10%) = 64.02 kg/m +

q_D = 704.22 kg/m

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
  q_L = 2.00 m x 97.65 kg/m^2 = 195.30 kg/m
- Beban berfaktor :
  $q_U = 1.2\ q_D + 1.6\ q_L$
  $= 1.2\ (704.33) + 1.6\ (195.30)$ = 1157.54 kg/m

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap
- Momen yang terjadi
  $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (1157.54) \times (8.00)^2$
  = 9260.35 kgm
- Gaya geser yang terjadi
  $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (1157.54) \times (8.00)$
  = 4630.18 kg

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
  Pelat sayap (SNI 1729:2015)

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7.14$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 7.14 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan (SNI 1729:2015)

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 42.89 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 1621 = 3890400$ kgcm
  $= 38904$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \cdot M_n \geq M_u$
  $Ø_b \cdot M_n = 0.9 \times 38904$
  $= 35013.60$ kgm > 9260.35 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral (SNI 1729:2015)
  Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondek (L_b = 40 cm).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 4.40 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 223.55\,\text{cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 40\,\text{cm} \leq 223.55\,\text{cm}$ ➔ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 1621 = 3890400$ kgcm
  $= 38904$ kgm

- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \cdot M_n \geq M_u$
  $Ø_b \cdot M_n = 0.9 \times 38904$
  $= 35013.60$ kgm > 9260.35 kgm ... **OK !**

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser (SNI 1729:2015)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89 \quad 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.00$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42.89 \leq 71.00$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (45 \times 0.90) \times 1.00 = 58320 \text{ kg}$

$\emptyset V_n \geq V_u$

$\emptyset V_n = 0.9 \times 58320$

$= 52488 \text{ kg} > 4630.18 \text{ kg}$ ... **OK** !

e. Kontrol lendutan (SNI 1729:2015)

L = 800 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(7.04 + 1.95)800^4}{2 \times 10^6 \times 33500} = 0.72 \text{ cm}$$

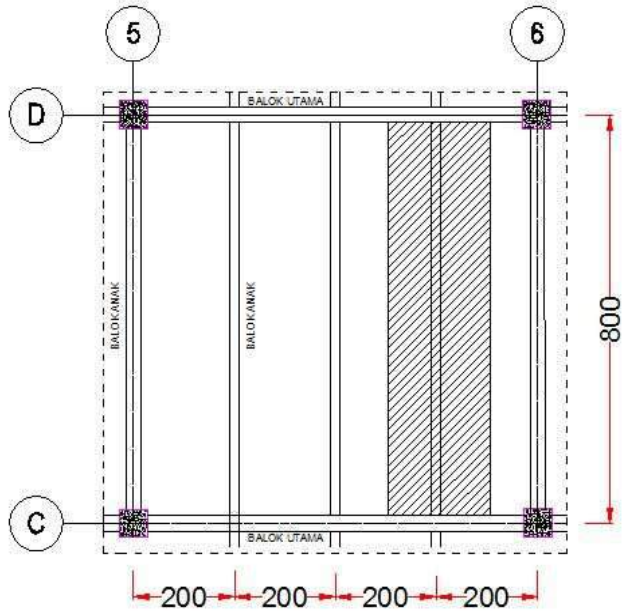
$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.72 \text{ cm} \leq 2.22 \text{ cm}$ ... **OK !**

" Profil WF 450 x 200 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap"

4.2.2 Balok Anak Lantai Hotel

Menggunakan profil WF 450 × 200 × 9 × 14

W	= 76.00 kg/m	r	= 18 mm	h_w	= 450-2(14+18)
A	= 96.76 cm^2	Z_x	= 1621 cm^3		= 386 mm
t_w	= 9 mm	i_y	= 4.40 cm	b_f	= 200 mm
t_f	= 14 mm	I_x	= 33500 cm^4		
d	= 450 mm	I_y	= 1870 cm^4		



Gambar 4.8 Denah Balok Anak Lantai Hotel

a. Pembebanan pada balok anak lantai hotel

- Beban mati (q_D)

Berat pelat bondek	=	10.10 kg/m^2
Berat beton (0.90 x 2400)	=	216.00 kg/m^2
Berat aspal spesi 2 cm (0.02 x 2200)	=	44.00 kg/m^2
Berat tegel	=	24.00 kg/m^2
Berat plafon + penggantung (11 + 7)	=	18.00 kg/m^2
Berat ducting dan plumbing	=	10.00 kg/m^2
	=	322.10 kg/m^2
Berat perhitungan pelat lantai		
322.10 kg/m^2 x 2.00 m	=	644.20 kg/m
Berat profil	=	76.00 kg/m +
q_D	=	720.20 kg/m

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
  q_L = 2.00 m x 195.30 kg/m^2 = 390.60 kg/m
- Beban berfaktor :
  $q_U = 1.2\ q_D + 1.6\ q_L$
  = 1.2 (720.20) + 1.6 (390.60) = 1489.20 kg/m

b. Gaya dalam pada balok anak lantai hotel
- Momen yang terjadi
  $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (1489.20) \times (8.00)^2$
  = 11913.60 kgm
- Gaya geser yang terjadi
  $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (1489.20) \times (8.00)$
  = 5956.80 kg

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
  Pelat sayap (SNI 1729:2015)

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7.14$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 7.14 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan (SNI 1729:2015)

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 42.89 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 1621 = 3890400$ kgcm
  $= 38904$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \cdot M_n \geq M_u$
  $Ø_b \cdot M_n = 0.9 \times 38904$
  $= 35013.60$ kgm > 11913.60 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral (SNI 1729:2015)
  Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondek (L_b = 40 cm).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 4.40 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 223.55 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 223.55 \text{ cm}$$ ➔ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 1621 = 3890400$ kgcm
  $= 38904$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \cdot M_n \geq M_u$
  $Ø_b \cdot M_n = 0.9 \times 38904$
  $= 35013.60$ kgm > 11913.60 kgm ... **OK !**

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser (SNI 1729:2015)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89 \quad 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.00$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42.89 \leq 71.00$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (45 \times 0.90) \times 1.00 = 58320 \text{ kg}$

Ø Vn $\geq$ Vu

Ø Vn = 0.9 × 58320

= 52488 kg > 5956.80 kg ... **OK** !

e. Kontrol lendutan (SNI 1729:2015)

L = 800 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(7.92 + 3.91)800^4}{2 \times 10^6 \times 33500} = 0.88 \text{ cm}$$

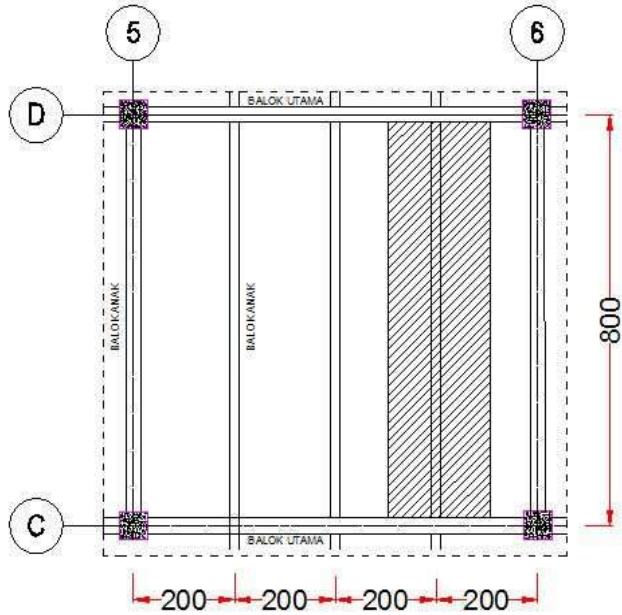
$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.88 \text{ cm} \leq 2.22 \text{ cm}$ ... **OK** !

" Profil WF 450 x 200 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai hotel"

4.2.3 Balok Anak Lantai Koridor

Menggunakan profil WF 400 × 200 × 8 × 13

W	= 66.00 kg/m	r	= 16 mm	h_w	= 400-2(13+16)
A	= 84.12 cm^2	Z_x	= 1286 cm^3		= 342 mm
t_w	= 8 mm	i_y	= 4.54 cm	b_f	= 200 mm
t_f	= 13 mm	I_x	= 23700 cm^4		
d	= 400 mm	I_y	= 1740 cm^4		



Gambar 4.9 Denah Balok Anak Lantai Koridor

a. Pembebanan pada balok anak lantai koridor

- Beban mati (q_D)

Berat pelat bondek	=	10.10 kg/m^2
Berat beton (0.90 x 2400)	=	216.00 kg/m^2
Berat aspal spesi 2 cm (0.02 x 2200)	=	44.00 kg/m^2
Berat tegel	=	24.00 kg/m^2
Berat plafon + penggantung (11 + 7)	=	18.00 kg/m^2
Berat ducting dan plumbing	=	10.00 kg/m^2
	=	322.10 kg/m^2
Berat perhitungan pelat lantai		
322.10 kg/m^2 x 2.00 m	=	644.20 kg/m
Berat profil	=	66.00 kg/m +
q_D	=	710.20 kg/m

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
  q_L = 2.00 m x 488.24 kg/m^2 = 976.48 kg/m
- Beban berfaktor :
  $q_U = 1.2\ q_D + 1.6\ q_L$
  = 1.2 (710.20) + 1.6 (976.48) = 2414.61 kg/m

b. Gaya dalam pada balok anak lantai koridor
- Momen yang terjadi
  $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (2414.61) \times (8.00)^2$
  = 19316.86 kgm
- Gaya geser yang terjadi
  $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (2414.61) \times (8.00)$
  = 9658.43 kg

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
  Pelat sayap (SNI 1729:2015)

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 7.69 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan (SNI 1729:2015)

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 42.75 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 1286 = 3086400$ kgcm
  $= 30864$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \cdot M_n \geq M_u$
  $Ø_b \cdot M_n = 0.9 \times 30864$
  $= 27777.60$ kgm > 19316.86 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral (SNI 1729:2015)
  Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondek (L_b = 40 cm).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 4.54 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 304.84 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 304.84 \text{ cm}$ ➔ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 1286 = 3086400$ kgcm
  $= 30864$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \cdot M_n \geq M_u$
  $Ø_b \cdot M_n = 0.9 \times 30864$
  $= 27777.60$ kgm > 19316.86 kgm ... **OK !**

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser (SNI 1729:2015)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75 \quad 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.00$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42.75 \leq 71.00$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (40 \times 0.8) \times 1.00 = 46080 \text{ kg}$

Ø Vn $\geq$ Vu

Ø Vn = 0.9 × 45360

= 41472 kg > 9658.43 kg ... **OK** !

e. Kontrol lendutan (SNI 1729:2015)

L = 800 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(7.10 + 9.76)800^4}{2 \times 10^6 \times 23700} = 1.90 \text{ cm}$$

$f \leq f_{ijin} \rightarrow 1.90 \text{ cm} \leq 2.22 \text{ cm}$ ... **OK** !

" Profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai koridor"

4.3 Perencanaan Balok Penggantung *Lift*

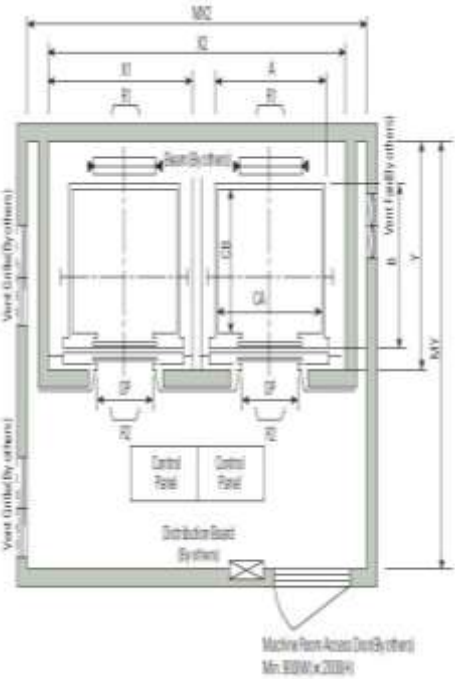
a. Spesifikasi Lift

1. Lift Penumpang

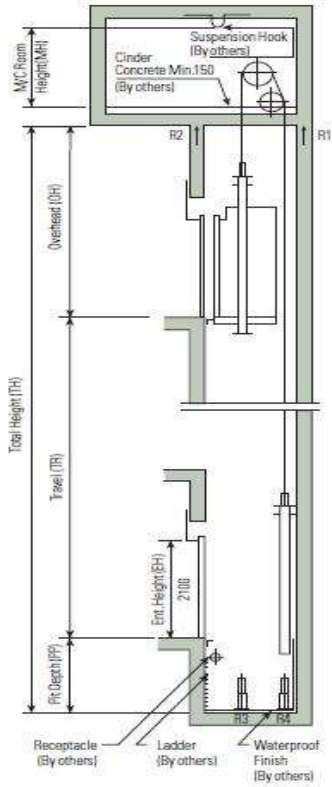
Pada perencanaan balok *lift* ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 10 Orang / 700 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) *2 Car* : 3700 x 1830 mm^2
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  Internal : 1400 x 1250 mm^2
  Eksternal : 1460 x 1405 mm^2

- Dimensi ruang mesin (*2 Car*) : 4000 x 3600 mm^2
- Beban reaksi ruang mesin :
  R_1 = 4200 kg
  R_2 = 2700 kg



Gambar 4.10 Denah *Lift* Penumpang



Gambar 4.11
Potongan Melintang *Lift*
Penumpang

Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2
	6	450	800	1400×850	1460×1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000
	8	550	800	1400×1030	1460×1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250
	9	600	800	1400×1130	1460×1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450
60	10	700	800	1400×1250	1460×1405	1800	3700	5600	1800	2000	4000	6000	3600	4200	2700
	11	750	800	1400×1350	1460×1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800
	13	900	900	1600×1350	1660×1505	2050	4200	6350	1980	2200	4400	6800	3750	5100	3750
90	15	1000	900	1600×1500	1660×1655	2050	4200	6350	2130	2200	4400	6800	3850	5450	4300
	17	1150	1000	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100
			1100	2000×1350	2100×1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800		
105	20	1350	1000	1800×1700	1900×1870	2350	4800	7250	2280	2600	4900	7500	4200	7900	6000
			1100	2000×1500	2100×1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000		
	24	1600	1100	2000×1750	2100×1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800
				2150×1600	2250×1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8750	4200		

Gambar 4.12 Tabel Spesifikasi Lift Penumpang

4.3.1 Balok penumpu *lift* penumpang

Balok penumpu *lift* direncanakan menggunakan profil WF 350 × 175 × 7 × 11 dengan data sebagai berikut :

W	= 49.60 kg/m	S_x	= 775 cm^3	r	= 14 mm
A	= 63.14 cm^2	I_x	= 13600 cm^4	i_x	= 14.70 cm
t_w	= 7 mm	I_y	= 984 cm^4	i_y	= 3.95 cm
b	= 175 mm	d	= 350 mm	t_f	= 11 mm
h	= 350 - 2 x (11 + 14)	= 300 mm		Z_x	= 841 cm^3

a. Pembebanan pada balok penumpu lift

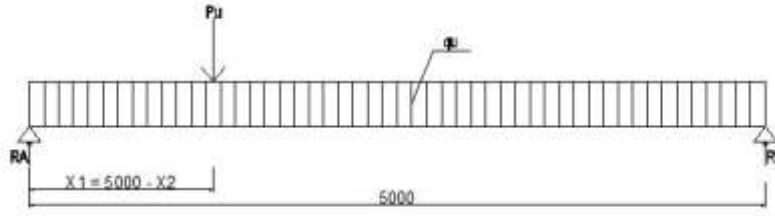
- Beban mati

Berat profil balok penggantung lift	= 49.60	kg/m
Berat sambungan, dll (10%)	= 4.96	kg/m +
	q_D = 54.56	kg/m

- Beban hidup
  Digunakan beban hidup untuk *maintenance*
  Beban hidup terpusat (P) = 100 kg
- Beban merata ultimate
  q_U = 1.2 x q_D + 1.6 x P
  = (1.2 x 54.56) + (1.6 x 100) = 225.472 kg/m

- Beban terpusat lift
  Pada pasal 4.6 Impact Load RSNI-03-1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau tenaga *driven*, direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.
  Pada Tabel 4.2 Faktor Elemen Beban Hidup (KLL)
  $R_A = R_1$. KLL = 4200 x (1 + 50%) = 6300 kg
  $R_B = R_2$. KLL = 2700 x (1 + 50%) = 4050 kg

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4.13 Model Pembebanan Balok
Penumpu Lift Penumpang

- **Reaksi perletakan**

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A.L - P_u.X_2 = 0$$

6300 x 5.00 = $P_u.X_2$

$$Pu = \frac{31500}{X2} = ...pers.1$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B.L - P_u.(L - X_2) = 0$$

$$-4050 \times 5.00 + \frac{31500}{X2} = (5.00 - X2) = 0$$

$$-20250 + \frac{157500}{X2} - 31500 = 0$$

$$51750 = \frac{157500}{X2}$$

$$X2 = \frac{157500}{51750}$$

X_2 = 3.043

$X_1 = (L\text{-}X_2)$

X_1 = (5.00-3.043)

X_1 = 1.957

$$Pu = \frac{31500}{X2}$$

$$Pu = \frac{31500}{3.043} = 10351.63kg$$

- **Momen maksimum**

$$M_u = \frac{P_u.X_1.X_2}{L} + \frac{1}{8}.q_u.L^2$$

$$Mu = \frac{10351.63 \times 1.957 \times 3.043}{5.00} + \frac{1}{8} \times 225.472 \times 5.00 \times 5.00$$

Mu = 12329.10 + 704.60

Mu = 13033.70 kgm

- **Gaya geser**

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

$$Vu = 6300 + \frac{1}{2} \times 225.472 \times 5.00$$

Vu = 6863.68 kg

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7.95$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 7.95 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{7} = 42.86$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 42.86 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 841 = 2018400$ kgcm
  $= 20184$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $\emptyset_b \,.\, M_n \ge M_u$
  $\emptyset_b \,.\, M_n = 0.9 \times 20184$
  $= 18165.60$ kgm > 13033.70 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
  $L_b = 500$ cm

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.95 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 200.69 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}} = \sqrt{\frac{984\times30}{2\times775}} = 4.36 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} bt^3 \text{ ➔ } b_w = d - 2t_f = 350 - 2\times11 = 328 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3}(32.8)0.70^3 + 2\times\frac{1}{3}(17.5)1.1^3 = 11.51 \text{ cm}^4$$

$$\frac{Jc}{S_x h_0} = \frac{11.51\times1}{775\times30.0} = 0.00050$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.75 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6.76\left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} =$$

$$1.95\times4.36\frac{2\times10^6}{0.75\times2400}\sqrt{0.00050 + \sqrt{(0.00050)^2 + 6.76\left(\frac{0.7\times2400}{2\times10^6}\right)^2}}$$

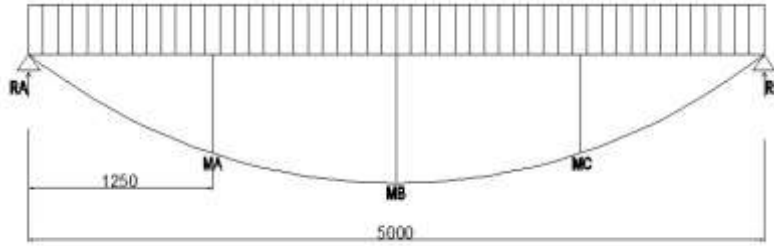
$L_r = 494.48$ cm

$L_p < L_b < L_r$ (bentang menengah)

$M_y = S_x \times f_y = 775 \times 2400 = 1860000$ kgcm
= 18600 kgm

$M_p = Z_x \times f_y = 841 \times 2400 = 2018400$ kgcm
= 20184 kgm

$M_r = S_x \times (f_y - f_r) = 775 \times (2400 - 750) = 1278750$ kgcm
= 12787.50 kgm



Gambar 4.14 Diagram Momen Balok Pengantung Lift Penumpang

$M_A = M_C = ¼ Mu$

$M_A = M_C = \frac{1}{4} \times 12567.79 = 3141.95 kgm$

$$Cb = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$Cb = \frac{12.5 \times 12567.79}{2.5 \times 12567.79 + 3 \times 3141.95 + 4 \times 12567.79 + 3 \times 3141.95} \leq 2.3$$

$Cb = 1.562 \leq 2.3$

$$M_n = C_b\left[M_p - \left(M_p - 0.7 f_y S_x\right)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \le M_p$$

$$= 1.562\left[2018400 - \left(2018400 - 0.7\times 2400\times 775\right)\left(\frac{500 - 200.69}{494.48 - 200.69}\right)\right]$$

M_n = 2071935.5 kgcm

M_n = 20719.36 kgm > M_p maka dipakai M_p

- Cek kemampuan penampang

$Ø_b \,.\, M_n \ge M_u$

$Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 20184$

$= 18165.60 \text{ kgm} \ge 13033.70 \text{ kgm}$ ... **OK !**

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{7} = 42.86 \text{ ; } 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5\times\frac{2\times 10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \le 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42.86 \le 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6\times 2400\times\left(35\times 0.70\right)\times 1.00 = 35280 \text{ kg}$$

Ø Vn $\ge$ Vu

Ø Vn = 0.9 × 35280

= 31752 kg > 6863.68 kg ... **OK !**

e. Kontrol lendutan

L = 500 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{500}{240} = 2.08 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384}\times\frac{((q_D + q_L)/100)L^4}{EI_x} + \frac{P.L^3}{48EI_x}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{((54.56 + 100)/100) \times 500^4}{2 \times 10^6 \times 13600} + \frac{10351.63 \times 500^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 13600}$$

= 0.046 + 0.991 cm

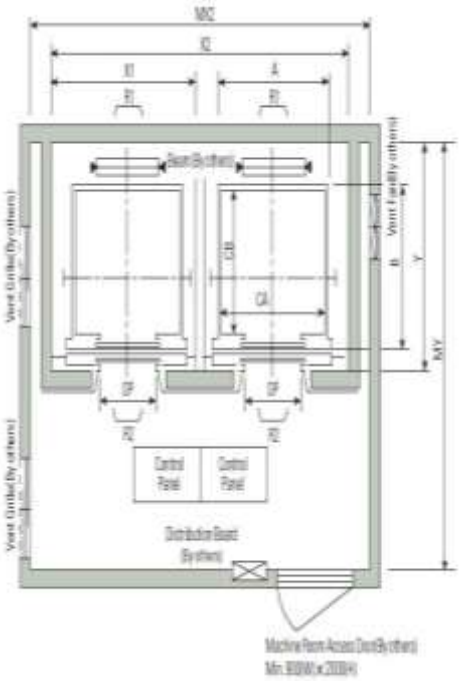
$f \le f_{ijin} \rightarrow 1.04\,\text{cm} \le 2.08\,\text{cm}$ ... **OK !**

" Profil WF 350 x 175 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift"

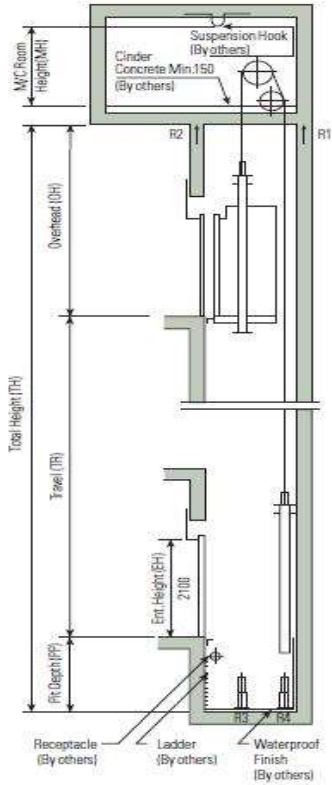
2. Lift Barang

Pada perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yang terdiri dari balok penumpu dan balok pengganung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift barang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brodur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 6 Orang / 450 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) *2 Car* : 3700 x 1430 mm^2
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  Internal : 1400 x 850 mm^2
  Eksternal : 1460 x 1005 mm^2
- Dimensi ruang mesin (*2 Car*) : 4000 x 3200 mm^2
- Beban reaksi ruang mesin :
  R_1 = 3600 kg
  R_2 = 2000 kg



Gambar 4.15 Denah *Lift* Barang



Gambar 4.16
Potongan Melintang *Lift* Barang

Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2
60	6	450	800	1400×850	1460×1005	1800	3700	5600	1420	2000	4000	6000	3200	3600	2000
	8	550	800	1400×1030	1460×1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250
	9	600	800	1400×1130	1460×1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450
	10	700	800	1400×1250	1460×1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700
	11	750	800	1400×1350	1460×1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800
90	13	900	900	1600×1350	1660×1505	2050	4200	6350	1980	2200	4400	6800	3750	5100	3750
	15	1000	900	1600×1500	1660×1655	2050	4200	6350	2130	2200	4400	6800	3850	5450	4300
105	17	1150	1000	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100
			1100	2000×1350	2100×1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800		
	20	1350	1000	1800×1700	1900×1870	2350	4800	7250	2280	2600	4900	7500	4200	7900	6000
			1100	2000×1500	2100×1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000		
	24	1600	1100	2000×1750	2100×1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800
				2150×1600	2250×1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8750	4200		

Notes : 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (1501~75kg/person)
5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.

Gambar 4.17 Tabel Spesifikasi Lift Barang

4.3.2 Balok penumpu *lift* Barang

Balok penumpu *lift* direncanakan menggunakan profil WF 300 × 150 × 6.5 × 9 dengan data sebagai berikut :

W = 36.70 kg/m S_x = 481 cm^3 r = 13 mm
A = 46.78 cm^2 I_x = 7210 cm^4 i_x = 12.40 cm
t_w = 6.50 mm I_y = 508 cm^4 i_y = 3.29 cm
b = 150 mm d = 300 mm t_f = 9 mm
h = 300 - 2 x (9 + 13) = 256 mm Z_x = 522 cm^3

a. Pembebanan pada balok penumpu lift

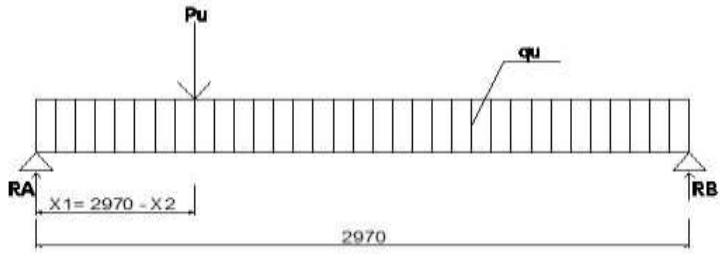
- Beban mati

Berat profil balok penggantung lift = 36.70 kg/m
Berat sambungan, dll (10%) = 3.67 kg/m +
q_D = 40.37 kg/m

- Beban hidup
  Digunakan beban hidup untuk *maintenance*
  Beban hidup terpusat (P) = 100 kg
- Beban merata ultimate
  q_U = 1.2 x q_{D+} 1.6 x P
  = (1.2 x 40.37) + (1.6 x 100) = 208.444 kg/m

- Beban terpusat lift
  Pada pasal 4.6 Impact Load RSNI-03-1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau tenaga *driven*, direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.
  Pada Tabel 4.2 Faktor Elemen Beban Hidup (KLL)
  $R_A = R_1$. KLL = 3600 x (1 + 50%) = 5400 kg
  $R_B = R_2$. KLL = 2000 x (1 + 50%) = 3000 kg

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4.18 Model Pembebanan Balok
Penumpu Lift Barang

- **Reaksi perletakan**

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A.L - P_u.X_2 = 0$$

5400 x 2.97 = $P_u.X_2$

$$Pu = \frac{16038}{X2} = ...pers.1$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B.L - P_u.(L - X_2) = 0$$

$$-3000 \times 2.97 + \frac{16038}{X2} = (2.97 - X2) = 0$$

$$-8910 + \frac{47632.86}{X2} - 16038 = 0$$

$$24948 = \frac{47632.86}{X2}$$

$$X2 = \frac{47632.86}{24948}$$

X_2 = 1.909

$X_1 = (L\text{-}X_2)$

X_1 = (2.97-1.909)

X_1 = 1.061

$$Pu = \frac{16038}{X2}$$

$$Pu = \frac{16038}{1.909} = 8401.26kg$$

- **Momen maksimum**

$$M_u = \frac{P_u.X_1.X_2}{L} + \frac{1}{8}.q_u.L^2$$

$$Mu = \frac{8401.26 \times 1.061 \times 1.909}{2.97} + \frac{1}{8} \times 208.444 \times 2.97 \times 2.97$$

Mu = 5729.40 + 229.83

Mu = 5959.23 kgm

- **Gaya geser**

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

$$Vu = 5400 + \frac{1}{2} \times 208.444 \times 2.97$$

Vu = 5709.54 kg

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 8.33 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 39.38 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 522 = 1252800$ kgcm
  $= 12528$ kgm

- Cek kemampuan penampang
  $\emptyset_b \,.\, M_n \ge M_u$
  $\emptyset_b \,.\, M_n = 0.9 \times 12528$
  $= 11275.20$ kgm > 5959.23 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
  $L_b = 297$ cm

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.29 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 167.15\,\text{cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}} = \sqrt{\frac{508\times29.1}{2\times481}} = 3.92\,\text{cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \rightarrow b_w = d - 2t_f = 300 - 2\times9 = 282\,\text{mm}$$

$$J = \frac{1}{3}(28.2)0.65^3 + 2\times\frac{1}{3}(15)0.9^3 = 9.87\,\text{cm}^4$$

$$\frac{Jc}{S_x h_0} = \frac{11.51\times1}{481\times29.1} = 0.00071$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.75 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6.76\left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} =$$

$$1.95\times3.92\frac{2\times10^6}{0.75\times2400}\sqrt{0.00071 + \sqrt{(0.00071)^2 + 6.76\left(\frac{0.7\times2400}{2\times10^6}\right)^2}}$$

L_r = 465.20 cm

$L_p < L_b < L_r$ (bentang menengah)

$M_y = S_x \times f_y = 481 \times 2400 = 1154400$ kgcm

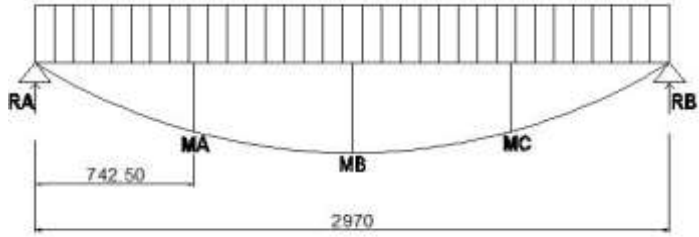
= 11544 kgm

$M_p = Z_x \times f_y = 522 \times 2400 = 1252800$ kgcm

= 12528 kgm

$M_r = S_x \times (f_y - f_r) = 481 \times (2400 - 750) = 793650$ kgcm

= 7936.50 kgm



Gambar 4.19 Diagram Momen Balok Pengantung Lift Barang

$M_A = M_C = ¼ Mu$

$M_A = M_C = \frac{1}{4} \times 5791.721 = 1447.93 kgm$

$$Cb = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.3$$

$$Cb = \frac{12.5 \times 5791.721}{2.5 \times 5791.721 + 3 \times 1447.93 + 4 \times 5791.721 + 3 \times 1447.93} \leq 2.3$$

$Cb = 1.563 \leq 2.3$

$$M_n = C_b\left[M_p - \left(M_p - 0.7 f_y S_x\right)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \le M_p$$

$$= 1.563\left[1252800 - \left(1252800 - 0.7\times 2400\times 481\right)\left(\frac{297 - 167.15}{465.20 - 167.15}\right)\right]$$

M_n = 1550257.745 kgcm

M_n = 15502.58 kgm > M_p maka dipakai M_p

- Cek kemampuan penampang

$Ø_b \,.\, M_n \ge M_u$

$Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 12528$

$= 11275.20 \text{ kgm} \ge 5959.23 \text{ kgm}$ ... **OK !**

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38 \;;\; 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5\times\frac{2\times 10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \le 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39.38 \le 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6\times 2400\times\left(30\times 0.65\right)\times 1.00 = 28080 \text{ kg}$$

Ø Vn $\ge$ Vu

Ø Vn $= 0.9 \times 28080$

$= 25272 \text{ kg} > 5709.54 \text{ kg}$ ... **OK !**

e. Kontrol lendutan

L = 297 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{297}{240} = 1.24 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384}\times\frac{((q_D + q_L)/100)L^4}{EI_x} + \frac{P.L^3}{48EI_x}$$

$$f = \frac{5}{384}\times\frac{((40.37 + 100)/100)\times 297^4}{2\times 10^6 \times 7210} + \frac{8401.26\times 297^3}{48\times 2\times 10^6 \times 7210}$$

$= 0.00986 + 0.318$ cm

$f \le f_{ijin} \rightarrow 0.33\,\text{cm} \le 1.24\,\text{cm}$ ... **OK !**

" Profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift"

4.4 Perencanaan Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada gedung Hotel Raya Darmo ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

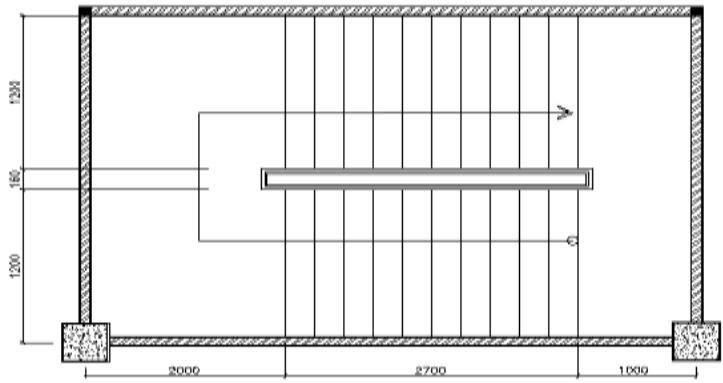
4.4.1 Tangga Lantai Hotel

- Tinggi antar lantai = 350 cm
- Tinggi bordes = 175 cm
- Panjang tangga = 270 cm
- Lebar tangga = 120 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :
  Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
  $60\text{ cm} \le (2t + i) \le 65$ cm
  $25^O < a < 40^O$
  Dimana :
  t = tinggi injakan (cm)
  i = lebar injakan (cm)
  a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga
  Tinggi injakan (t) = 16 cm
  Jumlah tanjakan $= \frac{(350/2)}{16} = 11$ buah

Jumlah injakan (n) = 11 - 1 = 10 buah
60 cm ≤ (2 x 16 + 30) ≤ 65 cm
60 cm < (62) < 65 cm ... **OK !**
Lebar bordes = 200 cm
Lebar tangga = 120 cm
a = arc tg $\left(\frac{350/2}{270}\right)$ = 32.95^{O}



Gambar 4.20 Denah Tangga

4.4.2 Anak Tangga

Gambar 4.21 Pelat Anak Tangga

a. Perencanaan tebal pelat anak tangga

Tebal pelat tangga = 3 mm
Berat jenis baja = 7850 kg/m^3
Mutu baja BJ 37 → f_y = 2400 kg/m^2
Momen Inersia (I_x) = 0.0675 cm^4

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati (q_D)
Berat pelat = 0.003 × 1.20 × 7850 = 28.26 kg/m
Alat penyambung (10%) = 2.83 kg/m +
q_D = 31.09 kg/m

Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
q_L = 100 Psf = 488.24 kg/m²
q_L = 488.24 × 1.20 = 585.89 kg/m

- Perhitungan M_D dan M_L

$M_D = 1/8\ q_D\ l^2 = 1/8 \times 31.09 \times 0.30^2 = 0.35$ kgm
$M_L = 1/8\ q_L\ l^2 = 1/8 \times 585.89 \times 0.30^2 = 6.59$ kgm
$M_L = 1/4\ P_L\ l^2 = 1/4 \times 100 \times 0.30 = 7.50$ kgm (menentukan)

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$M_U = 1.4\ M_D = 1.4 \times 0.35 = 0.49$ kgm
$M_U = 1.2\ M_D + 1.6\ M_L = 1.2 \times 0.35 + 1.6 \times 7.50$
= 12.42 kg.m (menentukan)

- Kontrol momen lentur

$Z_x = ¼\ bh^2 = 0.25 \times 120 \times 0.30^2 = 2.70$ cm^3
$ØM_n = ØZ_x \times f_y = 0.9 \times 2.70 \times 2400 = 5832$ kgcm
= 58.32 kgm

Syarat : $ØM_n > M_u$
58.32 kgm > 12.42 kgm ... **OK !**

- Kontrol lendutan

L = 30 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{30}{240} = 0.125\,\text{cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u L^3}{48 EI_x}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(7.10 + 9.76) 800^4}{2 \times 10^6 \times 23700} = 1.90\,\text{cm}$$

= 0.048 cm

$f \le f_{ijin} \rightarrow 0.048\,\text{cm} \le 0.125\,\text{cm}$ ... **OK !**

b. Perencanaan pengaku anak tangga

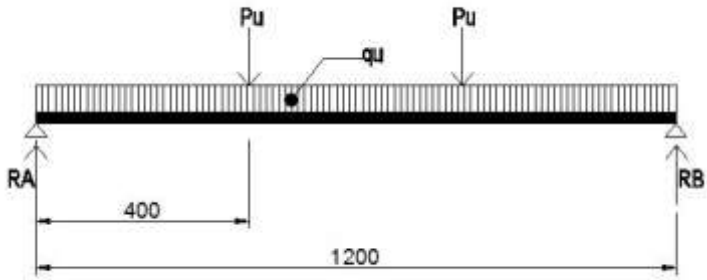
Direncanakan menggunakan profil siku 45 × 45 × 5 dengan data sebagai berikut :

b = 45 mm I_x = 7.91 cm^4 i_y = 1.35 cm

t_w = 5 mm I_y = 7.91 cm^4 i_x = 1.35 cm

W = 3.38 kg/m A = 4.3 cm^2

Perencanaan pembebanan



Gambar 4.22 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

Beban mati (1/2 lebar injakan)

Berat pelat = 0.15 x 0.003 x 7850 = 3.533 kg/m

Berat baja siku 45 x 45 x 5 = 3.380 kg/m +
= 6.913 kg/m

Alat penyambung (10%) = 0.691 kg/m +
q_D = 7.604 kg/m

Beban hidup (1/2 lebar injakan)
(Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
q_L = 100 Psf = 488.24 kg/m²
q_L = 488.24 x 0.15 = 73.236 kg/m
P_L = 100 kg

- Perhitungan M_D dan M_L

M_D = 1/8 x q_D x L^2
= 1/8 x 7.604 x 1.20^2 = 1.37 kgm

M_L = 1/8 x q_L x L^2 → akibat beban merata
= 1/8 x 73.236 x 1.20^2 = 13.18 kgm

M_L = 1/3 x P x L → akibat beban terpusat
= 1/3 x 100 x 1.20 = 40.00 kgm (menentukan)

$$Vu = 1.2\left(\tfrac{1}{2} \times q_D \times 1.20\right) + 1.6\left(\tfrac{1}{2} \times P \times 2\right)$$
$$= 1.2\left(\tfrac{1}{2} \times 7.604 \times 1.20\right) + 1.6\left(\tfrac{1}{2} \times 100 \times 2\right)$$
$$= 165.47 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L
= 1.2 × 1.37 + 1.6 × 40.00 = 65.64 kgm

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{45}{5} = 9.00$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 9.00 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_P$

$Z_x = (t_w \times d)\,1/2\,d + (t_w(b - tw))\,1/2\,t_w$

$= (0.5\times4.5)\,1/2\times5 + (0.5(4.5-0.5))\,1/2\times0.5$

$= 6.125\ cm^3$

$ØM_n = ØZ_x \times f_y = 0.9 \times 6.125 \times 2400 = 13230$ kgcm

$= 132.30$ kgm

Syarat : $ØM_n > M_u$

132.30 kgm > 65.64 kgm ... **OK !**

- Kontrol kuat geser

$$\frac{hw}{tw} = \frac{(45-5)}{5} = 8.00 ; 1.10\sqrt{k_v\frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{1.2\times\frac{2\times10^6}{2400}} = 34.79$$

karena $\frac{hw}{tw} \le 1.10\sqrt{k_v\frac{E}{f_y}} \rightarrow 8.00 \le 34.79$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6\times2400\times(4.5\times0.5)\times1.00 = 3240$ kg

Ø Vn $\ge$ Vu

Ø Vn = 0.9×3240

= 2916 kg > 165.47 kg ... **OK !**

- Kontrol lendutan

L = 120 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{120}{240} = 0.50\ \text{cm}$$

$$f = \frac{5}{384}\times\frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times a}{24EI_x}\left(3L^2 - 4a^2\right)$$

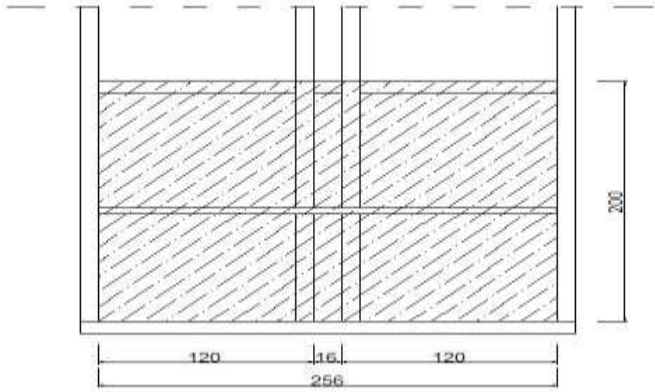
$$= \frac{5}{384} \times \frac{0.076 \times 120^4}{2 \times 10^6 \times 7.91} + \frac{100 \times 45}{24 \times 2 \times 10^6 \times 7.91} \left(3 \times 120^2 - 4 \times 45^2\right)$$

$= 0.013 + 0.416$

$= 0.429$ cm

$f \le f_{ijin} \rightarrow 0.429\,\text{cm} \le 0.50\,\text{cm}$ ... **OK !**

4.4.3 Perencanaan Bordes



Gambar 4.23 Denah Bordes

a. Pelat bordes
   Tebal pelat bordes = 3 mm
   Berat jenis baja = 7850 kg/m^3
   Mutu baja BJ 37 → f_y = 2400 kg/m^2

- Perencanaan pembebanan pelat bordes
  Beban mati (q_D)
  Berat pelat = 0.003 × 1.20 × 7850 = 28.26 kg/m
  Alat penyambung (10%) = 2.83 kg/m +
  q_D = 31.09 kg/m

Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
q_L = 100 Psf = 488.24 kg/m²
q_L = 488.24 kg/m^2 × 1.20 m = 585.888 kg/m

- Perhitungan M_D dan M_L
  $M_D = 1/8 \times q_D \times l^2$
  $= 1/8 \times 31.09 \times (0.30)^2$ = 0.35 kgm
  $M_L = 1/8 \times q_L \times l^2$
  $= 1/8 \times 585.888 \times (0.30)^2$ = 6.59 kgm

- Kombinasi pembebanan M_U
  $M_U = 1.2\ M_D + 1.6\ M_L$
  $= 1.2 \times 0.35 + 1.6 \times 6.59$ = 10.96 kgm

- Kontrol momen lentur
  Z_x = ¼ bh^2 = ¼ x 120 x 0.3^2 = 2.70 cm^3
  Mn = $Z_x \times f_y$ = 2.70 x 2400 = 6480 kgcm = 64.80 kgm

- Cek kemampuan penampang
  $Ø_b \,.\, M_n \geq M_u$
  $Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 64.80$
  = 58.32 kgm ≥ 10.96 kgm ... **OK !**

- Kontrol lendutan
  L = 60 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{60}{240} = 0.25\,\text{cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{(0.31 + 5.86) \times 60^4}{2 \times 10^6 \times 2.7}$$

$$= 0.19\ \text{cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.19\,\text{cm} \leq 0.25\,\text{cm} \ldots \textbf{OK !}$$

b. Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 × 50 × 5 × 7

d = 100 mm t_f = 7 mm r = 8 mm

b = 50 mm Z_x = 42 cm^3 I_x = 187 cm^4

t_w = 5 mm W = 9.3 kg/m

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati (q_D)

Berat pelat = 0.003 × 1.0 × 7850 = 23.55 kg/m

Berat profil = 9.30 kg/m +

= 32.85 kg/m

Berat sambungan dan lain-lain 10% = 3.29 kg/m +

q_D = 36.14 kg/m

Beban hidup

Lantai hotel

(Tabel 4-1. SNI 1727:2013) = 100 Psf = 488.24 kg/m^2

Total beban hidup (q_L) = 0.5 × 488.24 = 244.12 kg/m

V_D = ½ . q_D . L = ½ × 36.14 × 1.20

= 21.68 kg

M_D = 1/8 . q_D . L^2 = 1/8 × 36.14 × $(1.20)^2$

= 6.51 kgm

V_L = ½ × q_L × L = ½ × 244.12 × 1.20

= 146.47 kg

M_L = 1/8 × q_L × L^2 = 1/8 × 244.12 × $(1.20)^2$

= 43.94 kgm

- Kombinasi pembebanan

V_U = 1.2V_D + 1.6V_L

= 1.2 (21.68) + 1.6 (146.47) = 260.37 kg

M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L

= 1.2 (6.51) + 1.6 (43.94) = 78.12 kgm

- Kontrol penampang
  Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2\times 7} = 3.57$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 3.57 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

  Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{100 - 2(8+7)}{5} = 14.00$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 14.00 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  Mp $= f_y \times Z_x$ = 2400 x 42.00
  = 100800 kgcm
  = 1008 kgm

- Cek kemampuan penampang
  $\emptyset_b \,.\, M_n \ge M_u$
  $\emptyset_b \,.\, M_n = 0.9 \times 1008$
  = 907.20 kgm ≥ 78.12 kgm ... **OK !**

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{70}{5} = 14.00 \text{ ; } 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5\times\frac{2\times 10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \le 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 14.00 \le 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (10 \times 0.5) \times 1.00 = 7200$ kg

Ø Vn $\ge$ Vu

Ø Vn = 0.9 × 7200

= 6480 kg > 260.37 kg ... **OK !**

- Kontrol lendutan

L = 120 cm

$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{120}{240} = 0.50$ cm

$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x}$

$= \frac{5}{384} \times \frac{(0.36 + 2.44) \times 120^4}{2 \times 10^6 \times 187}$

= 0.02 cm

$f \le f_{ijin} \rightarrow 0.02\,\text{cm} \le 0.50\,\text{cm}$ ... **OK !**

4.4.4 Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 × 100 × 4.5 × 7 dengan spesifikasi sebagai berikut :

W = 18.2 kg/m I_x = 1580 cm^4

r = 11 mm Z_x = 170 cm^3

i_y = 2.21 cm A_g = 23.18 cm^2

h = 198 – 2 (7+11) = 162 mm

- Perencanaan pembebanan anak tangga

  Beban mati (anak tangga)

  Berat pelat $0.003 \times (1.2 \times 0.8) \times 7850$ = 22.61 kg/m

  Berat profil siku 3.38×2 = 6.76 kg/m

  Berat profil balok $18.2 / \cos(32.95°)$ = 21.69 kg/m +

  = 51.06 kg/m

  Berat alat penyambung 10% = 5.00 kg/m +

  q_{D1} = 56.06 kg/m

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

  q_L = 100 Psf = 488.24 kg/m²

  $q_{L1} = 488.24 \times 1.0 / \cos 32.95° = 581.83$ kg/m

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

  $= 1.2 \times 56.06 + 1.6 \times 581.83$

  = 998.20 kg/m

- Perencanaan pembebanan bordes

  Beban mati

  Berat profil = 18.20 kg/m

  Berat bordes $0.003 \times 1.0 \times 7850$ = 23.55 kg/m +

  = 41.75 kg/m

  Berat penyambung 10% = 4.18 kg/m +

  q_{D2} = 45.93 kg/m

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

  q_L = 100 Psf = 488.24 kg/m²

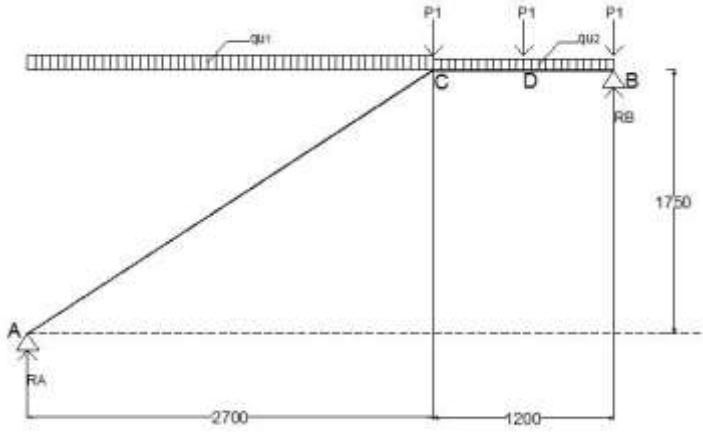
  $q_{L2} = 488.24 \times 1.0 = 488.24$

  $q_{U2} = 1.2\, q_D + 1.6\, q_L$

  $= 1.2 \times 45.93 + 1.6 \times 488.24 = 836.30$ kg/m

  Beban terpusat akibat balok bordes

  $p_1 = 9.30 \times 1.0 = 9.30$ kg



Gambar 4.24 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

- Perhitungan pembebanan

$\Sigma M_A = 0$

$$-R_b \times 3.90 + P_1 \times 2.70 + P_1 \times 3.30 + P_1 \times 3.90 + q_{u1} \times 2.70 \times 1.35 + q_{u2} \times 1.20 \times 3.30 = 0$$

$$R_b = \frac{9.30 \times 2.70 + 9.30 \times 3.30 + 9.30 \times 3.90 + 998.20 \times 2.70 \times 1.35 + 836.30 \times 1.20 \times 3.30}{3.90}$$

$R_b = 1805.71$ kg

$\Sigma M_B = 0$

$$R_a \times 3.90 - P_1 \times 0 - P_1 \times 0.60 - P_1 \times 1.20 - q_{u1} \times 2.70 \times 2.55 - q_{u2} \times 1.20 \times 0.60 = 0$$

$$R_a = \frac{9.30 \times 0 + 9.30 \times 0.60 + 9.30 \times 1.20 + 998.20 \times 2.70 \times 2.55 + 836.30 \times 1.20 \times 0.60}{3.90}$$

$R_a = 1920.89$ kg

Kontrol:

$\sum V = R_a + R_b - q_{u1} \times 2.70 - q_{u2} \times 1.20 - P_1 \times 3$

$=1805.71+1920.89–998.20\times2.70–836.30\times1.20–9.30\times3$

$= 0$ ... **OK !**

Bidang M

- a – c :

$M_X = R_a \times X - ½\ q_{u1} . x^2$

$= 1920.89 \times X - ½ \times 998.20 \times X^2$

$X = 0$ m

$M_a = 0$ kgm

$X = 2.70$ m

$M_c = 1920.89 \times 2.70 - ½ \times 998.20 \times 2.70^2 = 1547.96$ kgm

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

$\frac{dM_x}{d_x} = 1920.89 - 998.20 \times X = 0$

$X = 1.92$ m

$M_{max} = 1920.89 \times 1.92 - ½ \times 998.20 \times 1.92^2$

$= 1848.23$ kgm

- b - d :

$M_X = R_b \times X - ½\ q_{u2} \times X^2 - P_1 \times X$

$= 1805.71 \times X - ½ \times 836.30 \times X^2 - 9.30 \times X$

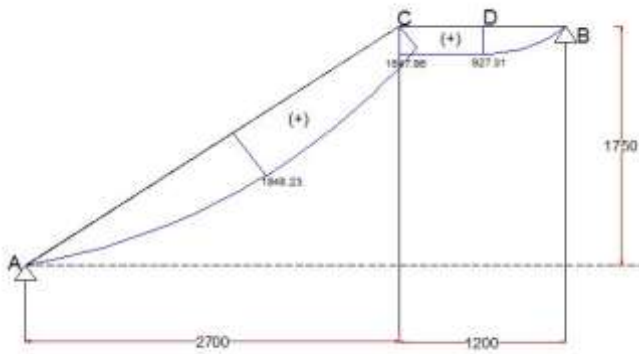
$X = 0$ m

$M_b = 0$ kgm

$X = 0.60$ m

$M_d = 1805.71 \times 0.6 - ½ \times 836.30 \times 0.60^2 - 9.30 \times 0.60$

$= 927.31$ kgm



Gambar 4.25 Bidang M Balok Tangga

Bidang D

- a - c :

$D_X = R_a \times \cos(32.95°) - q_{u1} \times X \times \cos(32.95°)$

$= 1920.89 \times \cos(32.95°) - 998.20 \times X \times \cos(32.95°)$

$X = 0$ m

$Da_{ka} = 1920.89 \times \cos(32.95°) - 998.20 \times 0 \times \cos(32.95°)$

$= 1611.91$ kg

$X = 2.70$ m

$Dc_{ki} = 1920.89 \times \cos(32.95°) - 998.20 \times 2.70 \times \cos(32.95°)$

$= -649.71$ kg

- b - d :

$D_X = -R_b + q_{u2} \times X + P_1$

$= -1805.71 + 836.30 \times X + 9.30$

$X = 0$ m

$Db_{ki} = -1805.71 + 836.30 \times 0 + 9.30$

$= -1796.41$ kg

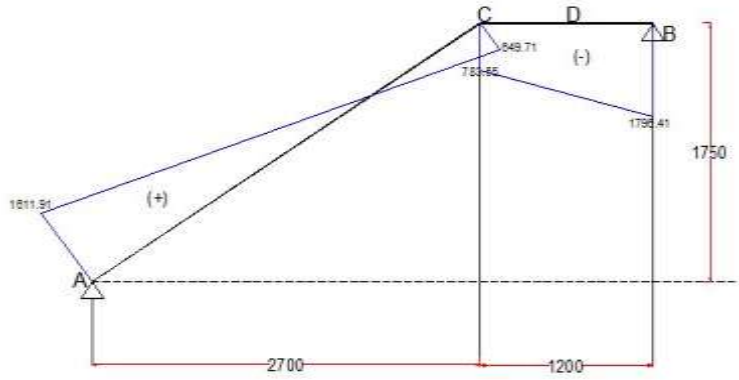
$X = 0.60$ m

$Dd_{ka} = -1805.71 + 836.30 \times 0.60 + 9.30$

$= -1294.63$ kg

- d - c :

  D_X = - R_b + q_{u2} × (X+0.60) + P_1 + P_1
  = - 1805.71 + 836.30 × (X+0.60) + 9.30 + 9.30
  X = 0 m
  Dd_{ki} = - 1805.71 + 836.30 × (0+0.60) + 9.30 + 9.30
  = - 1285.33 kg
  X = 0.60 m
  Dc_{ka} = - 1805.71 + 836.30 × (0.60+0.60) + 9.30 + 9.30
  = - 783.55 kg



Gambar 4.26 Bidang D Balok Tangga

Bidang N

- a - c :

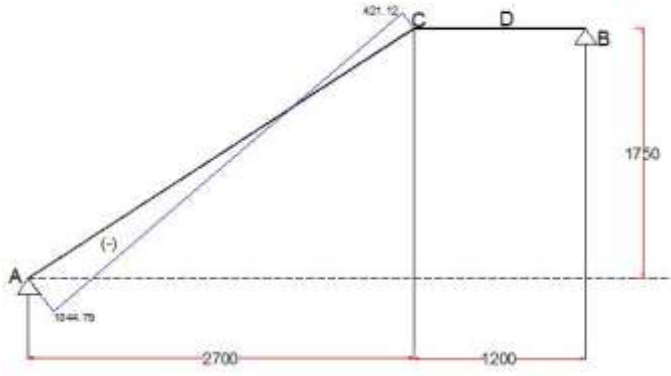
  N_X = - R_a × sin (32.95°) + q_{u1} × X × sin (32.95°)
  = - 1920.89 × sin(32.95°) + 998.20 × X × sin(32.95°)
  X = 0 m
  Na_{ka} = - 1920.89 × sin(32.95°) + 998.20 × 0 × sin (32.95°)
  = - 1044.79 kg

X = 2.70 m

Nc_{ki} = - 1920.89×sin(32.95°)+ 998.20 × 2.70× sin(32.95°)
= 421.12 kg

- c – b :

N = 0 kg



Gambar 4.27 Bidang N Balok Tangga

- Kontrol penampang profil

a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{99}{2\times 7} = 7.07$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 7.07 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{4.5} = 36.00$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 36.00 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Mp $= f_y \times Z_x = 2400$ x 170.00
$= 408000$ kgcm
$= 4080$ kgm

Cek kemampuan penampang

$Ø_b . M_n \ge M_u$

$Ø_b . M_n = 0.9 \times 4080$
$= 3672$ kgm ≥ 1848.23 kgm ... **OK !**

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$L_b = \sqrt{30^2 + 16^2} = 34.00$ cm (pengaku anak tangga)

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 2.21 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 112.28 \text{ cm}$$

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

Mp $= f_y \times Z_x = 2400$ x 170
$= 408000$ kgcm
$= 4080$ kgm

Cek kemampuan penampang

$Ø_b . M_n \ge M_u$

$Ø_b . M_n = 0.9 \times 4080$
$= 3672$ kgm ≥ 1848.23 kgm **... OK !**

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{4.5} = 36.00 \text{ ; } 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5\times\frac{2\times10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \le 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 36.00 \le 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (19.8 \times 0.45) \times 1.00 = 12830.40$ kg

Ø Vn $\ge$ Vu

Ø Vn = 0.9 × 12830.40

= 11547.36 kg > 1796.41 kg **... OK !**

- Persamaan interaksi tekan – lentur

L = $\sqrt{270^2 + 120^2} = 295.47$ cm

K_c = 0.70 (sendi – jepit)

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0.70 \times 295.47}{2.21}\right)^2} = 2253.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2400}{2253.68} = 1.065$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 1.065 \le 2.25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$f_{cr} = \left[0.658^{\frac{f_y}{f_e}}\right] \times f_y = \left[0.658^{1.065}\right] \times 2400 = 1536.82 \text{ kg/cm}^2$$

$P_n = f_{cr} \times A_g$

= 1536.82 × 23.18 = 35623.49 kg

ØP_n = 0.85 × 35623.49

= 30279.97 kg

$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1044.79}{30279.97} = 0.035$ maka rumus interaksi 1

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

$$\frac{1044.79}{30279.97}+\frac{8}{9}\left(\frac{1848.23}{3672}+0\right)=0.48\le 1.0 \quad ...\text{OK!}$$

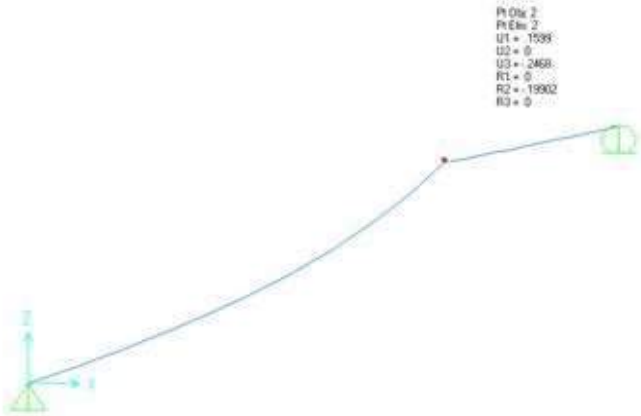
- Kontrol lendutan

$$f_{ijin}=\frac{L}{240}=\frac{\sqrt{270^2+120^2}}{240}=1.23\,\text{cm}$$

$f = 0.247$ cm

(dari hasil analisis SAP 2000)

$f \le f_{ijin} \rightarrow 0.247\,\text{cm} \le 1.23\,\text{cm}$ ... **OK !**



Gambar 4.28 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

4.4.5 Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 × 100 × 5.5 × 8

W = 21.30 kg/m r = 11 mm

A = 27.16 cm^2 Z_x = 200 cm^3

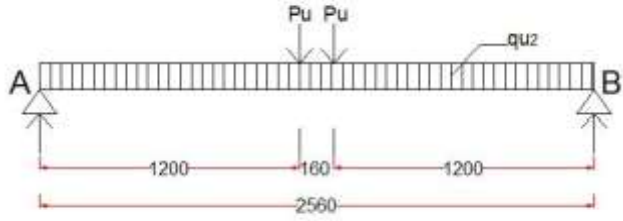
S_x = 184 cm^3 I_x = 1840 cm^4

I_y = 134 cm^4 i_x = 8.24 cm

i_y = 2.22 cm d = 200 mm
b = 100 cm
h = 200 - 2 (8 + 11) = 162 mm

- Pembebanan

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



Gambar 4.29 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

Ra = 1920.89 kg
Rb = 1805.71 kg

Beban merata (q)

Berat profil	=	21.30 kg/m
Beban dinding 1.75 × 240	=	420.00 kg/m +
	=	441.30 kg/m
Berat sambungan 10%	=	44.13 kg/m +
	=	485.43 kg/m

- Reaksi perletakan

  $\Sigma M_A = 0$

  $$-R_{vb} \times 2.56 + R_a \times 1.36 + R_b \times 1.20 + q \times 2.56 \times 1.28 = 0$$

  $$R_{vb} = \frac{1920.89 \times 1.36 + 1805.71 \times 1.20 + 485.43 \times 2.56 \times 1.28}{2.56}$$

  R_{vb} = 2488.25 kg

  $\Sigma M_B = 0$

  $$R_{va} \times 2.56 - R_a \times 1.20 - R_b \times 1.36 - q \times 2.56 \times 1.28 = 0$$

  $$R_{va} = \frac{1920.89 \times 1.20 + 1805.71 \times 1.36 + 485.43 \times 2.56 \times 1.28}{2.56}$$

  R_{va} = 2481.05 kg

  Kontrol:

  $\sum V = R_{va} + R_{vb} - Ra - Rb - q \times 3.00$

  = 2481.05+2488.25–1920.89–1805.71– 485.43× 2.56

  = 0 **... OK !**

- Momen maksimum

  $M_{max} = R_{va} \times 1.28 - R_b \times 0.08 - ½ \times q \times 1.28^2$

  $=2481.05 \times 1.28 - 1805.71 \times 0.08 - ½ \times 485.43 \times 1.28^2$

  = 2633.62 kgm

- Gaya geser

  $V_U = - R_{vb}$ = - 2488.25 kg

- Kontrol penampang profil

  Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

  Pelat sayap

  $$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6.25$$

  $$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 6.25 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5.5} = 29.46$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 29.46 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$M_p = f_y \times Z_x = 2400 \text{ x } 200$
$= 480000$ kgcm
$= 4800$ kgm

Cek kemampuan penampang

$Ø_b \,.\, M_n \ge M_u$

$Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 4800$
$= 4320 \text{ kgm} \ge 2633.62 \text{ kgm}$ ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$L_b = 120$ cm

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 2.22 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 112.79 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}} = \sqrt{\frac{134\times20}{2\times184}} = 2.70 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \text{ ➔ } b_w = d - 2t_f = 200 - 2\times8 = 184 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3}(18.4)0.55^3 + 2\times\frac{1}{3}(10)0.8^3 = 4.43 \text{cm}^4$$

$$\frac{Jc}{S_x h_0} = \frac{4.43\times1}{184\times20} = 1.2\times10^{-3}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.75 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6.76\left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} =$$

$$1.95\times 2.70\frac{2\times 10^{6}}{0.75\times 2400}\sqrt{1.2\times 10^{-3}+\sqrt{\left(1.2\times 10^{-3}\right)^{2}+6.76\left(\frac{0.7\times 2400}{2\times 10^{6}}\right)^{2}}}$$

L_r = 355.46 cm

$L_p < L_b < L_r$ (bentang menengah)

$M_y = S_x \times f_y = 184\times 2400 = 441600$ kgcm

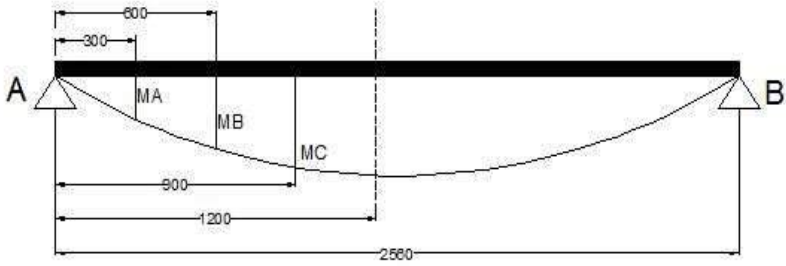
= 4416 kgm

$M_p = Z_x \times f_y = 200\times 2400 = 480000$ kgcm

= 4800 kgm

$M_r = S_x\times\left(f_y - f_r\right) = 184\times(2400-750) = 303600$ kgcm

= 3036 kgm



Gambar 4.30 Posisi M_A , M_B , M_C Balok Penumpu Tangga

M_A = $R_{va} \times 0.30 - ½ \times q \times 0.30^2$

= $2481.05 \times 0.30 - ½ \times 485.43 \times 0.30^2$

= 722.47 kgm

M_B = $R_{va} \times 0.60 - ½ \times q \times 0.60^2$

= $2481.05 \times 0.60 - ½ \times 485.43 \times 0.60^2$

= 1401.25 kgm

M_C = $R_{va} \times 0.90 - ½ \times q \times 0.90^2$

= $2481.05 \times 0.90 - ½ \times 485.43 \times 0.90^2$

= 2036.35 kgm

M_{max} = 2633.62 kgm

$$Cb = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.3$$

$$Cb = \frac{12.5 \times 2633.62}{2.5 \times 2633.62 + 3 \times 722.47 + 4 \times 1401.25 + 3 \times 2036.35} \leq 2.3$$

$Cb = 1.61 \leq 2.3$

$$M_n = C_b \left[M_p - \left(M_p - 0.7 f_y S_x \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1.61 \left[480000 - \left(480000 - 0.7 \times 2400 \times 184 \right) \left(\frac{120 - 112.79}{355.46 - 112.79} \right) \right]$$

M_n = 764629.03 kgcm

M_n = 7646.29 kgm > M_p maka dipakai M_p

- Cek kemampuan penampang

$Ø_b . M_n \geq M_u$

$Ø_b . M_n = 0.9 \times 4800$

= 4320 kgm ≥ 2633.62 kgm **... OK !**

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5.5} = 29.45 \; ; \; 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29.45 \leq 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (20 \times 0.55) \times 1.00 = 15840 \text{ kg}$$

Ø Vn ≥ Vu

Ø Vn = 0.9 × 15840

= 14256 kg > 2488.25 kg **... OK !**

- Kontrol lendutan

  L = 256 cm

  $$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{256}{240} = 1.07 \text{ cm}$$

  $$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times a}{24 EI_x} \left(3L^2 - 4a^2\right)$$

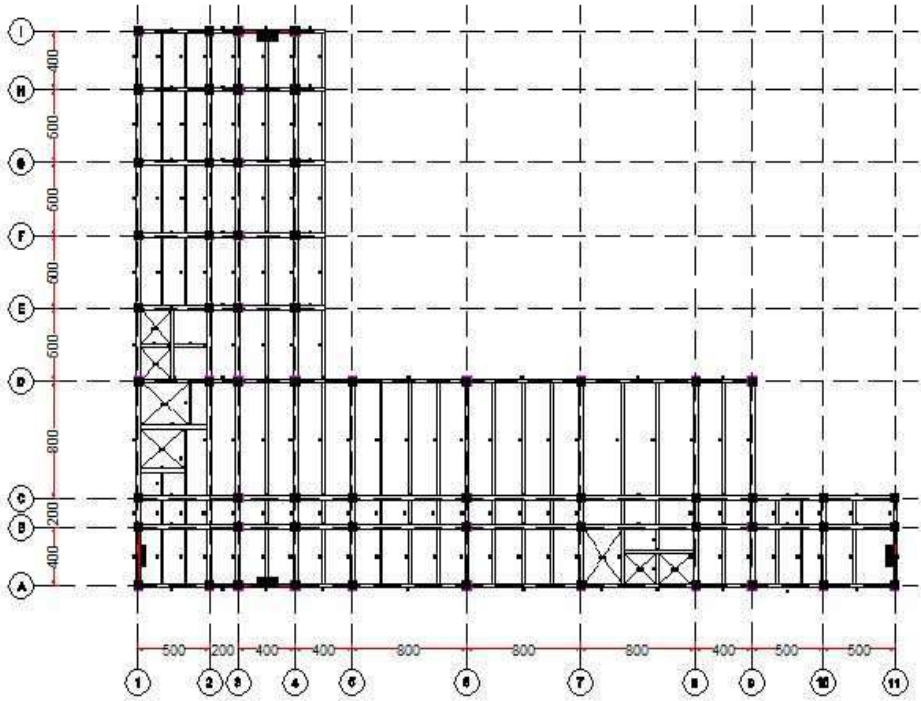
  $$= \frac{5}{384} \times \frac{4.854 \times 256^4}{2 \times 10^6 \times 1840} + \frac{1796.41 \times 120}{24 \times 2 \times 10^6 \times 1840} \left(3 \times 256^2 - 4 \times 120^2\right)$$

  = 0.42 cm

  $f \le f_{ijin} \rightarrow 0.42 \text{ cm} \le 1.07 \text{ cm}$ **... OK !**

BAB V
PEMODELAN STRUKTUR

Permodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem dinding geser plat baja (*steel plate shear wall* / SPSW). Struktur dinding geser plat baja berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan Hotel Royal Darmo Yogyakarta yang terdiri dari 10 lantai hotel dan 1 lantai atap dengan total tinggi struktur 36 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta

Pada Gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horizontal gambar. Analisis yang dilakukan pada struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta ini tanpa menggunakan dilatasi. Bentuk struktur yang tidak simetris akan memungkinkan struktur tersebut memiliki respon yang tidak beraturan. Ketidakberaturan respon tentunya dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur. Hal ini bisa dikurangi dengan mengatur penempatan dinding geser sebagai penahan beban lateral.

Permodelan struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur hotel 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).

5.1. 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 (*dead load*)
   Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :
   a. Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
   b. Berat pelat bondek sebesar 10,10 kg/m^2
   c. Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3.
   d. Beban dinding batako HB 10 + plester 2 cm sebesar 120.00 kg/m^2

e. Beban spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
f. Beban waterproofing sebesar 5 kg/m² untuk setiap ketebalan 1 cm.
g. Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 10 kg/m^2.
h. Beban keramik sebesar 24 kg/m² untuk setiap ketebaln 1 cm.
i. Beban plafon dan penggantung sebesar 18 kg/m^2.
j. Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

Rincian pembebanan untuk beban mati adalah sebagai berikut:

- Pelat atap q_D = b + 2f + g + i = 48.10 kg/m^2
- Pelat lantai hotel q_D = b + 2e + g + h + i = 106.10 kg/m^2
- Pelat lantai koridor q_D = b + 2e + g + h + i = 106.10 kg/m^2

2. Beban hidup (*live load*)

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

Lantai atap	= 20 Psf = 97.65 kg/m^2
Lantai hotel	= 40 Psf = 195.30 kg/m^2
Lantai koridor	= 100 Psf = 488.24 kg/m^2

3. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari Dinas Pekerjaan Umum.

5.1.1. 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 Hotel Royal Darmo Yogyakarta 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 SAP 2000 untuk kombinasi 1D + 1L.

5.1.2. 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 and 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
- 0,9 DL + W
- 1,2 DL ± EQ + 0,5 LL
- 0,9 DL ± EQ

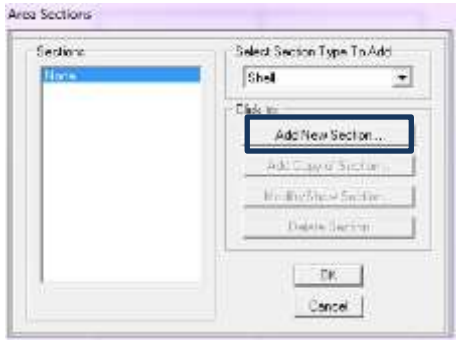
Keterangan :

DL : *Dead Load* (beban mati)
LL : *Live Load* (beban hidup)
EQ : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah
W : beban angin (wind)

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja, satu kombinasi pembebanan dipengaruhi oleh beban mati dan angin sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

5.2. Permodelan Dinding Geser Plat Baja

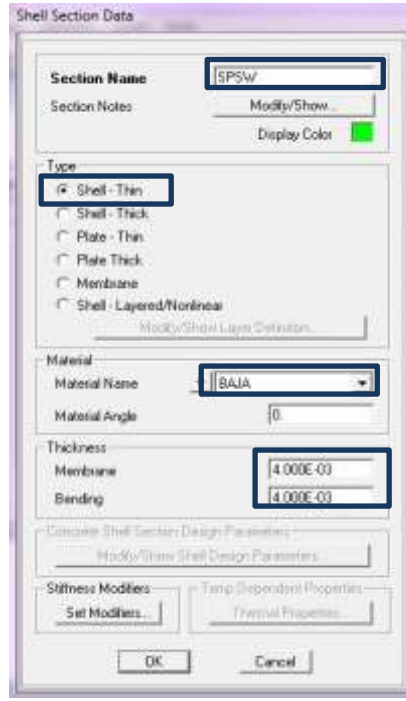
Elemen dinding geser plat baja *(steel plate shear wall /* SPSW*)* dimodelkan sebagai elemen *shell* seperti pada plat lantai. Untuk definisi penampang dilakukan *Area Sections* seperti berikut ini :



Gambar 5.2 Kotak Dialog *Area Sections*

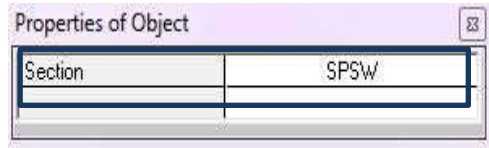
Klik *Add New Section…* dan akan muncul kotak dialog *Shell Section Data*. Selanjutnya dilakukan tahapan pemberian nama dan pengaturan dimensi dinding geser plat baja *(steel plate shear wall /* SPSW*).*

- Pemberian nama “SPSW” pada *Section Name*.
- Pada *Material Name*, pilih mutu baja sesuai rencana yaitu “BAJA”.
- Pada Thickness diisi dengan ketebalan dinding geser yaitu 0.004 (dalam meter = 4 mm). Karena dipakai elemen *Shell* maka diisikan nilai pada *Membrane* dan B*ending*.
- Klik OK, lalu OK lagi.



Gambar 5.3 Kotak Dialog *Shell Section Data*

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".



Gambar 5.4 Kotak Dialog *Properties of Object*

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

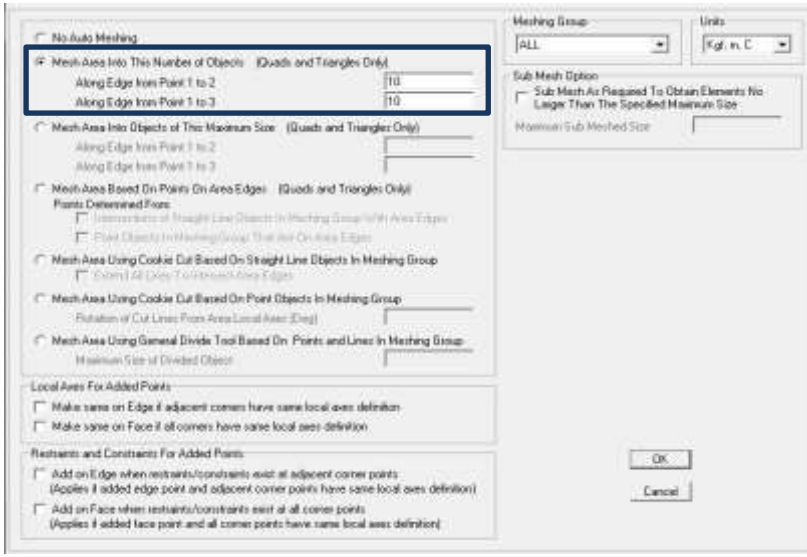
Cara kedua digunakan pada lantai 2 dengan menggunakan perintah *Quick Draw Area*. Dengan cara ini cukup klik pada daerah tengah antara balok dan kolom dengan terlebih dahulu memilih section yang digunakan yaitu "SPSW" pada kotak dialog *Properties of Object*.

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

Untuk dinding geser plat baja lantai 2 :

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 2
- Kemudian klik Assign > Area > *Automatic Area Mesh*…
  - Muncul kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh.*
  - Pada kotak dialog tersebut pilih *Mesh Area Into This Number of Object.* Lalu isikan :
    - *Along Edge from Point 1 to 2* = 10
    - *Along Edge from Point 1 to 2* = 10

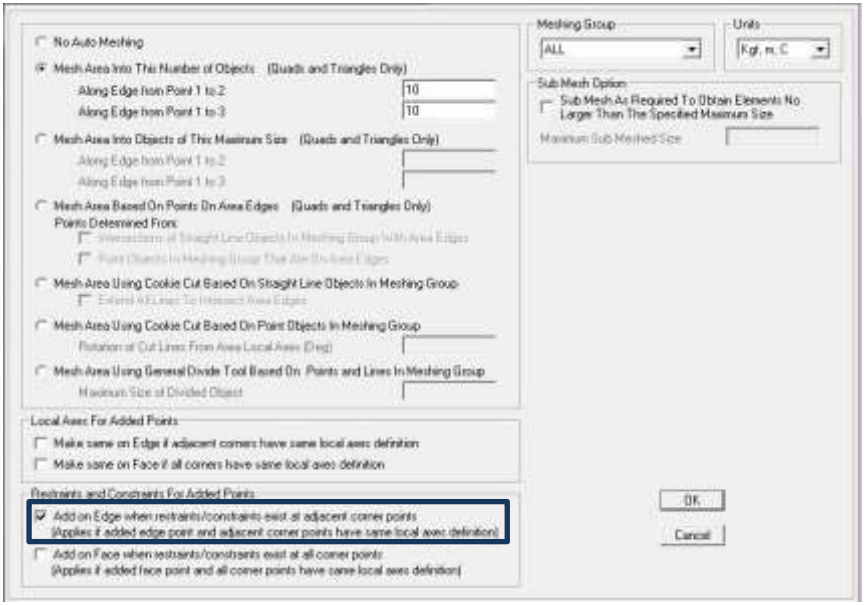
    Hal ini dimaksudkan dinding geser di *Meshing* 10x10
  - Klik OK



Gambar 5.5 Kotak Dialog *Assign Automatic Area Mesh*

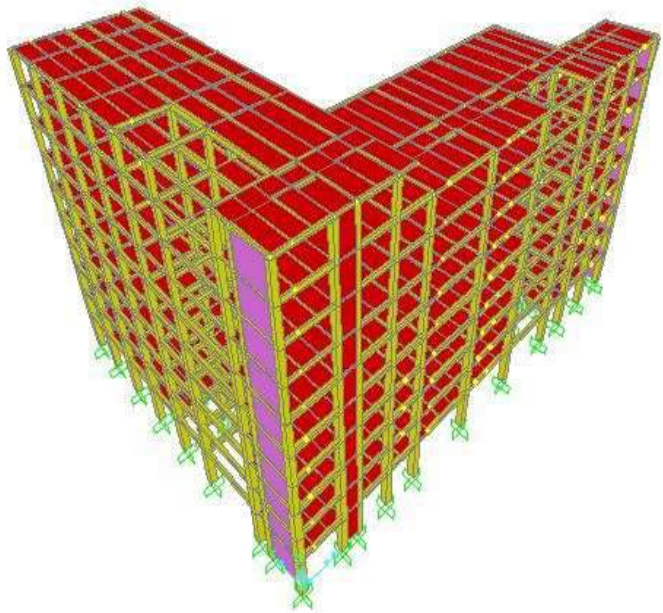
Untuk dinding geser plat baja lantai 1 (dasar) :

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 1.
- Langkah selanjutnya sama dengan langkah sebelumnya yaitu dengan membagi dinding geser menjadi pias *Meshing* 10x10.
- Pada dinding geser lantai dasar diperlukan tumpuan atau jepitan pada bagian dinding gesernya, sehingga pada pembagian pias pada kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh* diaktifkan pilihan *Add on Edge when restraints/contraints exist at adjacent corner point.*
- Kemudian klik OK.



Gambar 5.6 Aktifasi Pilihan *Add on Edge When Restraints / Contraints Exist at Adjacent Corner Point* pada Kotak Dialog *Assign Automatic Area Mesh*

Permodelan yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 ditunjukan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Model 3 Dimensi Struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta dengan Dinding Geser Plat Baja *(Steel Plate Shear Wall /* SPSW*)*

5.3. Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta ini mempunyai jumlah lantai 11 tingkat dengan ketinggian 36 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisis yang dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

5.3.1. Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

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

5.3.2. Arah pembebanan

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

- Gempa Respon Spektrum X :
  100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
  100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

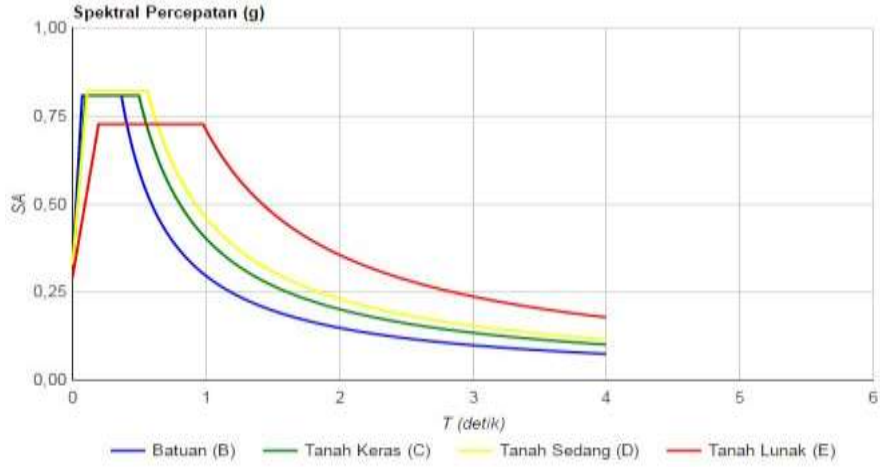
5.3.3. Parameter respon spektrum rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah yogyakarta dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E) :

Tabel 5.1 Parameter Respon Gempa Wilayah Yogyakarta untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak)

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.529
S_S (g)	1.212
S_1 (g)	0.444
C_{RS}	0.928
C_{R1}	0
F_{PGA}	0.900

F_A	0.900
F_V	2.400
PSA (g)	0.476
S_{MS} (g)	1.091
S_{M1} (g)	1.067
S_{DS} (g)	0.727
S_{D1} (g)	0.711
T_0 (detik)	0.196
T_S (detik)	0.978



Gambar 5.8 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Yogyakarta

5.3.4. Faktor reduksi gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan sistem dinding geser plat baja (*steel plate shear wall* / SPSW). Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel 9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk dinding geser plat baja dan beton komposit dengan faktor pembesaran defleksi (C_d) = 6, nilai koefisien modifikasi respon (R) = 7.5 dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2.5

5.3.5. Faktor keutamaan (I)

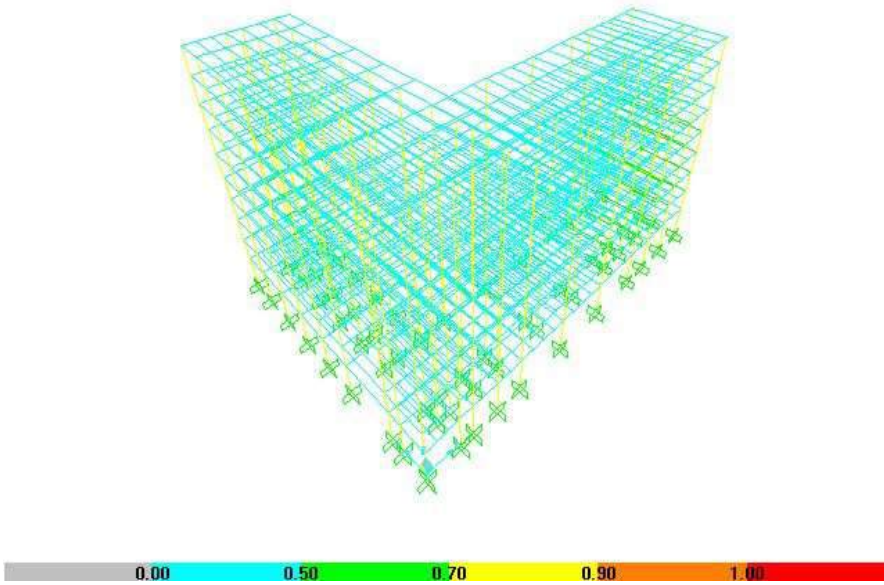
Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e. Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian (hotel). Pada tabel 1 SNI 1726:2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai I = 1.0

5.4. Kontrol Desain

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

- Kontrol 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.



Gambar 5.9 Hasil Analisis Struktur Menggunakan Program Bantu SAP 2000

5.4.1 Kontrol partisipasi massa

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

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5.2 Rasio Partisipasi Massa Hotel Royal Darmo Yogyakarta

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.000023	9.79E-10	2.61E-13
MODAL	Mode	2	0.000024	9.86E-10	3.51E-13
MODAL	Mode	3	0.000024	0.00003	6.47E-13
MODAL	Mode	4	0.000024	0.00003	8.11E-13
MODAL	Mode	5	0.036	0.555	4.58E-07
MODAL	Mode	6	0.175	0.580	0.0000021
MODAL	Mode	7	0.184	0.582	0.0000022
MODAL	Mode	8	0.184	0.582	0.0000022
MODAL	Mode	9	0.185	0.582	0.0000022
MODAL	Mode	10	0.185	0.583	0.0000022
MODAL	Mode	11	0.509	0.690	0.0000067
MODAL	Mode	12	0.746	0.741	0.0000078
MODAL	Mode	13	0.746	0.741	0.0000078
MODAL	Mode	14	0.746	0.741	0.0000078
MODAL	Mode	15	0.746	0.741	0.0000085
MODAL	Mode	16	0.746	0.741	0.0000085
MODAL	Mode	17	0.746	0.741	0.000018
MODAL	Mode	18	0.746	0.742	0.000019
MODAL	Mode	19	0.752	0.750	0.000030
MODAL	Mode	20	0.752	0.875	0.000040
MODAL	Mode	21	0.850	0.878	0.000053
MODAL	Mode	22	0.882	0.879	0.000084
MODAL	Mode	23	0.884	0.880	0.000085
MODAL	Mode	24	0.885	0.883	0.000087
MODAL	Mode	25	0.885	0.933	0.000124

MODAL	Mode	26	0.934	0.933	0.000124
MODAL	Mode	27	0.946	0.950	0.000173
MODAL	Mode	28	0.963	0.964	0.000397
MODAL	Mode	29	0.984	0.974	0.000421
MODAL	Mode	30	0.994	0.994	0.000742

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 93.4% pada moda ke 26 dan partisipasi massa arah Y sebesar 93.3% pada moda ke 25. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5.4.2 Kontrol waktu getar alami fundamental

Untuk mencegah pengunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$\mathbf{T = C_t \, . \, h_n^{\,x}}$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1}.

Struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta memiliki tinggi 36 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja sehingga pada tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai :

$C_t = 0{,}0488$
$x = 0.75$
$h_n = 36$ m

maka :

$T = 0.0488 \times 36^{0.75}$
$= 0.717$ s

Nilai C_u didapat dari tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai S_{D1} = 0.711, maka :

$$C_u \times T = 1.4 \times 0.717 = 1.004 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat,

Tabel 5.3 Perioda dan Frekuensi Struktur

Modal	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
No	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
1	0.7955	1.2571	7.8988	62.391
2	0.7955	1.2571	7.8988	62.391
3	0.7954	1.2573	7.8997	62.405
4	0.7954	1.2573	7.8997	62.405
5	0.6577	1.5204	9.5527	91.255
6	0.6189	1.6156	10.151	103.05
7	0.6181	1.6178	10.165	103.33
8	0.6172	1.6201	10.179	103.62
9	0.6170	1.6207	10.183	103.69
10	0.6168	1.6213	10.187	103.77
11	0.6114	1.6357	10.277	105.62
12	0.5649	1.7702	11.123	123.71
13	0.4238	2.3597	14.826	219.82
14	0.4237	2.3602	14.830	219.92
15	0.3289	3.0403	19.103	364.92
16	0.3268	3.0602	19.228	369.72
17	0.2807	3.5629	22.386	501.14
18	0.2534	3.9467	24.798	614.93
19	0.2493	4.0118	25.207	635.38
20	0.2249	4.4471	27.942	780.74

21	0.2157	4.6353	29.124	848.23
22	0.2027	4.9341	31.002	961.12
23	0.1798	5.5628	34.952	1221.7
24	0.1568	6.3780	40.074	1605.9
25	0.1236	8.0939	50.855	2586.3
26	0.1196	8.3620	52.540	2760.4
27	0.0799	12.518	78.656	6186.8
28	0.0774	12.920	81.178	6589.9
29	0.0447	22.370	140.56	19756
30	0.0432	23.174	145.61	21201

Dari tabel di atas didapat T = 0.7955 s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur Hotel Royal Darmo Yogyakarta masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

5.4.3. Kontrol nilai akhir respon spektrum

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

$V = C_s \cdot W$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1)

Dimana :

$$C_s = \frac{SDs}{(\frac{R}{Ie})} = \frac{0.727}{(\frac{7.5}{1})} = 0.097$$

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

$$C_s = \frac{SD1}{T(\frac{R}{Ie})} = \frac{0.711}{0.7955(\frac{7.5}{1})} = 0.119 > 0.097$$ **(OK...!)**

Maka diambil $C_s = 0.097$

Dan tidak lebih kecil dari :

$C_s = 0.044 \times S_{DS} \times I_e$

$= 0.044 \times 0.727 \times 1$

$= 0.032 < 0.097$ **(OK...!)**

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Hotel Royal Darmo adalah :

Tabel 5.4 Reaksi Dasar Struktur

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Kgf	Kgf	Kgf
1.4DL	570.30	-534.66	10405164.74
1.2DL+1.6LL	488.83	-458.28	12435805.48
1.2DL+RS-X + 0.5LL	3694192.98	836051.69	10034145.12
1.2DL+RS-X + 0.5LL	-3694192.98	-836051.69	10001463.19
1.2DL – RS-Y + 0.5LL	886123.89	3977195.1	10028218.49
1.2DL – RS-Y + 0.5LL	-886123.89	-3977195.1	10007389.82
0.9DL + RS-X	3694070.77	836166.26	6705375.44
0.9DL + RS-X	-3694070.77	-836166.26	6672693.51
0.9DL – RS-Y	886001.69	3977309.67	6699448.81
0.9DL – RS-Y	-886001.69	-3977309.67	6678620.14
1DL+1LL	407.36	-381.90	**9630443.56**

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 9630443.56 kg. Maka :

$V_{statik} = C_s \cdot W$

$= 0.097 \times 9630443.56$ kg

$= 934153$ kg

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.5 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
RS-X	1954231.51	971997.26
RS-Y	963565.75	1984292.68

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

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

  1954231.51 kg > 85% × 934153 kg

  1954231.51 kg > 794030.05 kg **(OK...!)**

- Untuk gempa arah Y :

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

  1984292.68 kg > 85% × 934153 kg

  1984292.68 kg > 794030.05 kg **(OK...!)**

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Hotel Royal Darmo masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

5.4.4 Kontrol batas simpangan antar lantai (*drift*)

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

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem dinding geser plat baja, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 6$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai I = 1,0. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0.020 \times h_{sx}$$

Dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 4.5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0.020 \times 4.5$$
$$= 0.09 \text{ m}$$
$$= 90 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket.
			Simpangan Arah X				
			δei	δi	Δ	Δa	
	M	M	mm	mm	mm	mm	
Atap	36	3.5	54.58	327.5	47.80	70	OK
10	32.5	3.5	46.61	279.7	26.00	70	OK
9	29.0	3.5	42.29	253.7	24.30	70	OK
8	25.5	3.5	38.24	229.4	20.70	70	OK
7	22.0	3.5	34.78	208.7	45.00	70	OK
6	18.5	3.5	27.29	163.7	23.10	70	OK
5	15.0	3.5	24.26	145.6	16.70	70	OK
4	11.5	3.5	21.98	131.9	66.10	70	OK
3	8.0	3.5	11.97	71.82	24.06	70	OK

2	4.5	4.5	7.96	47.76	47.76	90	OK
1	0	0	0.00	0.00	0.00	0	OK

Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket.
			Simpangan Arah X				
			δei	δi	Δ	Δa	
	M	M	mm	mm	mm	mm	
Atap	36	3.5	35.70	214.2	25.0	70	OK
10	32.5	3.5	31.53	189.2	18.0	70	OK
9	29.0	3.5	28.54	171.2	40.5	70	OK
8	25.5	3.5	21.79	130.7	24.5	70	OK
7	22.0	3.5	17.70	106.2	12.6	70	OK
6	18.5	3.5	15.60	93.6	15.2	70	OK
5	15.0	3.5	13.06	78.4	19.5	70	OK
4	11.5	3.5	9.82	58.9	27.9	70	OK
3	8.0	3.5	5.17	31.0	9.7	70	OK
2	4.5	4.5	3.54	21.3	21.3	90	OK
1	0	0	0.00	0.00	0.00	0	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Gedung Hotel Royal Darmo memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

BAB VI
PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer

6.1.1. Balok Induk

6.1.1.1. Balok Induk Bentang 8 meter

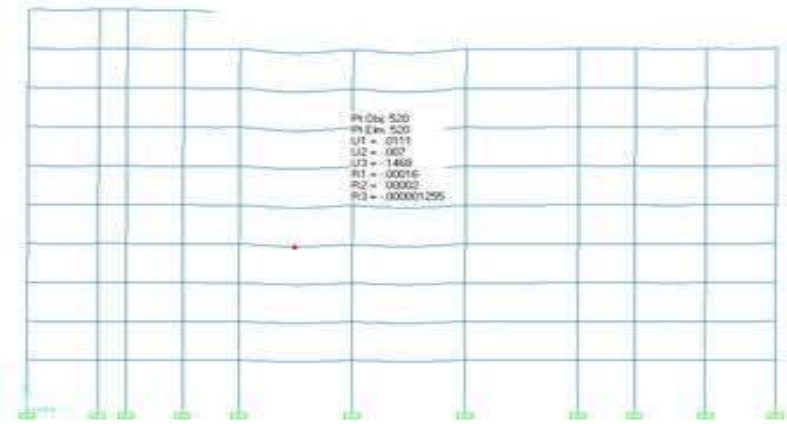
Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil WF 800 × 300 × 14 × 26

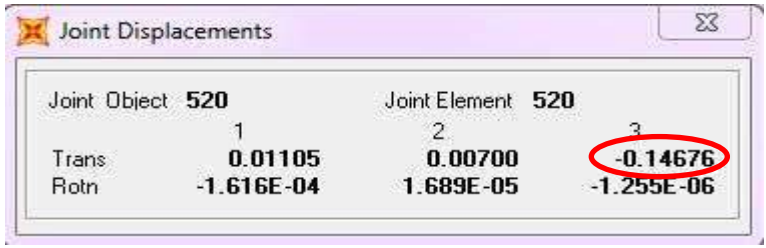
W	= 210 kg/m	r	= 28 mm	h_w	= 800-2(26+28)
A	= 267.40 cm^2	Z_x	= 7995cm^3		= 692 mm
t_w	= 14 mm	i_y	= 6.62 cm	b_f	= 300 mm
t_f	= 26 mm	I_x	= 292000 cm^4		
d	= 800 mm	I_y	= 11700 cm^4		

a. Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk bentang 8 meter adalah sebagai berikut :

Mu = 12116.70 kgm

Vu = 7368.21 kg





f = 0.15 cm

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya momen dan aksial pada balok induk bentang 8 meter adalah sebagai berikut :

M1 = 7739.24 kgm
M2 = 8157.58 kgm
P1 = 4939.69 kg
P2 = 5048.15 kg

b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

  Pelat sayap

  $$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2\times 26} = 5.77$$

  $$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 10.97$$

  $\lambda \le \lambda_p \rightarrow 5.77 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

  Pelat badan

  $$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{14} = 49.43$$

  $$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 108.54$$

  $\lambda \le \lambda_p \rightarrow 49.43 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

  - Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

    $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 7995 = 19188000$ kgcm
    $= 191880$ kgm

  - Cek kemampuan penampang

    $Ø_b \,.\, M_n \ge M_u$

    $Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 191880$
    $= 172692$ kgm > 9299.69 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

  Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 200$ cm.

  $$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6.62 \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{2400}} = 336.34\text{cm}$$

  $L_b \le L_p \rightarrow 200\,\text{cm} \le 336.34\,\text{cm}$ ➔ bentang pendek

  - Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

    $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 7995 = 19188000$ kgcm
    $= 191880$ kgm

- Cek kemampuan penampang

$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$

$\emptyset_b \cdot M_n = 0.9 \times 191880$

$= 172692$ kgm > 12116.70 kgm ... **OK !**

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{14} = 49.43 \text{ ; } 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 49.43 \leq 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (80 \times 1.40) \times 1.00 = 161280 \text{ kg}$$

Ø Vn $\geq$ Vu

Ø Vn $= 0.9 \times 161280$

$= 145152$ kg > 7368.21 kg **... OK !**

d. Kontrol lendutan

L = 800 cm

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$f = 0.15$ cm

$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.15 \text{ cm} \leq 2.22 \text{ cm}$ **... OK !**

6.1.1.2. Balok Induk Bentang 4 meter

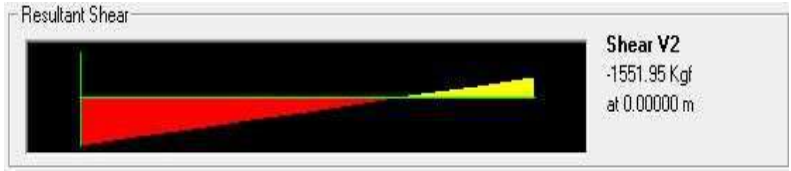
Balok induk bentang 4 meter direncanakan menggunakan profil WF 450 × 200 × 9 × 14

W	= 76 kg/m	r	= 18 mm	h_w	= 450-2(14+18)
A	= 96.76 cm^2	Z_x	= 1621 cm^3		= 386 mm
t_w	= 9 mm	i_y	= 4.40 cm	b_f	= 200 mm

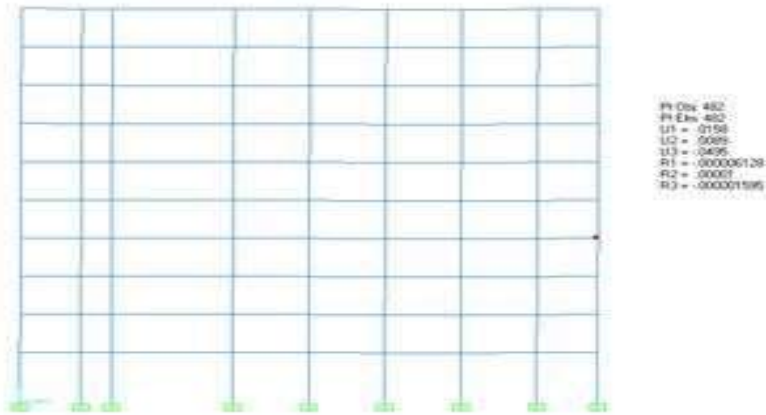
t_f = 14 mm I_x = 33500 cm^4
d = 450 mm I_y = 1870 cm^4

a. Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

Mu = 1614.12 kgm



Vu = 1551.95 kg



f = 0.05 cm

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya momen dan aksial pada balok induk bentang 4 meter adalah sebagai berikut :

M1 = 123.14 kgm
M2 = 1614.12 kgm
P1 = 683.33 kg
P2 = 1551.95 kg

b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

  Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2\times 14} = 7.14$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 7.14 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 42.89 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

  $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 1621 = 3890400$ kgcm
  $= 38904$ kgm

- Cek kemampuan penampang

  $Ø_b \,.\, M_n \ge M_u$

  $Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 38904$
  $= 35013.6$ kgm > 1614.12 kgm ... **OK !**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

  Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 0$ cm.

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 4.40 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 223.55\text{cm}$$

$L_b \le L_p \rightarrow 0\,\text{cm} \le 223.55\,\text{cm}$ ➔ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

  $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 1621 = 3890400$ kgcm
  $= 38904$ kgm

- Cek kemampuan penampang

  $Ø_b \,.\, M_n \ge M_u$

  $Ø_b \,.\, M_n = 0.9 \times 38904$
  $= 35013.6$ kgm > 542.73 kgm ... **OK !**

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89 \text{ ; } 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5\times\frac{2\times10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \le 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42.89 \le 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (45 \times 0.9) \times 1.00 = 58320$ kg

Ø Vn $\ge$ Vu

Ø Vn = 0.9×58320

= 52488 kg > 1551.95 kg **... OK !**

d. Kontrol lendutan

L = 200 cm

$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1.11$ cm

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$f = 0.05$ cm

$f \le f_{ijin} \rightarrow 0.05\,\text{cm} \le 1.11\,\text{cm}$ **... OK !**

6.1.2. Kolom

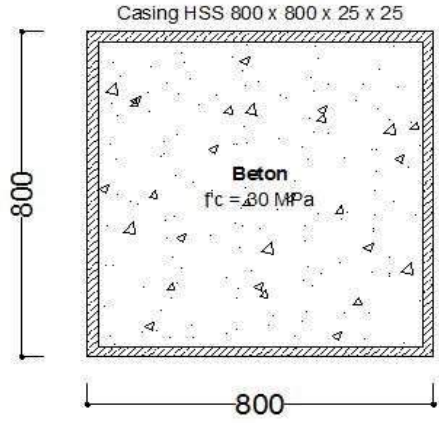
6.1.2.1 Kolom Lantai 1-4

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1- 4. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 800 × 800 × 25 × 25 dan panjang kolom 450 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 800 mm	I_x	= 776615 cm^4
b_f	= 800 mm	I_y	= 776615 cm^4
t_w	= 25 mm	i_x	= 31.66 cm
t_f	= 25 mm	i_y	= 31.66 cm
A	= 775 cm^2	S_x	= 19415 cm^3
Z_x	= 22531 cm^3		
h	= 750 mm		
f_y	= 240 Mpa		

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

Pu = 207617.28 kg
Pnt = 271805.00 kg (Kombinasi Beban 1.2D + 1.6L)
Mux = 16762.11 kgm
Muy = 46295.39 kgm
Bahan :
BJ 37 : f_y = 2400 kg/cm^2
f_u = 3700 kg/cm^2
Beton : f_c'= 30 Mpa = 300 kg/cm^2



Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 800 × 800 × 25 × 25

a. Kuat nominal tekan kolom komposit

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{775}{5625 + 775} = 12.11\% \geq 4\% \quad ...\text{OK!}$$

- Kontrol tebal minimum penampang persegi

$t_{min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$

$t_{min} = 800 \times \sqrt{\frac{240}{3 \times 2 \times 10^5}} = 16\,\text{mm} \le 25\,\text{mm}$ ...OK!

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$

$\lambda_p = 2.26\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 65.24$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 16 \le 65.24$ ➔ penampang kompak

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$P_{no} = P_p$

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

$P_p = 2400 \times 775 + 0.85 \times 300(5625 + 0)$

$P_p = P_{no} = 3294375\,\text{kg}$

b. Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$

$$\lambda_p = 1.12\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.12\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 32.33$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 16 \le 32.33$ ➔ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 22531 = 54074400$ kgcm
  $= 540744$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $\emptyset_b \,.\, M_n \ge M_u$
  $\emptyset_b \,.\, M_n = 0.9 \times 540744$
  $= 486669.6$ kgm

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
  Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom-d_{balok}
  $L_b = 450\text{-}80 = 370$ cm.

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 31.66 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 1608.54\text{cm}$$

$L_b \le L_p \rightarrow 370\,\text{cm} \le 1608.54\,\text{cm}$ ➔ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \,.\, Z_x = 2400 \times 22531 = 54074400$ kgcm
  $= 540744$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $\emptyset_b \,.\, M_n \ge M_u$
  $\emptyset_b \,.\, M_n = 0.9 \times 540744$
  $= 486669.6$ kgm

c. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

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

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

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

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

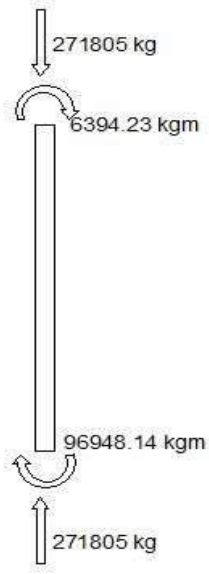
$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

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

$$R_M = 1 - 0.15(P_{mf} / P_{story})$$

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

- Arah sumbu X :
  - Kontrol momen terhadap beban gravitasi
    Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
    M_1 = 6394.23 kgm
    M_2 = 96948.14 kgm
    C_m = 0.57
    P_{e1} = 75702546.39 kg
    B_1 = 0.57 < 1.0 maka digunakan 1.0

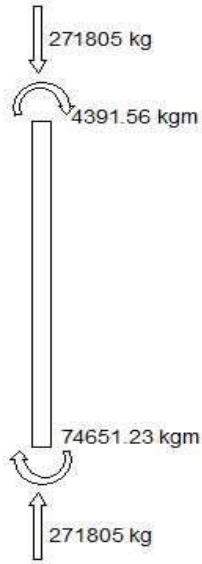


Gambar 6.2 Pengaruh gaya momen dan aksial pada kolom arah sumbu X

- Kontrol momen terhadap beban lateral
  Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
  P_{story} = 4628.78 kg
  $P_{e\ story}$ = 1672900.42 kg
  $B_2 = 1.003 \geq 1.0$ dapat dipakai
- Momen terfaktor pada sumbu X
  M_{rx} = $(1.0 \times 96948.14)+(1.003 \times 16762.11)$
  = 113760.54 kgm

- Arah sumbu Y :
  - Kontrol momen terhadap beban gravitasi
    Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
    M_1 = 94391.56 kgm
    M_2 = 74651.23 kgm
    C_m = 0.10

P_{e1} = 75702546.39 kg
B_1 = 0.10 < 1.0 maka digunakan 1.0



Gambar 6.3 Pengaruh gaya momen dan aksial pada kolom arah sumbu Y

- Kontrol momen terhadap beban lateral
  Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
  P_{story} = 2749.65 kg
  $P_{e\ story}$ = 1228510.01 kg
  B_2 = 1.002 ≥ 1.0 dapat dipakai
- Momen terfaktor pada sumbu Y
  M_{ry} = (1.0 × 74651.23)+(1.002 × 46295.39)
  = 121039.21 kgm

- Kuat aksial orde kedua
  P_r = (271805.00)+(1.002 × 207617.28)
  = 479837.52 kgm

d. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{479837.52}{0.90 \times 3294375} = 0.21 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

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

$$\frac{479837.52}{0.9 \times 3294375} + \frac{8}{9}\left(\frac{113760.54}{486669.60} + \frac{121039.21}{486669.60}\right) = 0.59$$

Hasil kontrol interaksi yaitu 0.59 ≤ 1.00 , maka kolom dapat dipakai.

6.1.3. Dinding Geser Plat Baja *(Steel Plate ShearWall*/SPSW*)*

6.1.3.1 Desain Dinding Geser Plat Baja

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser plat baja dan pengaruhnya terhadap balok *(HBE)* dan kolom *(VBE)*. Untuk perencanaan dinding geser plat baja kali ini menggunakan Un-stiffened, thin *Steel Plate Shear Wall* (Dinding Geser Plat Baja tidak kaku). Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu

Vu = 19125.01 kg

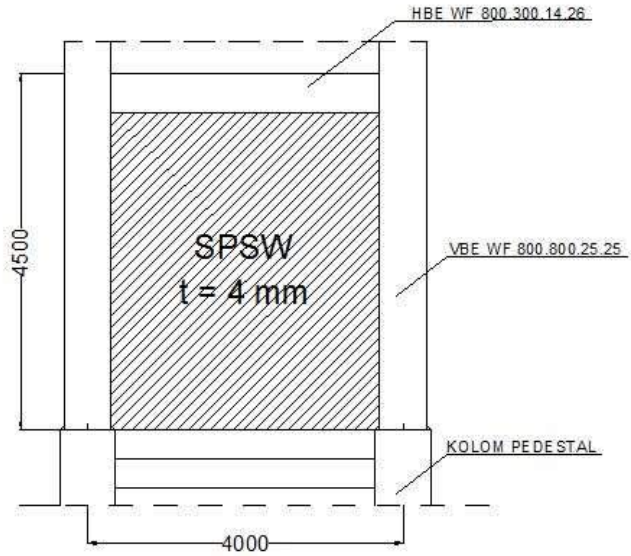
Bahan :

BJ 37 : f_y = 2400 kg/cm^2

f_u = 3700 kg/cm^2

Dimensi :

L × h = 4.00 m × 4.50 m



Gambar 6.4 Struktur Dinding Geser Plat Baja

a. Tebal dinding geser
Asumsi sudut tarik SPSW 30° dari *VBE*.

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

$$19125.01 = 0.90 \times 0.42 \times 2400 \times t_w \times 400 \times \sin(2 \times 30°)$$

= 0.061 cm digunakan t_w = 0.4 cm

b. Sudut tarik aktual sesuai ketebalan *SPSW*

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

$$\alpha = \tan^{-1}\sqrt[4]{\frac{1+\frac{0.4\times 400}{2\times 775}}{1+0.4\times 400\left[\frac{1}{267.4}+\frac{400^3}{360\times 776615\times 400}\right]}}$$

α = 38.58° memenuhi syarat 30°<α<55°

c. Kekuatan geser aktual *SPSW*

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

$$\phi V_n = 0.90\times 0.42\times 2400\times 0.4\times 400\times \sin(2\times 38.58°)$$

ϕV_n = 141522.39 kg > 19125.01 kg ... **OK !**

d. Kontrol tekuk lokal SPSW

SPSW pada saat pelaksanaan diberi pengekang berprofil sejarak setengah bentang antar HBE yaitu :

$$L = \frac{400cm}{2} = 200cm$$

$$\frac{\min(L,H)}{tw} \le 25\sqrt{\frac{E}{fy}} = \frac{200}{0.4} \le 25\sqrt{\frac{2\times 10^6}{240}}$$

$$= 500 \le 721.68 \quad \ldots \textbf{ OK !}$$

6.1.3.2 Kontrol Desain Balok *(HBE)*

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF 800 × 300 × 14 × 26.

W	= 210 kg/m	r	= 28 mm	h_w	= 800-2(26+28)
A	= 267.4 cm^2	Z_x	= 7995 cm^3		= 692 mm
t_w	= 14 mm	i_y	= 6.62 cm	b_f	= 300 mm
t_f	= 26 mm	I_x	= 292000 cm^4		
d	= 800 mm	I_y	= 11700 cm^4		

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

a. Momen pada balok *(HBE)* akibat *SPSW*

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

Menentukan nilai q_u

$$q_u = R_y f_y \left(t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2\right)$$

$$q_u = 1.5 \times 2400 \left(1.0 \times \cos^2 38.58° - 1.0 \times \cos^2 38.58°\right)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$L_h = L - 2\left[\tfrac{1}{2}\left(d_c + d_b\right)\right]$$

$$L_h = 400 - 2\left[\tfrac{1}{2}\left(80 + 80\right)\right]$$

$$L_h = 240 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{0 \times 240^2}{8} = 0 \text{ kgcm} = 0 \text{ kgm}$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari SPSW sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi.

Mu = 0 + 3052.8 = 3052.8 kgm

b. Gaya aksial pada balok *(HBE)*

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

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

hc= h - hb = 450 – 80 = 370 cm

$$P_{HBE(VBE)} = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times \begin{bmatrix} \sin^2(38.58°) \times 0.4 \times 370 \\ + \sin^2(38.58°) \times 0.4 \times 370 \end{bmatrix}$$

$$P_{HBE(VBE)} = 207198.13 \text{ kg}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times [0] \times (400 - 80)$$

Nilai $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})]$=0 karena dimensi *SPSW* lantai 1 dan atasnya sama.

$$P_{HBE(web)} = 0 \text{ kg}$$

Nilai P_{HBE} pada balok akibat distibusi gaya dari *SPSW* adalah :

$$P_{HBE} = 207198.13 \pm \frac{1}{2} \times 0$$

$$P_{HBE} = 207198.13 \text{ kg (tekan)}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{e1}} \geq 1.00$$

$$C_m = 1.0$$

$$KL = 1 \times 400 = 400 \text{ cm}$$

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 (2\times 10^6)\times (292000)}{(400)^2}$$

$$P_{e1} = 35024056.06 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{1-\frac{1\times 207198.13}{35024056.06}} = 1.01 \geq 1.0$$

- Karena nilai B_1 = 1.01 ,maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$P_r = P_u = 207198.13 \text{ kg}$$

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

$$= 1.01 \times 3052.8$$

$$= 3083.33 \text{ kgm}$$

c. Gaya geser pada balok *(HBE)* akibat *SPSW*
Gaya geser dihitung dengan rumus 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.

$$M_{pr} = 1.1 R_y f_y Z_{RBS}$$

$$= 1.1 \times 1.5 \times 2400 \times (2/3 \times 7995)$$

$$= 21106800 \text{ kgcm}$$

$$= 211068 \text{ kgm}$$

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

$$P_y = f_y A_g$$
$$= 2400 \times 267.4$$
$$= 641760 \text{ kg}$$
$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{207198.13}{641760}$$
$$= 0.32 > 0.2$$

$$M^*_{pr} = \frac{9}{8}\left(M_{pr}\right)\left[1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y}\right]$$
$$= \frac{9}{8}\left(211068\right)\left[1 - \frac{207198.13}{641760}\right]$$
$$= 161467.02 \text{ kgm}$$

V_{ug} yang merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output SAP 2000. V_{ug} = 1799.99 kg

$$V_u = \frac{2 \times 161467.02}{4.00} + 1799.99$$
$$= 82533.50 \text{ kg}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

  Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 26} = 5.77$$

$$\lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 4.72 \le 10.97$ ➔ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{14} = 49.43$$

$$\lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.54$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 49.43 \le 108.54$ ➔ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \, . \, Z_x = 2400 \times 7995 = 19188000$ kgcm
  $= 191880$ kgm
- Cek kemampuan penampang
  $\emptyset_b \, . \, M_n \ge M_u$
  $\emptyset_b \, . \, M_n = 0.9 \times 191880$
  $= 172692$ kgm > 3083.33 kgm ... **OK !**

e. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 200$ cm.

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6.62 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 336.34\text{cm}$$

$L_b \le L_p \rightarrow 200\,\text{cm} \le 326.34\,\text{cm}$ ➔ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
  $M_p = f_y \, . \, Z_x = 2400 \times 7995 = 19188000$ kgcm
  $= 191880$ kgm

- Cek kemampuan penampang

$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$

$\emptyset_b \cdot M_n = 0.9 \times 191880$

$= 172692$ kgm > 3083.33 kgm ... **OK !**

f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{14} = 49.43 \; ; \; 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5 \times \frac{2\times10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 49.43 \leq 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$V_n = 0.6 f_y A_w C_v$

$= 0.6\times2400\times(80\times1.40)\times1.00$

$= 161280$ kg

$\emptyset$ Vn $\geq$ Vu

$\emptyset$ Vn $= 0.9 \times 161280$

$= 145152$ kg > 82533.50 kg ... **OK !**

g. Kekuatan tekan balok *(HBE)*

L = 400 cm

K_c = 1.00

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2\times10^6}{\left(\frac{1.00\times400}{6.62}\right)^2} = 5406.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2400}{5406.62} = 0.44$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 0.44 < 2.25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$f_{cr} = fy(0.658)^{\frac{fy}{fc}} = 2400(0.658)^{\frac{2400}{540662}} = 1993.07 \text{ kg/cm}^2$$

$P_n = f_{cr} \times A_g$
$= 1993.07 \times 267.4 = 532946.92$ kg
$\emptyset P_n = 0.85 \times 532946.92$
$= 453004.88$ kg > 207198.13 kg ... **OK !**

h. Interaksi aksial dan lentur balok *(HBE)*

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{207198.13}{452004.88}$$
$$= 0.46$$
$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{3083.33}{172692}$$
$$= 0.02$$
$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_r}{M_c}\right) = 0.48 \le 1.0 \quad \text{...OK!}$$

i. Kontrol momen inersia balok *(HBE)* terhadap *SPSW*

$$I_{HBE} \ge 0.003\frac{(\Delta t_w)L^4}{h}$$
$$= 0.003\frac{(0)\times 400^4}{450}$$
$$I_{HBE} = 292000 \ge 0.00 \quad \ldots\textbf{OK!}$$

j. Kontrol ketebalan plat badan balok *(HBE)*

$$t_{w\,HBE} \ge \frac{t_w R_y f_y}{f_{y\,\mathrm{HBE}}}$$
$$\ge \frac{0.4\times 1.5\times 2400}{2400}$$
$$\ge 0.60 \text{ cm}$$
$$t_w = 1.4 \text{ cm} \ge 0.60 \text{ cm} \ldots\textbf{OK!}$$

Balok 800 × 300 × 14 × 26 aman digunakan untuk balok *(HBE)* komponen *SPSW.*

6.1.3.3 Kontrol Desain Kolom *(VBE)*

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 800 × 800 × 25 × 25 dengan mutu inti beton f'_c= 60 MPa dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 800 mm	I_x	= 776615 cm^4
b_f	= 800 mm	I_y	= 776615 cm^4
t_w	= 25 mm	i_x	= 31.66 cm
t_f	= 25 mm	i_y	= 31.66 cm
A	= 775 cm^2	S_x	= 19415 cm^3
Z_x	= 22531 cm^3		
h	= 750 mm		
f_y	= 240 Mpa		

a. Gaya aksial pada kolom *(VBE)*

P_u = 290702.33 kg (akibat beban gravitasi)

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times [\sin(2 \times 38.58°) \times 0.4 \times 450 \times 2] + (2 \times 82533.50)$$

$$= 796863.40 \text{ kg}$$

$P_{u\ total}$ = 290702.33 + 796863.50

= 1087565.83 kg

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{e1}} \geq 1.00$$

$$C_m = 1.0$$

$$KL = 1 \times 400 = 400\,\text{cm}$$

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \left(2 \times 10^6\right) \times (776615)}{(450)^2}$$

$$P_{e1} = 75702546.39\,\text{kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 1087565.83}{75702546.39}} = 1.02 \geq 1.0$$

Karena nilai B_1 = 1.02 ,maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u = 1087565.83\ \text{kg}$$

b. Momen pada kolom *(VBE)* akibat *SPSW*

- Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser *(SPSW)* pada sambungan.

$$M_{VBE\,(web)} = R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left(\frac{h_c^2}{12}\right)$$

$$= 1.5 \times 2400 \times \sin^2(38.58°) \times 0.4 \times \left(\frac{450^2}{12}\right)$$

= 9449914.90 kgcm

= 94499.15 kgm

- Momen lentur pada kondisi kolom *(VBE)* mengalami tekan.

$$M_{VBE\,(HBE)} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$

$$M_{pb} = \frac{M_{pr}}{1.1 R_y} + V_{ush}$$

$$= \frac{21106800}{1.1 \times 1.5} + 82533.50 \times \left[\frac{80}{2} + \frac{80}{2} \right]$$

= 19394680 kgcm

= 193946.8 kgm

$$P_u = \frac{1}{2} P_{HBE\,(web)}$$

= 0.5 × 0

= 0

$$P_u / P_y = \frac{0}{2400 \times 775}$$

= 0.5 × 0

= 0

$$M^*_{pr} = \frac{9}{8}\left(M_{pr}\right)\left[1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y}\right]$$

$$= \frac{9}{8}\left(211068\right)\left[1 - \frac{207198.13}{641760}\right]$$

= 161467.02 kgm

$$M_{pb} = \frac{M_{pr}}{1.1 R_y} + V_{ush}$$

$$= \frac{211068}{1.1 \times 1.5} + 82533.50 \times \left[\frac{80}{2} + \frac{80}{2} \right]$$

= 6730600 kgcm

= 67306 kgm

$$M_{VBE\,(HBE)} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$

= 0.5 × (193946.8 + 67306)

= 130626.40 kgm

$$M_u = M_{VBE\,(web)} + M_{VBE\,(HBE)}$$
$$= 94499.15 + 130626.40$$
$$= 225125.55 \text{ kgm}$$

- Nilai $B_1 = 1.02$, faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$
$$= 1.02 \times 225125.55$$
$$= 229628.06 \text{ kgm}$$

c. Gaya geser pada kolom *(VBE)* akibat *SPSW*

$$V_{VBE\,(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$
$$= 1.5 \times 2400 \times \sin^2(38.58°) \times 0.4 \times 450$$
$$= 251997.73 \text{ kg}$$
$$V_{VBE\,(HBE)} = \sum \frac{1}{2}\left(\frac{M_{pc}}{h_c}\right)$$
$$= \frac{\frac{1}{2}(13062640 + 22512555)}{450}$$
$$= 39527.99 \text{ kg}$$

Gaya geser total adalah :

$$V_u = V_{VBE\,(HBE)} + V_{VBE\,(web)}$$
$$= 39527.99 + 251997.73$$
$$= 291525.72 \text{ kg}$$

d. Kontrol kekuatan tekan kolom komposit *(VBE)*

Pada struktur dinding geser *(SPSW)* inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan $f'_c = 30$ MPa

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 2.26\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 65.24$$

$\lambda \le \lambda_p \rightarrow 16 \le 65.24$ ➔ penampang kompak

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

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

$$P_p = 2400\times775 + 0.85\times300(5625+0)$$

$$P_p = P_{no} = 3294375\,\text{kg}$$

e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{25} = 27.68\ ;\ 1.10\sqrt{k_v\frac{E}{f_y}} = 1.10\sqrt{5\times\frac{2\times10^6}{2400}} = 71.01$$

karena $\frac{h_w}{t_w} \le 1.10\sqrt{k_v\frac{E}{f_y}} \rightarrow 27.68 \le 71.01$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6\times2400\times(2\times80\times2.50)\times1.00$$

Vn = 576000 kg

Ø Vn ≥ Vu

Ø Vn = 0.9 × 576000

= 518400 kg > 291525.72 kg ... **OK !**

f. Interaksi aksial dan lentur kolom *(VBE)*

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1087565.83}{0.9 \times 3294375}$$

$$= 0.37 > 0.2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{229628.06}{0.9 \times 2400 \times 22531}$$

$$= 0.0047$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_r}{M_c}\right) = 0.4 \le 1.0 \text{ ...}\mathbf{OK!}$$

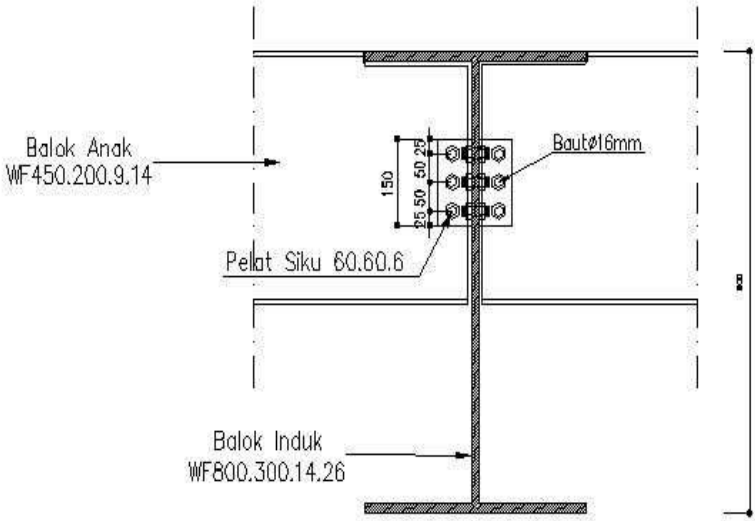
BAB VII
PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1. Perencanaan Sambungan

7.1.1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar Vu = 5956.80 kg dan gaya geser yang bekerja pada balok induk sebesar Vu = 7368.21 kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $60 \times 60 \times 6$.



Gambar 7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

1) Sambungan siku dengan balok anak
Direncanakan :
Øbaut = 12 mm (A_b = 1.131 cm^2)
Mutu baut A325 (f_u = 8250 kg/cm^2)
Ulir tidak pada bidang geser (r_1 = 0.5)

a) Kuat geser baut
Ø.Vn = Ø × r_1 × fu × m × Ab
= 0.75 × 0.5 × 8250 × 2 × 1.131
= 6998.06 kg

b) Kuat tumpu baut
Ø.Rn = Ø × 2,4 × db × tp × fu
= 0.75 × 2.4 × 1.2 × 0.6 × 3700
= 4795.20 kg (**menentukan**)
n = $\frac{5956.80}{4795.20} = 1.24$, dipasang 3 buah

Kontrol kuat baut,
n. Ø.Rn ≥ Vu
4×4795.20 ≥ 5956.80 kg
19180.80 kg ≥ 5956.80 kg …..**OK!**

c) Kontrol jarak baut :
Jarak tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
= 18 mm s/d 124 mm atau 200 mm
Pakai S1 = 25 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
= 15 mm s/d 72 mm atau 150 mm
Pakai S2 = 25 mm

Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
= 36 mm s/d 90 mm atau 200 mm
Pakai S = 50 mm

2) Sambungan balok induk dengan siku
Direncanakan :
Øbaut = 12 mm (A_b = 1.131 cm^2)
Mutu baut A325 (f_u = 8250 kg/cm^2)
Ulir tidak pada bidang geser (r_1 = 0.5)

a) Kuat geser baut
Ø.Vn = Ø × r_1 × fu × m × Ab
= 0.75 × 0.5 × 8250 × 2 × 1.131
= 6998.06 kg

b) Kuat tumpu baut
Ø.Rn = Ø × 2.4 × db × tp × fu
= 0.75 × 2.4 × 1.2 × 0.6 × 3700
= 4795.20 kg (**menentukan**)

n = $\frac{7368.21}{4795.20} = 1.54$, dipasang 3 buah

Kontrol kuat baut,
n. Ø.Rn ≥ Vu
3×4795.20 ≥ 7368.21 kg
14385.60 kg ≥ 7368.21 kg …..**OK!**

c) Kontrol jarak baut :
Jarak tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
= 18 mm s/d 124 mm atau 200 mm
Pakai S1 = 25 mm
(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
= 15 mm s/d 72 mm atau 150 mm
Pakai S2 = 25 mm
Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
= 36 mm s/d 90 mm atau 200 mm
Pakai S = 50 mm

3) Kontrol siku penyambung

a) Kontrol leleh

Ag = $10 \times 1.2 = 12\ cm^2$

Ø.fy.Ag = $0.9 \times 2400 \times 12$

= 25920 kg > 4795.20 kg …**OK!**

b) Kontrol patah

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1.5 mm

$Ø_{lubang}$ = 12 mm + 1.5 mm

= 13.5 mm

= 1.35 cm

L = $2 \times S1 + 2 \times S = 2 \times 25 + 2 \times 50 = 150$ mm

= 15 cm

- Luas bidang geser

$A_{nv} = L_{nv} . t_1$

$= (L - n Ø_{lubang}) . t_1$

$= (15 - 3 \times 1.35) \times 0.6$

$= 6.57\ cm^2$

- Kuat rencana (karena ada 2 siku)

2 Ø.Vn = $2 \times Ø \times (0.6 \times f_u \times A_{nv})$

2 Ø.Vn = $2 \times 0.75 \times (0.6 \times 3700 \times 6.57)$

= 21878.10 kg > 4795.20 kg …**OK!**

7.1.2. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar Vu = 1796.41 kg dan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga Vu = 2488.25 kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $40 \times 40 \times 4$.

1) Sambungan siku dengan balok utama tangga
Direncanakan :
Øbaut = 12 mm (A_b = 1.131 cm^2)
Mutu baut A825 (f_u = 8250 kg/cm^2)
Ulir tidak pada bidang geser (r_1 = 0.5)

a) Kuat geser baut
Ø.Vn = Ø × r_1 × fu × m × Ab
= 0.75 × 0.5 × 8250 × 2 × 1.131
= 6998.06 kg

b) Kuat tumpu baut
Ø.Rn = Ø × 2.4 × db × tp × fu
= 0.75 × 2.4 × 1.2 × 0.40 × 3700
= 3196.80 kg (**menentukan**)

n = $\frac{1796.41}{3196.80} = 0.56$, dipasang 3 buah

Kontrol kuat baut,
n. Ø.Rn ≥ Vu
3×3196.80 ≥ 1796.41 kg
9590.40 kg ≥ 1796.41 kg …..**OK!**

c) Kontrol jarak baut :
Jarak tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
= 12 mm s/d 116 mm atau 200 mm
Pakai S1 = 20 mm
(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
= 10 mm s/d 48 mm atau 150 mm
Pakai S2 = 20 mm
Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
= 24 mm s/d 60 mm atau 200 mm
Pakai S = 40 mm

2) Sambungan balok penumpu tangga dengan siku
Direncanakan :
Øbaut = 12 mm (A_b = 1.131 cm^2)

Mutu baut A8250 (f_u = 82500 kg/cm^2)
Ulir tidak pada bidang geser (r_1 = 0.5)

a) Kuat geser baut
Ø.Vn = Ø × r_1 × fu × m × Ab
= 0.75 × 0.5 × 8250 × 1 × 1.131
= 3499.03 kg

b) Kuat tumpu baut
Ø.Rn = Ø × 2.4 × db × tp × fu
= 0.75 × 2.4 × 1.2 × 0.40 × 3700
= 3196.80 kg (**menentukan**)

n = $\frac{2488.25}{3196.80} = 0.78$, dipasang 3 buah

Kontrol kuat baut,
n. Ø.Rn ≥ Vu
3×3196.80 ≥ 2488.25 kg
9590.40kg ≥ 2488.25 kg …..**OK!**

c) Kontrol jarak baut :
Jarak tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
= 12 mm s/d 116 mm atau 200 mm
Pakai S1 = 20 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
= 10 mm s/d 48 mm atau 150 mm
Pakai S2 = 20 mm

Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
= 24 mm s/d 60 mm atau 200 mm
Pakai S = 40 mm

3) Kontrol siku penyambung

a) Kontrol leleh

$Ag = 10 \times 1.2 = 12\ cm^2$

$Ø.fy.Ag = 0.9 \times 2400 \times 12$

$= 25920\ kg > 1796.41\ kg$ …**OK!**

b) Kontrol patah

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1.5 mm

$Ø_{lubang} = 12\ mm + 1.5\ mm$

$= 13.5\ mm$

$= 1.35\ cm$

$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 20 + 40 = 80\ mm = 8\ cm$

- Luas bidang geser

$A_{nv} = L_{nv} . t_1$

$= (L - n\ Ø_{lubang}) . t_1$

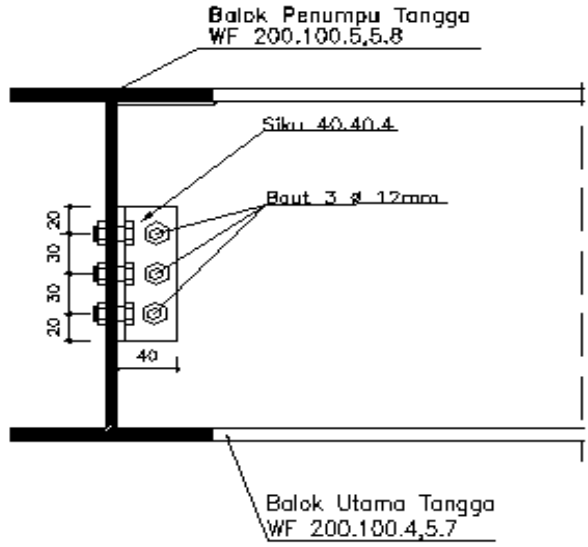
$= (8 - 2 \times 1.35) \times 0.4 = 2.12\ cm^2$

- Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$2\ Ø.Vn = 2 \times Ø \times (0.6 \times f_u \times A_{nv})$

$2\ Ø.Vn = 2 \times 0.75 \times (0.6 \times 3700 \times 2.12)$

$= 7059.60\ kg > 1796.41\ kg$ …**OK!**



Gambar 7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

7.1.3. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar Vu = 2488.25 kg. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

1) Kontrol plat sambung yang digunakan

$$t_p \qquad \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \qquad \text{(t = tebal profil HSS)}$$

$$= \frac{3700}{2400} \times 2.5$$

$= 3.85$ cm

Dipakai $t_p = 0.5$ cm

2) Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

Øbaut = 10 mm (Ab = 0.785 cm^2)

Mutu baut A325 (f_u = 8250 kg/cm^2)

Ulir tidak pada bidang geser (r_1 = 0.5)

a) Kuat geser baut

Ø.Vn = Ø × r_1 × fu × m × Ab

= 0.75 × 0.5 × 8250 × 1 × 0.785

= 2428.59 kg (**menentukan**)

b) Kuat tumpu baut

Ø.Rn = Ø × 2.4 × db × tp × fu

= 0.75 × 2.4 × 1 × 0.5 × 3700

= 3330.00 kg

$$n = \frac{2488.25}{2428.59} = 1.02$$, dipasang 3 buah

c) Kontrol jarak baut :

Jarak tepi (S1)	= 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
	= 15 mm s/d 200 mm
Pakai S1	= 20 mm
(S2)	= 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
	= 12.5 mm s/d 60 mm
Pakai S2	= 20 mm
Jarak baut (S)	= 3db s/d 15tp atau 200 mm
	= 30 mm s/d 75 mm
Pakai S	= 40 mm

3) Sambungan kolom dengan plat sambung
Direncanakan menggunakan las F_{e100xx}:
Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm sehingga
Digunakan ketebalan las w = 4 mm

A_{we} = (0.707 × w) × l_{we}
= 2 × (0.707 × 0.4) × 10
= 5.66 cm^2

$F_{nw} = 0.6F_{EXX}\left(1.0+0.5\sin^{1.5}\theta\right)$
$= 0.6\times(100\times70.33)\times\left(1.0+0.5\times\sin^{1.5}0°\right)$
= 4219.80 kg/cm^2

$\phi R_n = 0.75F_{nw}A_{we}$
= 0.75 × 4219.80 × 5.66
= 17913.05 kg > 2488.25 kg …**OK!**

4) Kontrol plat penyambung

a) Kontrol leleh
Ag = 10 × 0.5 = 5 cm^2
Ø.fy.Ag = 0.9 × 2400 × 5
= 10800 kg > 2488.25 kg …**OK!**

b) Kontrol patah
Diameter perlemahan (dengan bor) = 1.5 mm
$Ø_{lubang}$ = 10 mm + 1.5 mm
= 11.5 mm
= 1.15 cm

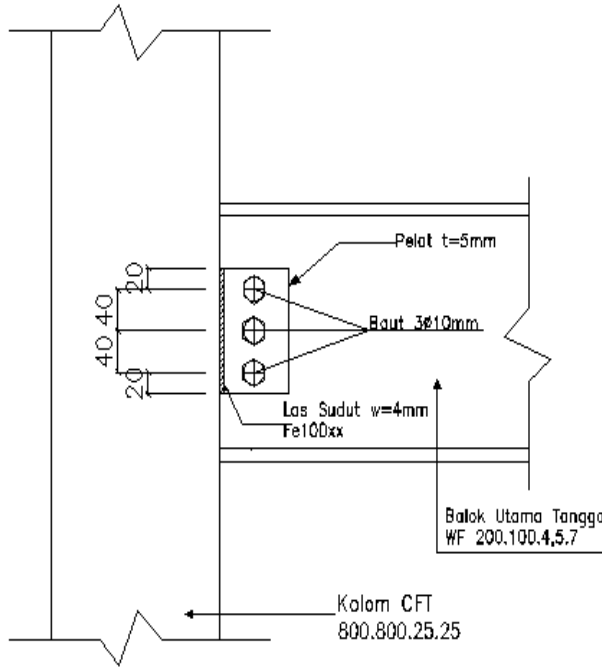
- Luas bidang geser
A_{nv} = L_{nv} . t_1
= (L – n $Ø_{lubang}$) . t_1
= (10 – 3 × 1.15) × 0.5
= 3.28 cm^2

- Kuat rencana

  Vn $= Ø \times (0.6 \times f_u \times A_{nv})$

  $= 0.75 \times (0.6 \times 3700 \times 3.28)$

  $= 5461.20$ kg > 2488.25 kg …**OK!**



Gambar 7.3 Sambungan Balok Induk Tangga dengan Kolom

7.1.4. Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 4 ke lantai 5, pada posisi dinding geser *(SPSW)* menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX}. Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

1) Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h_c + \sum \left[\frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right]$$

Nilai E_m diperhitungkan berdasarkan perhitungan sebelumnya $E_m = P_u$ = 796863.40 kg

2) Momen pada sambungan

$$M_u = M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)}$$

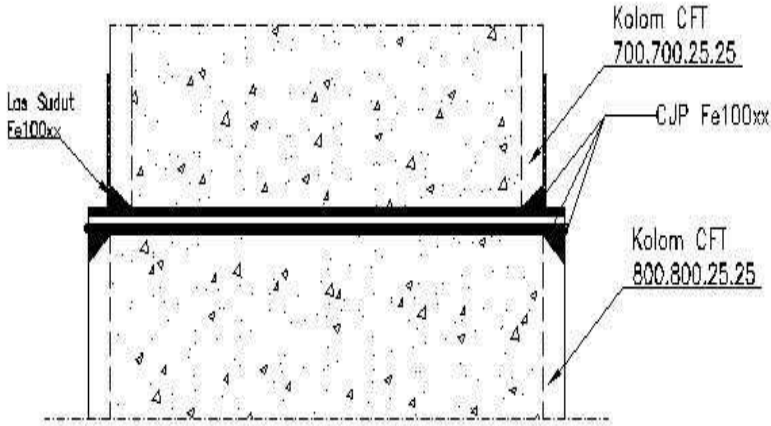
$$= 94499.15 + 130626.40 = 225125.55 \text{ kgm}$$

3) Gaya geser pada sambungan

$$V_{VBE(HBE)} = \sum \frac{1}{2} \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right)$$

$$= \frac{\frac{1}{2}(13062640 + 22512555)}{450}$$

$$= 39527.99 \text{ kg}$$



Gambar 7.4 Sambungan Kolom dengan Kolom

- Sambungan las pada kolom
  Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS 800 × 800 × 25 × 25.

  Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$= \frac{225125.55}{80} \pm 796863.40$$

= 799677.47 kg (tekan) **menentukan !**
= -794049.33 kg (tarik)

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$F_{nw} = f_u$ = 3700 kg/cm^2

$\phi R_{nh} = 0.75 F_{nw} A_{we}$
= 0.75 × 3700 × (2.5 × 320)
= 2220000 kg

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 \le 1.0$$

$$\left(\frac{39527.99}{2220000}\right)^2 + \left(\frac{799677.47}{2220000}\right)^2 = 0.13 \le 1.0 \ldots \textbf{OK}$$

7.1.5. Sambungan Dinding Geser (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 dan las tumpul penetrasi penuh.

- Sambungan las sudut pada balok *(HBE)*
  Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

$$w_{(HBE)} = \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} \left[1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)\right]}$$

$$= \frac{1.5 \times 2400 \times \cos(38.58) \times 0.4 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times \left[1 + 0.5 \cos^{1.5}(38.58)\right]}$$

= 0.37 cm

= 3.7 mm

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis t = 4 mm. Jadi digunakan las dengan tebal minimum w = 4 mm.

- Sambungan las sudut pada kolom *(VBE)*
  Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

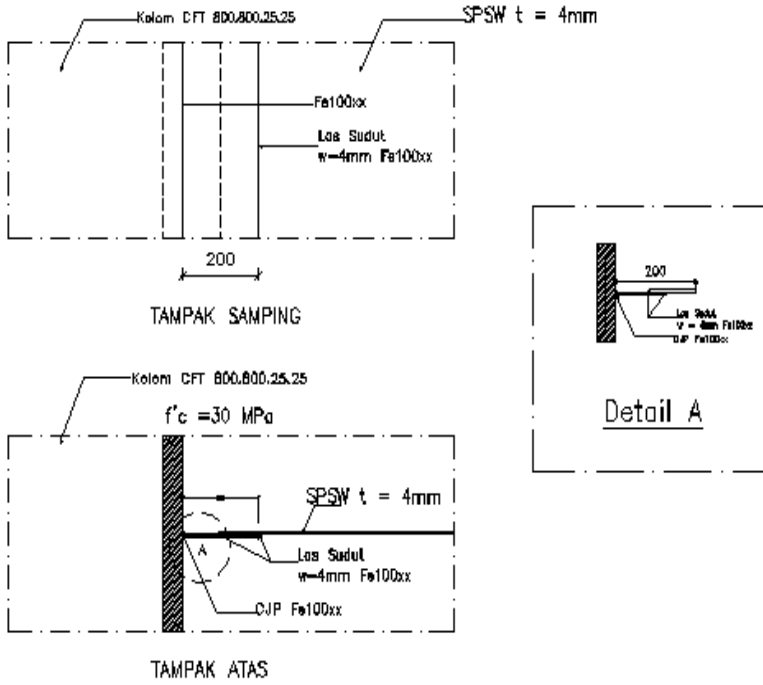
$$w_{(VBE)} = \frac{R_y f_y \sin(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} \left[1 + 0.5 \sin^{1.5}(\alpha)\right]}$$

$$= \frac{1.5 \times 2400 \times \sin(38.58) \times 0.4 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times \left[1 + 0.5 \sin^{1.5}(38.58)\right]}$$

= 0.32 cm

= 3.2 mm

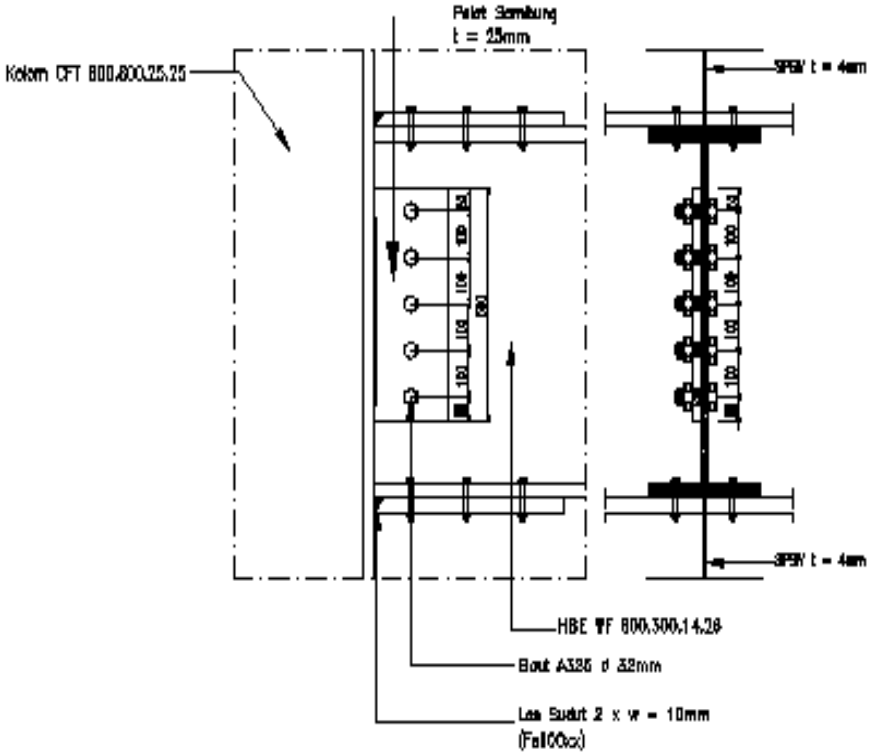
Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis t = 4 mm. Jadi digunakan las dengan tebal minimum w = 4 mm.



Gambar 7.5 Sambungan *SPSW* dengan Kolom

7.1.6. Sambungan Balok *(HBE)* dengan Kolom *(VBE)* pada Dinding Geser Plat Baja *(Steel Plate Shear Wall/* SPSW)

Sambungan menghubungkan balok *(HBE)* profil WF 800 × 300 × 14 × 26 dengan kolom *(VBE)* komposit CFT dengan profil HSS 800 × 800 × 25 × 25 dengan mutu inti beton = 30 MPa pada dinding geser plat baja *(Steel Plate Shear Wall /* SPSW*)*.



Gambar 7.6 Sambungan *HBE* dengan *VBE* pada Dinding Geser

1) Gaya geser yang bekerja pada sambungan
Gaya geser dari SAP 2000
V_u = 39527.99 kg **(menentukan)**

Gaya geser dari ketentuan AISC 341-05 pasal 11.2

$$V_u = \frac{2\left[1.1R_y\left(f_y Z_x\right)\right]}{L}$$

$$= \frac{2\left[1.1\times 1.5\times\left(2400\times 7995\right)\right]}{400}$$

= 158301 kg

2) Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$P_{HBE(VBE)}$ = 207198.13 kg

N_{coll} = 19125.01 kg (gaya geser *SPSW*)

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$N_u = P_{HBE(VBE)} + N_{coll}$

= 207198.13 + 19125.01

= 226323.14 kg **(menentukan)**

$N_u = N_{coll} - P_{HBE(VBE)}$

= 19125.01 - 207198.13

= -188073.12 kg

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih menentukan.

3) Kontrol leleh pada plat sambung
Mutu baja plat sambung = BJ37
Diameter baut = 32 mm ➔ A = 8.04 cm^2
Ketebalan plat sambung = 25 mm
Panjang plat sambung = 500 mm
Kontrol panjang tekuk $Kl/r \le 25$, $f_{cr} = f_y$

$\phi_y V_n = 1.00(0.6) f_y t L$

= 1.00 × (0.6) × 2400 × 2.5 × 50.00

= 180000 kg

$\phi_c N_n = 0.90 f_y t L$

= 0.90 × 2400 × 2.5 × 50.00

= 270000 kg

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n}\right)^2 \le 1.0$$

$$\left(\frac{39527.99}{180000}\right)^2 + \left(\frac{226323.14}{270000}\right)^2 = 0.75 \le 1.0 \ldots \textbf{OK!}$$

4) Kontrol patah pada plat sambung

$A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5\,\text{mm})t$

= (2.5 × 50.00) – 5.00 × (3.2 + 0.15) × 2.5

= 83.13 cm^2

$\phi_y V_n = 0.75(0.6) f_u A_{nv}$

= 0.75 × (0.6) × 3700 × 83.13

= 138411.45 kg

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n}\right)^2 \le 1.0$$

$$\left(\frac{39527.99}{138411.45}\right)^2 + \left(\frac{226323.14}{270000}\right)^2 = 0.79 \le 1.0 \ldots \textbf{OK!}$$

5) Kontrol geser baut

$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{39527.99^2 + 226323.14^2}$

= 229749.05 kg

ϕR_n = $\phi n f_u^u A_b$

= 0.75 × 5 × 8250 × 8.04

= 248737.50 kg > 229749.05 kg …**OK!**

6) Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$1.2l_c$ = $1.2\times(5.00-3.2/2)$

= 4.08 cm

$2.4d_b$ = 2.4×3.2

= 7.68 cm > 4.08 cm

Kontrol kuat tumpu pelat :

ϕR_n = $\phi 1.2 L_c t f_u$

= 0.75 × 1.2 × 4.08 × 2.5 × 3700

= 33966 kg

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$1.2l_c$ = $1.2\times(7.68-3.2)$

= 5.38 cm

$2.4d_b$ = 2.4×3.2

= 7.68 cm > 6.25 cm

Kontrol kuat tumpu pelat :

ϕR_n = $\phi 1.2 L_c t f_u$

= 0.75 × 1.2 × 5.00 × 2.5 × 3700

= 41625 kg

Untuk kelompok baut vertikal,

ϕR_{nv} = 33966 + (5 × 41625)

= 242091 kg

Untuk komponen horizontal semua baut $2.4d_b > 1.2L_c$

ϕR_{nh} = 7 × 33966

= 237762 kg

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi R_{nh}}\right)^2 \le 1.0$$

$$\left(\frac{39527.99}{242091}\right)^2 + \left(\frac{226323.14}{237762}\right)^2 = 0.93 \le 1.0 \ldots \textbf{OK!}$$

7) Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las w = 10 mm (bagian paling tipis yaitu 30 mm) dan mutu las F_{e100XX}

A_{we} = (0.804 × w) × l_{we}

= 2 × (0.804 × 1.0) × 50.00

= 80.40 cm^2

Untuk komponen vertikal :

$F_{nw} = 0.6F_{EXX}\left(1.0 + 0.5\sin^{1.5}\theta\right)$

$= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times \left(1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0°\right)$

= 4219.80 kg/cm^2

$\phi R_{nv} = 0.75F_{nw}A_{we}$

= 0.75 × 4219.80 × 80.40

= 254453.94 kg

Untuk komponen horisontal :

$F_{nw} = 0.6F_{EXX}\left(1.0+0.5\sin^{1.5}\theta\right)$

$= 0.6\times(100\times 70.33)\times\left(1.0+0.5\times\sin^{1.5}90°\right)$

$= 6329.70$ kg/cm^2

$\phi R_{nh} = 0.75F_{nw}A_{we}$

$= 0.75 \times 6329.70 \times 80.40$

$= 381680.91$ kg

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right)^2+\left(\frac{N_u}{\phi R_{nh}}\right)^2 \le 1.0$$

$$\left(\frac{39527.99}{254453.94}\right)^2+\left(\frac{226323.14}{381680.91}\right)^2 = 0.38 \le 1.0$$

…**OK!**

8) Kontrol sambungan *HBE* dengan *VBE* terhadap momen.

- Momen yang bekerja pada sambungan

$M_u = 1.1R_yZ_b\left(f_{yb}-\frac{P_{HBE}}{A_g}\right)$

$= 1.1x1.5x7995\left(2400-\frac{207198.13}{267.4}\right)$

$= 21438412.67$ kgcm

$= 214384.13$ kgm

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$T_u = \frac{M_u d_{max}}{\sum d^2}$

$=\left(\frac{21438412.67\times 80}{80^2}\right)$

$= 267980.16$ kg

- Kontrol ukuran las
  Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX}.

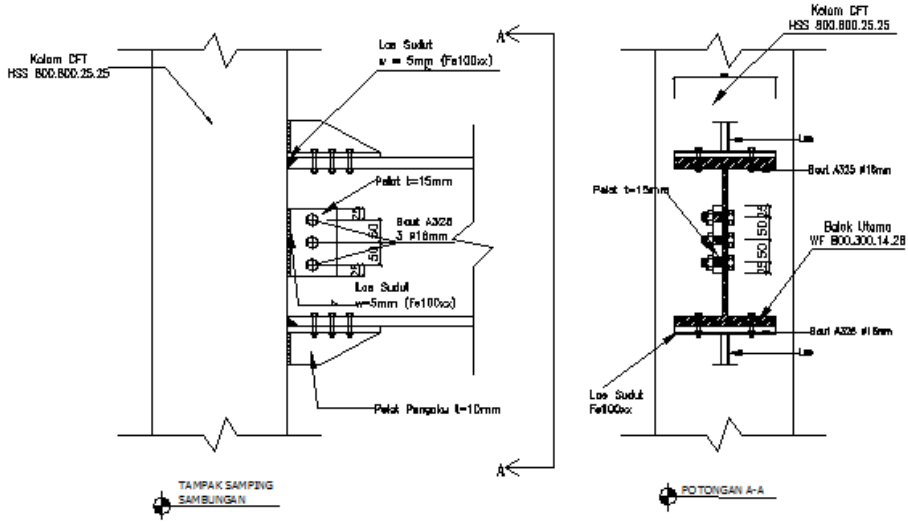
  A_{we} $= (0.804 \times w) \times l_{we}$
  $= (0.804 \times 3) \times 30$
  $= 72.36\ cm^2$

  Kekuatan las tumpul :

  φR_{nh} $= 0.75 F_{nw} A_{we}$
  $= 0.75 \times (100 \times 70.33) \times 72.36$
  $= 381680.91\ kg > 267980.16\ kg$ ... **OK!**

7.1.7. Sambungan Balok dengan Kolom

Sambungan menghubungkan balok profil WF 800 × 300 × 14 × 26 dengan kolom komposit CFT dengan profil HSS 800 × 800 × 25 × 25 dengan mutu inti beton = 30 MPa.



Gambar 7.7 Sambungan Balok dengan Kolom

a. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

  V_D = (137 × 4.00)/2 = 274.00 kg
  V_L = 100/2 = 50.00 kg
  V_u = 1.2D + 1.6L
  = (1.2 × 274.00) + (1.6 × 50.00)
  = 408.80 kg

- Kontrol leleh pada plat sambung

  Mutu baja plat sambung = BJ37
  Diameter baut = 16 mm ➔ A = 2.01 cm^2
  Ketebalan plat sambung = 10 mm
  Panjang plat sambung = 150 mm
  Kontrol panjang tekuk $Kl/r \le 25$, $f_{cr} = f_y$

  $\phi_y V_n = 1.00(0.6) f_y t L$
  = 1.00 × (0.6) × 2400 × 1.00 × 15.00
  = 21600 kg > 408.80 kg ...**OK!**

- Kontrol patah pada plat sambung

  $A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5\,\text{mm})t$
  = (1.00 × 12.50) – 3.00 × (1.60 + 0.15) × 1.00
  = 7.25 cm^2
  $\phi_y V_n = 0.75(0.6) f_u A_{nv}$
  = 0.75 × (0.6) × 3700 × 7.25
  = 12071.25 kg > 408.80 kg ...**OK!**

- Kontrol geser baut

  $\phi R_n = \phi n f_u^u A_b$
  = 0.75 × 3 × 8250 × 2.01
  = 37310.63 kg > 408.80 kg ...**OK!**

- Kontrol kuat tumpu baut
  Untuk komponen vertikal

  $1.2l_c$ $= 1.2\times(2.50-1.60/2)$
  $= 2.04$ cm

  $2.4d_b$ $= 2.4 \times 1.6$
  $= 3.84$ cm

  Kontrol kuat tumpu :

  ϕR_n $= \phi 1.2 L_c t f_u$
  $= 2 \times 0.75 \times 1.2 \times 2.04 \times 1.00 \times 3700$
  $= 13586.40$ kg > 408.80 kg ...**OK!**

- Kontrol ukuran las
  Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las w = 5 mm (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

  A_{we} $= (0.707 \times w) \times l_{we}$
  $= 2 \times (0.707 \times 0.50) \times 12.50$
  $= 8.84$ cm^2

  Untuk komponen vertikal :

  F_{nw} $= 0.6F_{EXX}\left(1.0+0.5\sin^{1.5}\theta\right)$
  $=$
  $0.6\times(100\times70.33)\times\left(1.0+0.5\times\sin^{1.5}0°\right)$
  $= 4219.80$ kg/cm^2

  ϕR_{nv} $= 0.75F_{nw}A_{we}$
  $= 0.75 \times 4219.80 \times 8.84$
  $= 27977.27$ kg > 440.80 kg ...**OK!**

b. Sambungan rigid dengan alat sambung las dipasang sebagai penumpu beban aktual.

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan
  Gaya geser dari SAP 2000
  V_u = 1256.16 kg

- Momen yang bekerja pada sambungan
  Momen dari SAP 2000
  M_u = 2228.15 kgm
  Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u d_{max}}{\sum d^2}$$
$$= \frac{2228150 \times 70}{12.5^2 + 49.20^2 + 60^2}$$
$$= 25250.65 \text{ kg}$$

- Kontrol ukuran las
  Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX}. (kekuatan ditentukan oleh logam dasar)

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we}$$
$$= (0.707 \times 1.2) \times 15$$
$$= 12.73 \text{ cm}^2$$

Kekuatan las tumpul :

$$F_{nw} = f_u$$
$$= 3700 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari bahan logam profil)}$$
$$\phi R_{nh} = 0.75 F_{nw} A_{we}$$
$$= 0.75 \times (100 \times 70.33) \times 12.73$$
$$= 67147.57 \text{ kg} > 25250.65 \text{ kg} \quad \textbf{...OK!}$$

$$\phi R_{nv} = 8R_{nh}$$
$$= 4 \times 67147.57 \text{ kg}$$
$$= 268590.28 \text{ kg} > 25250.65 \text{ kg} \quad \textbf{...OK!}$$

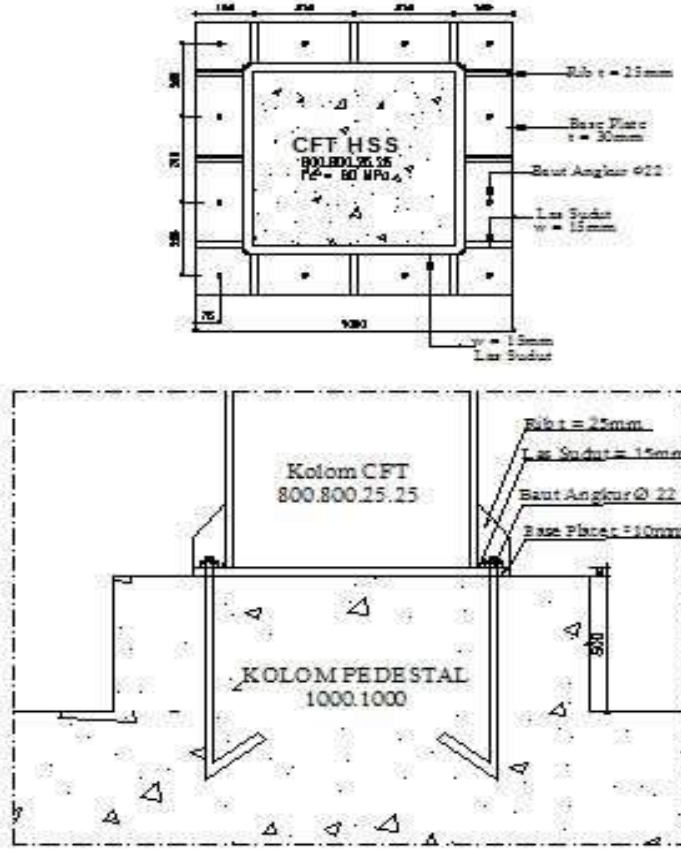
$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_{nh}}\right)^2 \le 1.0$$

$$\left(\frac{1256.16}{268590.28}\right)^2 + \left(\frac{25250.65}{67147.57}\right)^2 = 0.14 \le 1.0 \quad \textbf{...OK!}$$

7.1.8. Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan t_p = 30 mm. Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

P_u = 271805.00 kg (dari gaya aksial kolom)
V_u = 1654.81 kg (dari gaya geser kolom)
M_u = 3070.70 kgm (dari momen kolom)



Gambar 7.8 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

a) Sambungan Las pada End Plate
Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil HSS 800 x 800 x 25 x 25 dengan asumsi t_e = 1.00 cm sehingga didapat :

A_w = 4 x (1 x 80) = 320 cm²

$$I_x = I_y = \left(\frac{b+d}{6}\right)^3 = \left(\frac{80+80}{6}\right)^3 = 18962.96 cm^4$$

$$S = (b \times d) + \left(\frac{d^2}{3}\right) = (80 \times 80) + \left(\frac{80^2}{3}\right)$$

$$= 8533.33 \text{ cm}^3$$

$$f_{uw} = \phi 0.6 F_{e100XX}$$

$$= 0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33)$$

$$= 3164.85 \text{ kg/cm}^2$$

- Kontrol tegangan las akibat P_u :

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S}$$

$$= \frac{271805}{320} + \frac{3070.70}{8533.33}$$

$$= 849.75 \text{ kg/cm}^2$$

- Kontrol tegangan las akibat V_u :

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S}$$

$$= \frac{1654.81}{320} + \frac{3070.70}{8533.33}$$

$$= 5.53 \text{ kg/cm}^2$$

- Kontrol tegangan las total :

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2}$$

$$= \sqrt{849.75^2 + 5.53^2}$$

$$= 849.77 \text{ kg/cm}^2$$

- Kontrol tebal kaki las :

t_e = f_{total} / f_{uw}

= 849.77 / 3164.85

= 0.27 cm

w = $t_e / 0.707$

= 0.27 / 0.707

= 0.38 cm

- Kontrol syarat tebal kaki las:

Tebal minimum = t_{sirip} = t_p = 30 mm

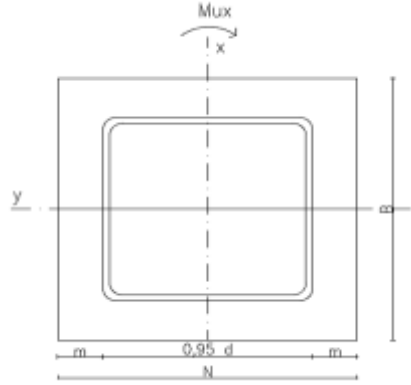
$$w_{eff\,(\max)} = 1.41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p$$

$$= 1.41 \times \frac{3700}{(100 \times 70.33)} \times 3.00$$

= 2.23 cm

Sehingga dipakai las dengan w = 15 mm

b) Perhitungan *base plate*



Gambar 7.9 Arah Beban Sumbu X pada *Base Plate*

Direncanakan diameter baut d_b = 22 mm
Direncanakan dimensi *base plate* 120x120 cm (A = 14400 cm²)

$f_{p\,max} = \emptyset \times 0.85 \times f'_c$
$= 0.65 \times 0.85 \times 30 = 16.58$ Mpa

$q_{max} = 16.58 \times 1200 = 19896$ N/mm

- Cek eksentrisitas gaya

$$ekritis = \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2q\max} = \frac{1200}{2} - \frac{271805}{2 \times 16580}$$
$$= 591.80 \text{ mm}$$
$$e = \frac{Mu}{Pu} - \frac{3070700}{271805} = 11.30mm < ekritis = 491.80mm$$

Termasuk dalam kategori *base plate* yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang *baseplate*, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan *baseplate* terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

jika f = 540 mm adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari Y adalah :

$$Y = \frac{Pu}{q\max} = \frac{271805}{16580} = 16.39mm$$

Sisi desak : pelat kantilever *m = 75* mm, maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah :

$$f_p = \frac{P_u}{BY} = \frac{271805}{1000 \times 16.39} = 16.58 Mpa$$

$$tp \geq 1.5m\sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$tp \geq 1.5 \times 75\sqrt{\frac{16.58}{240}} = 29.57mm$$

Maka tebal pelat landasan yang dipakai 30 mm

- Gaya pada angkur adalah

Dipakai baut angkur A325 Ø22 mm (f_u = 8250 kg/cm^2)

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$\phi_f \, . \, V_n$ = $V_d = \phi_f . r_1 . f_u^b . A_b . m$

= 0,75 . 0,5 . 8250 . (¼. π. 2.2 ^{2}). 1

= 11760.36 kg **(menentukan)**

$\phi_f \, . \, R_n$ = $R_d = 2,4 . \phi_f . d_b . t_p . f_u$

= 2,4 . 0,75 . 2.2 . 3 . 3700

= 43956 kg

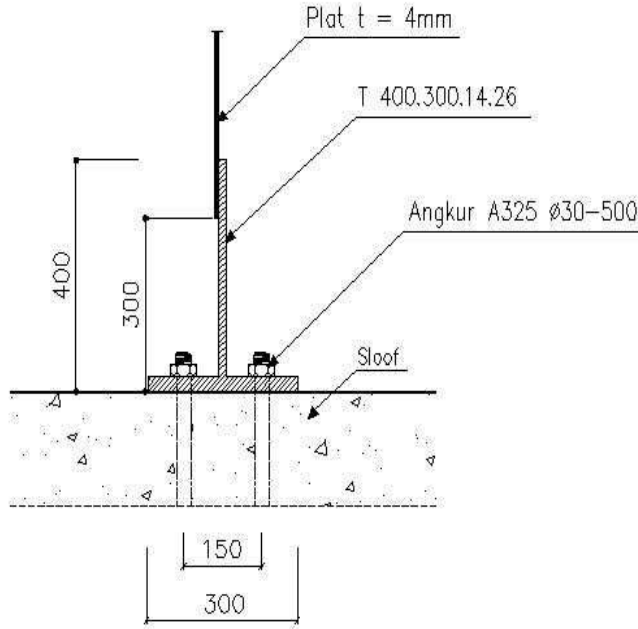
- Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser V_{ux} dan V_{uy}

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f . V_n} = \frac{1654.81}{11760.36} = 0.14$$

dipakai 12 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

7.1.9. Sambungan dinding geser *(SPSW)* dengan sloof

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan dinding geser lantai dasar dengan sloof. Profil T 400 × 300 × 14 × 26 berhubungan langsung dengan sloof memanjang dengan penambahan angkur dan *grouing* agar tidak terjadi rembesan air yang menyebabkan korosi. Digunakan angkur dengan diameter d = 3.00 cm dan jarak s = 50.00 cm



Gambar 7.10 Sambungan Balok *(HBE)* dengan Sloof

a) Gaya geser yang bekerja pada angkur

$V_u = \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w s$

$= \frac{1}{2} \times 2400 \times \sin(2 \times 38.58) \times 0.30 \times 50$

= 17549.90 kg

b) Tarikan yang bekerja pada angkur

$T_u = f_y \cos^2(\alpha) t_w s$

$= 2400 \times \cos^2(38.58) \times 0.3 \times 50$

= 22000.13 kg

c) Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur d = 30 mm dengan f_u = 8250 kg/cm^2

$\phi R_n = 0.75 f_{ub}(0.5 A_b)$

= 0.75 × 8250 × (0.5 × (0.25 × π × 3.00^2))

= 21868.43 kg

$\frac{2T_u + C_v V_u}{n} = \frac{2 \times 22000.13 + 1.25 \times 17549.90}{9}$

= 7326.40 kg < 21868.43 kg …**OK!**

Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam pondasi diperhitungkan sebagai berikut:

$L \geq \left[\frac{2V_u + \left(4V_u^2 + 6df_c'(M_u + V_u \times (5\text{cm}))\right)^{1/2}}{df_c'} \right]$

$L \geq \left[\frac{2 \times 17549.90 + \left(4 \times 17549.90^2 + 6 \times 500 \times 400 \times (0 + 17549.90 \times (5\text{cm}))\right)^{1/2}}{500 \times 400} \right]$

L ≥ 1.81 cm ➔ diambil L = 30.00 cm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII
PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

8.1. Umum

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya differential settlement pada sistem strukturnya. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Wika Beton. Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan dan perencanaan poer (pile cap).

8.2. Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

8.3. Perencanaan Pondasi

Rencana pndasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada di bawah dan berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah.

Pondasi pada gedung perkantoran ini direncakana memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk PT. Wika Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1571 cm²
- Berat : 393 kg/m
- *Bending moment crack* : 17.00 tm
- *Bending momen ultimate* : 25.60 tm
- *Allowable axial load* : 252.70 tm

Sumber : PT. Wika Beton

8.4. Daya Dukung Tanah

8.4.1. Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Qu = Qp + Qs.$$

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

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 34.00 m.

- Qu = Qp + Qs
- Qp = qp × Ap
  = (Np × K) × Ap
  = (8.33 × 40) × 0.196
  = 65.31 ton

Dimana :

Np = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi

$$= \left(\frac{7+9+9}{3} \right)$$

= 8.33

K = Koefisien karakteristik tanah
= 12 t/m^2, untuk tanah lempung
= 20 t/m^2, untuk tanah lanau berlempung
= 25 t/m^2, untuk tanah lanau berpasir
= 40 t/m^2, untuk tanah pasir
= 40 t/m^2, untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

Ap = Luas penampang dasar tiang
= ¼ × 3.14 × 0.50² = 0.196 m^2

qp = tegangan di ujung tiang

- Qs = qs × As

$$= \left(\frac{N_s}{3}+1\right)A_s$$

$$= \left(\frac{5.29}{3}+1\right)\times 25.13$$

= 69.44 ton

Dimana :

qs = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

Ns = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

Ns = (2+4+4+6+5+7+9) / 7 = 5.29

As = keliling x panjang tiang yang terbenam

= $\pi \times 0.50 \times 16$ = 25.13 m^2

Daya dukung tanah total:

Qu = Qp + Qs = 65.31 + 69.44 = 134.75 ton

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin(1tiang)} = \frac{Qu}{SF} = \left(\frac{65.31+69.44}{3}\right) = 44.92 \text{ ton}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

N' = harga SPT di lapangan

N = harga SPT setelah dikoreksi = 15 + [(N' – 15) / 2]

8.4.2. Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya akan mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Modifikasi ini dibedakan menjadi 2 sebab yaitu :

1. Pengaruh grup pada saat pelaksanaan pemancangan tiang pondasi
2. Pengaruh grup akibat sebuah beban yang bekerja.

Untuk perhitungan daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi.

Qgrup = $Ql_{(1\ tiang)} \times n \times Ce$

Perhitungan Koefisien Ce

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

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

Dimana :

Qgrup = Daya dukung tiang pondasi grup
$Ql_{1\ tiang}$ = Daya dukung 1 tiang pondasi
n = Jumlah baris tiang pancang
θ = Arc tg D/s (dalam derajat)
S = Jarak as ke as antar tiang
m = Jumlah tiang pancang dalam 1 baris

8.4.3. Repartisi beban-beban di atas tiang kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\sum y^2}$$

Dimana :

P_v = Beban vertikal ekivalen
V = Beban vertikal dari kolom
n = banyaknya tiang dalam group
M_x = momen terhadap sumbu x
M_y = momen terhadap sumbu y
x_{max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
y_{max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

Nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.

8.5. Perhitungan Pondasi Bangunana

8.5.1. Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Untuk daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

  Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi Wika Beton), didapat : $\overline{P}_{1tiang}$ = 252.70 ton.

- Daya dukung tanah :

  $\overline{P}_{1iang}$ = 44.92 ton

  Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 44.92 ton.

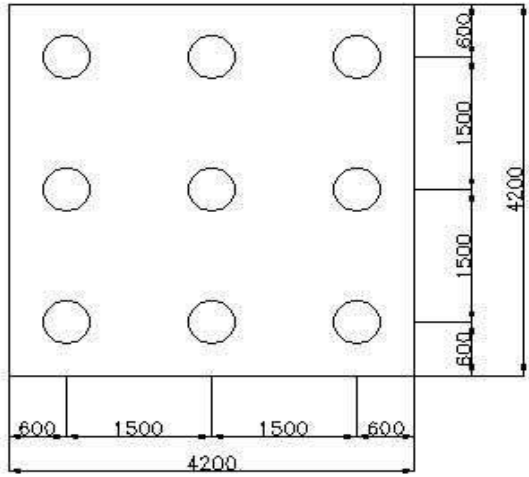
  $2D \leq S \leq 2.5D$ dengan S = jarak antar tiang

  $120 \leq S \leq 150$ dipakai S = 150 cm

  $1D \leq S \leq 1.5D$ dengan S = jarak tepi

  $60 \leq S \leq 90$ dipakai S = 60 cm

  Direncanakan pondasi tiang dengan 9 tiang pancang. Jarak dari as ke as tiang adalah 1.50 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 8.1 Pondasi Tiang Pancang Kolom

Direncanakan menggunakan tiang pancang ∅ 50 cm,

$$E_k = 1\text{-}\left(\arctan\frac{500}{1500}\right)\left[\frac{(3-1)3+(3-1)3}{90\times 3\times 3}\right]$$

= 0,727

Diambil tiang pancang dengan kedalaman (D) 16 m dari Perhitungan, didapat nilai daya dukung satu tiang pancang :

P beban tetap = 44.92 ton × 0.727 = 32.66 ton.

Jadi diambil $P_{\text{beban tetap}}$ = 32.66 ton (dari daya dukung tanah).

8.5.2. Perhitungan repartisi beban di atas tiang kelompok

Dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom interior, diperoleh :

Tabel 8.1 Hasil Analisis SAP 2000 untuk Kolom

	(D + L)	(D + L + Ex)	(D + L + Ey)
P	206952.64	226907.02	236042.85
Mx	2259.13	61889.76	32866.28
My	3205.51	63209.79	34186.31
Hx	1214.36	16694.03	8213.59
Hy	351.44	16530.92	7734.16

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x y_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i^2} \pm \frac{M_y x_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}$$

$\sum y_i^2 = 6 \times (1.50)^2 = 13.50 \text{ m}^2$

$\sum x_i^2 = 6 \times (1.50)^2 = 13.50 \text{ m}^2$

$$P_{D+L} = \frac{206952.64}{9} + \frac{2259.13 \times 1.5}{13.50} + \frac{3205.51 \times 1.5}{13.50}$$

$= 23601.92$ kg

$$P_{D+L+E_x} = \frac{226907.02}{9} + \frac{61889.76 \times 1.5}{13.50} + \frac{63209.79 \times 1.5}{13.50}$$

$= 39111.84$ kg (menentukan)

$$P_{D+L+E_y} = \frac{236042.85}{9} + \frac{32866.28 \times 1.5}{13.50} + \frac{34186.31 \times 1.5}{13.50}$$

$= 33677.27$ kg

Kontrol beban tetap

$P_{max} = 23601.92 \text{ kg} < Q_{ijin} = 32656.84 \text{ kg}$ …**OK!**

Kontrol beban sementara

$P_{max} = 39111.84 \text{ kg} < Q_{ijin} = 1.5 \times 32656.84 \text{ kg}$

$P_{max} = 39111.84 \text{ kg} < Q_{ijin} = 48985.26 \text{ kg}$ …**OK!**

8.5.3. Perencanaan poer pada kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- P_{max} (1 tiang) = 190.00 ton
- Jumlah tiang pancang = 9 buah
- Dimensi poer = 4.20 × 4.20 × 1.20 m
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 70 mm
- Tinggi efektif (d)

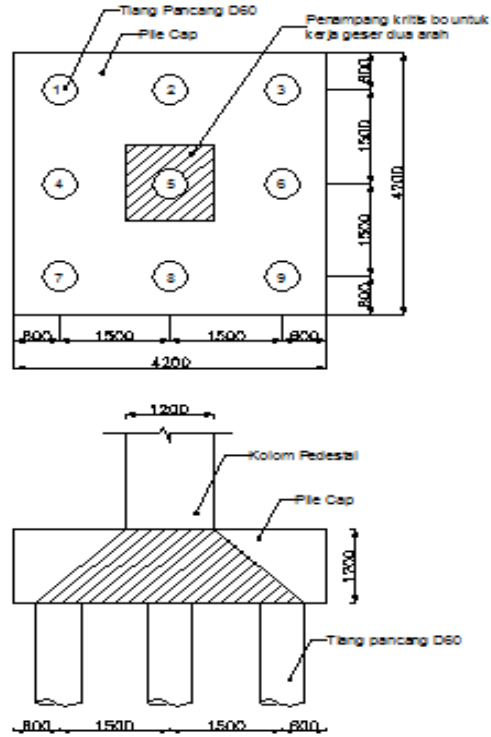
  d_x = 1200 – 70 – ½ 22 = 1119.00 mm

  d_y = 1200 – 70 – 22 – ½(22) = 1097.00 mm

8.5.4. Kontrol geser pons

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847:2012 Pasal 11.11.2.1.



Gambar 8.2 Geser Ponds Akibat Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (Vc) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$Vc_1 = \left(1+\frac{2}{\beta_c}\right)\frac{1}{6}\sqrt{f_c'}\,b_o d$$

$$Vc_2 = \frac{1}{3}\times\sqrt{fc}\times bo\times d$$

Dimana :

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

(daerah beban terpusat) $= \frac{1200}{1200} = 1$

Tinggi efektif balok poer :

d_x = 1200 – 70 – ½ 22 = 1119 mm

b_o = Keliling penampang kritis

= $2(b_k + d) + 2(b_k + d)$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

hk = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

b_o = 2 × (1200 + 1119.00) × 2 = 9276 mm

$Vc_1 = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_o d$

$= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 9276 \times 1119$

= 28426373.51 N

$Vc_2 = \frac{1}{3} \times \sqrt{fc} \times bo \times d$

$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 9276 \times 1119$

= 18950915.67 N

ϕ Vc = 0.6 × 18950915.67 = 11370549.40 N

= 1137054.94 kg

Gaya pada Pu kolom = 206952.64 kg

ϕ Vc = 1137054.94 kg>Pu = 206952.64–((190/9)x1000)

1137054.94 kg > 185841.53 kg ...**OK!**

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right)\frac{1}{6}\sqrt{f_c'}\, b_o d$$

atau,

$$V_c = \frac{1}{3}\sqrt{f_c'}\, b_o d$$

dimana :

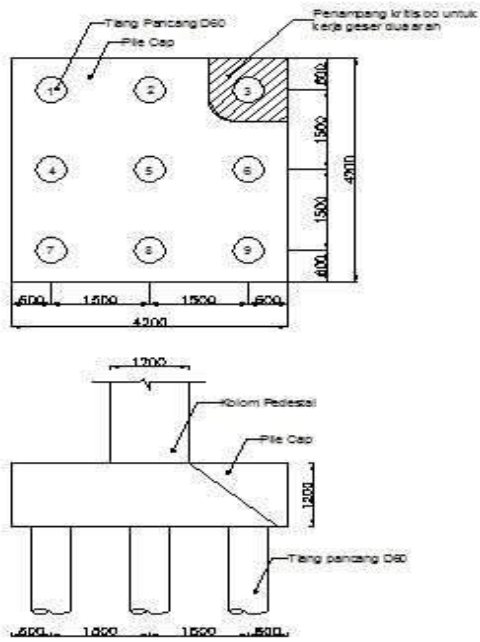
β_c = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

(daerah beban terpusat) $= \frac{600}{600} = 1$

b_o = keliling dari penampang kritis poer

= 2 (600 + 1119) + 2 (600 +1119)

= 6876 mm



Gambar 8.3 Geser Ponds Akibat Tiang Pancang

$$Vc_1 = \left(1+\frac{2}{\beta_c}\right)\frac{1}{6}\sqrt{f_c'}\,b_o d$$

$$= \left(1+\frac{2}{1}\right)\times\frac{1}{6}\times\sqrt{30}\times 6876\times 1119$$

$$= 21071555.01 \text{ N}$$

$$Vc_2 = \frac{1}{3}\times\sqrt{fc}\times bo\times d$$

$$= \frac{1}{3}\times\sqrt{30}\times 6876\times 1119$$

= 14047703.34 N

ϕ Vc = 0.6 × 14047703.34 = 8428622.00 N

= 859186.75 kg

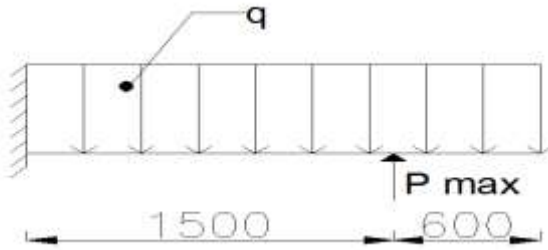
Gaya pada Pu kolom = (190x1000) = 190000 kg

ϕ Vc = 859186.75 kg > $P_{upile\ max}$ = 190000 kg ...**OK!**

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

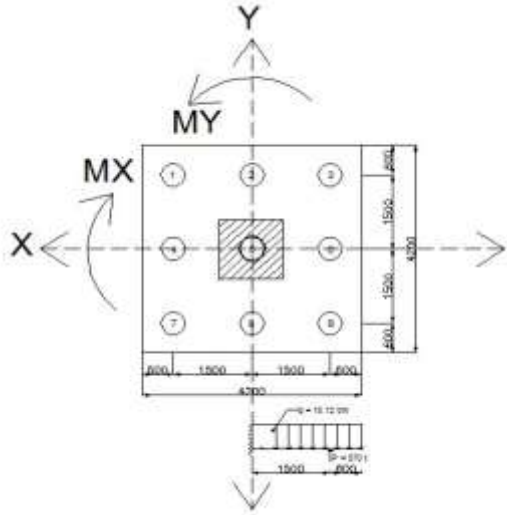
8.5.5. Penulangan Poer

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.



Gambar 8.4 Analisis Poer sebagai Balok Kantilever

Penulangan Arah x



Gambar 8.5 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X)

P_{max} = 190 ton
P = 3 × 190 = 570 ton
Q = 4.20 × 1.50 × 2.40 =15.12 ton/m
Mu = $3P_{max}$ a – ½ qux. L^2
= (570 x 1.50) – (½ x 11.52 x $(1.50+0.60)^2$)
= 829.60 tonm = 8138376000 Nmm
dx = 1200 – 70 – ½ . 22 = 1119 mm
dy = 1200 – 70 – 22 – ½ . 22 = 1097 mm

$$Mn = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8138376000}{0{,}8} = 10172970000 Nmm$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 f_c^{'}}$$

$$= \frac{400}{0.85 \times 30}$$

$$= 15.69$$

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

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

$$= 0.0035$$

$$\rho_{balance} = \frac{0.85 f_c^{'} \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$$

$$= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400}\right)$$

$$= 0.0325$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_{balance}$$

$$= 0.75 \times 0.0325$$

$$= 0.0244$$

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

$$= \frac{1.0173 \times 10^{10}}{0.8 \times 4200 \times 1119^2}$$

$$= 2.42$$

$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{15.69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 2.42}{400}}\right)$$

$$= 0.00637$$

$\rho_\delta > \rho_{\min}$ dipakai $\rho_\delta = 0.00637$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$A_s = \rho \times b \times d_x$

$= 0.00637 \times 1200 \times 1119$

$= 5236.92\ mm^2$

Digunakan Tulangan D25 (As = 490.87 mm²)

Jumlah tulangan perlu = $\frac{5236.92}{490.87} = 10.66 \approx 11 buah$

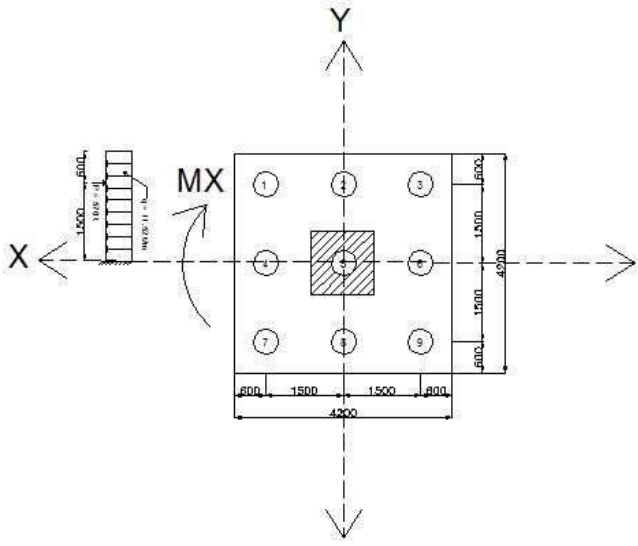
Jumlah tulangan terpasang = $\frac{1200}{11-1} = 120 \approx 150$

Digunakan Tulangan Lentur D25 – 150 mm

$A_{s\ pasang} = (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2) \times \frac{1200}{80}$

$= 5701.99\ mm^2 > 5236.92\ mm^2$ ····**OK!**

Penulangan Arah y



Gambar 8.6 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu Y)

P_{max} = 190 ton

P = 3 × 190 = 570 ton

Q = 4.20 × 1.50 × 2.40 =15.12 ton/m

Mu = $3P_{max}$ a – ½ qux. L^2

= (570 x 1.50) – (½ x 11.52 x $(1.50+0.60)^2$)

= 829.60 tonm = 8138376000 Nmm

dx = 1200 – 70 – ½ . 22 = 1119 mm

dy = 1200 – 70 – 22 – ½ . 22 = 1097 mm

$$Mn = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8138376000}{0{,}8} = 10172970000 Nmm$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 f_c^{'}}$$

$$= \frac{400}{0.85 \times 30}$$

= 15.69

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

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

= 0.0035

$$\rho_{balance} = \frac{0.85 f_c^{'} \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$$

$$= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400}\right)$$

= 0.0325

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_{balance}$$

$$= 0.75 \times 0.0325$$

= 0.0244

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

$$= \frac{1.0173 \times 10^{10}}{0.8 \times 4200 \times 1097^2}$$

$$= 1.57$$

$$\rho_\delta = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{15.69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.57}{400}}\right)$$

$$= 0.0041$$

$\rho_\delta > \rho_{\min}$ dipakai $\rho_\delta = 0.0041$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$A_s = \rho \times b \times d_x$

$= 0.0041 \times 1200 \times 1097$

$= 5397.24 \text{ mm}^2$

Digunakan Tulangan D25 (As = 490.87 mm²)

Jumlah tulangan perlu = $\frac{5397.24}{490.87} = 10.66 \approx 11 buah$

Jumlah tulangan terpasang = $\frac{1200}{11-1} = 120 \approx 150$

Digunakan Tulangan Lentur D25 – 150 mm

$$A_{s\ pasang} = (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2) \times \frac{1200}{80}$$

$= 5701.99 \text{ mm}^2 > 5397.24 \text{ mm}^2$ ·····**OK!**

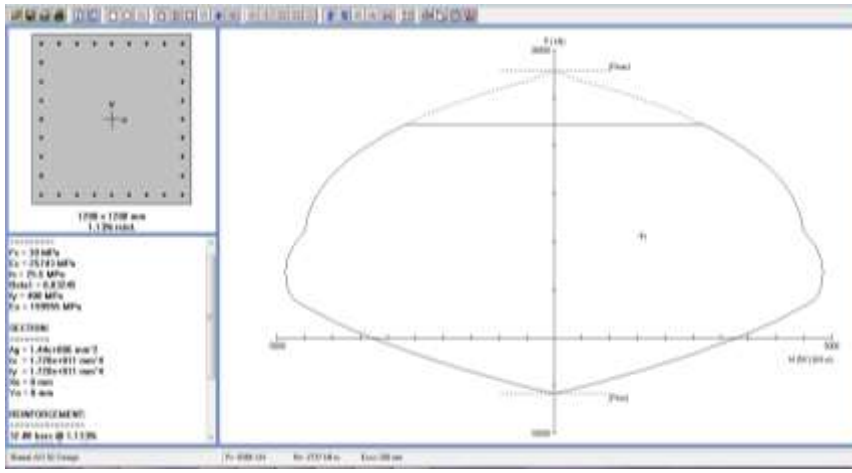
8.6. Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

P_u = 1087565.83 kg (dari gaya aksial *VBE*)
V_u = 291525.72 kg (dari gaya geser *VBE*)
M_u = 225125.55 kgm (dari momen *VBE*)

- Data perencanaan kolom :
  b = 1200 mm
  h = 1200 mm
  A_g = 1440000 mm^2
  Mutu bahan :
  f'_c = 30 Mpa (mengikuti mutu bahan kolom *(VBE)* pada *SPSW*)
  f_y = 400 Mpa
  Selimut beton = 50 mm
  Tulangan sengkang = ∅12 mm
  Tulangan utama = ∅25 mm
  Tinggi efektif = 1200 – (50 + 12 + ½.25) = 1125.50 mm

- Penulangan Lentur pada Kolom
  Dari PCACOL didapat nilai ρ = 1.13 %



Gambar 8.7 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

A_s = 0.0113 × 1200 × 1125.50
= 15261.78 mm^2
Dipasang tulangan 32D25, A_s = 15707.96 mm^2 dipasang merata 4 sisi.

- Penulangan Geser Kolom
  V_u = 291525.72 kg = 2915257.20 N
  Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = 2\left(1+\frac{N_u}{14A_g}\right)\frac{1}{6}\sqrt{f_c'}bd$$

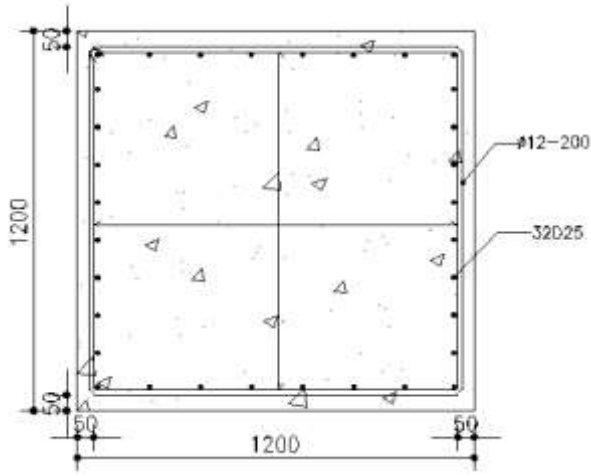
$$= 2\left(1+\frac{10669020.79}{14\times1440000}\right)\frac{1}{6}\sqrt{30}\times1200\times1125.50$$

= 5332738.88 N

$$\phi V_c = 0.6\times V_c$$

= 0.6 × 5332738.88
= 3199643.33 N > Vu = 2915257.20 N

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.



Gambar 8.8 Penulangan Kolom Pedestal

8.7. Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban–beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Gaya aksial kolom = 1087565.83 kg

Pu = 10% × 1087565.83

= 108756.58 kg → 1066902.08 N

Dimensi sloof :	b	= 400 mm
	h	= 600 mm
	A_g	= 240000 mm^2
Mutu bahan :	f'_c	= 30 MPa
	f_y	= 400 MPa

Selimut beton = 50 mm
Tul. utama = D19
Tul. sengkang = ∅12
Tinggi efektif (d) = 600 – (50 + 12 + ½ . 19)
= 528.5 mm

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :
  Beban dinding 1.2 × 250.00 × 3 = 900.00 kg/m
  Berat sloof 1.2 × 0.40 × 0.60 × 2400 = 691.20 kg/m +
  Qu = 1591.20 kg/m
  Panjang sloof = 8.00 m
  Mu = 1/12 × q_u × L^2
  = 1/12 × 1591.20 × 8^2
  = 8486.40 kgm
  D (Vu) = ½ × qu × L
  = ½ × 1591.20 × 8
  = 6364.80 kg = 63648 N

- Penulangan tarik pada sloof
  Mu = 8486.40 kgm = 84864000 Nmm
  D (Vu) = 6364.80 kg = 63648 N

  Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{V_u}{f_y}$$

$$= \frac{63648}{400}$$

$$= 159.12 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0.5A_s$$

$$= 0.5 \times 159.12$$

$$= 79.56 \text{ mm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{84864000}{0.8}$$

$$= 106080000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c^{'}}$$

$$= \frac{400}{0.85 \times 30}$$

$$= 15.69$$

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

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

$$= 0.0035$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_{balance}$$

$$= 075 \frac{0.85 f_c^{'} \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 075 \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0.0243$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$= \frac{106080000}{400 \times 522^2}$$

$$= 0.97$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2mR_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{15.69}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 15.69\times 0.97}{400}}\right)$$

$$= 0.0025$$

$\rho_\delta < \rho_{\min}$ dipakai $\rho_{\min} = 0.0035$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$A_{s1} = \rho \times b \times d_x$

$= 0.0035 \times 400 \times 528.5$

$= 739.90 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$A_{s1}' = 0.50 \times A_s$

$= 369.95 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan tarik : $A_s + A_{s1} = 159.12 + 739.90$

$= 899.902 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan tarik 4D19 ($A_s = 1134.11 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan tekan : $A_s' + A_{s1}' = 79.56 + 369.95$

$= 449.51 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan 4D19 ($A_s = 1134.11 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Geser Sloof

$V_u = 63648$ N

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = 2\left(1+\frac{N_u}{14A_g}\right)\frac{1}{6}\sqrt{f_c'}bd$$

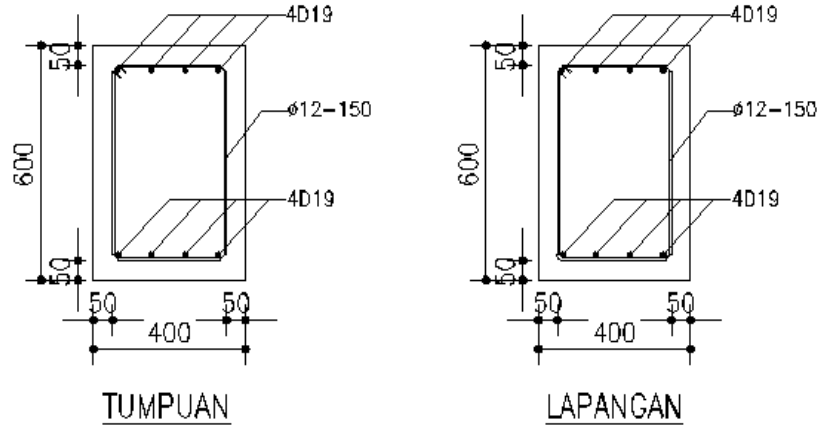
$=$

$$2\times\left(1+\frac{1066902.08}{14\times 240000}\right)\times\frac{1}{6}\times\sqrt{30}\times 400\times 528.5$$

$= 508516.43 \text{ N} > V_u = 63648 \text{ N}$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser Ø12 – 150, sengkang 2 kaki.

Detail tulangan sloof



Gambar 8.9 Penampang Sloof 400 x 600

BAB IX
PENUTUP

9.1. Kesimpulan

Dari hasil analisia dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Elemen-elemen struktur penampang ekonomis yang dipakai dalam struktur.

a. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :

1. Plat lantai menggunakan bondek PT. SUPER FLOOR DECK, t = 0.75 mm, dengan tebal plat beton :
   - Lantai atap t = 90 mm
   - Lantai hotel t = 90 mm
   - Lantai koridor t = 90 mm
2. Balok anak :
   - Lantai atap WF 450 × 200 × 9 × 14
   - Lantai hotel WF 450 × 200 × 9 × 14
   - Lantai koridor WF 400 × 200 × 8 × 13
3. Balok tangga :
   - Anak tangga Siku 45.45.5
     Plat 3 mm
   - Bordes WF 100 × 50 × 5 × 7
   - Utama WF 200 × 100 × 4.5 × 7
   - Penumpu WF 200 × 100 × 5.5 × 8
4. Balok lift :
   - Lift penumpang WF 350 × 175 × 7 × 11
   - Lift barang WF 300 × 150 × 6.5 × 9

b. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :

1. Balok induk :
   - Lantai 2-4 WF 800 × 300 × 14 × 26
   - Lantai 5-7 WF 700 × 300 × 13 × 20
   - Lantai 8-10 WF 600 × 300 × 12 × 20
   - Lantai atap WF 500 × 200 × 10 × 16

2. Kolom hotel :
   - Lantai 1-4 Komposit HSS 800 × 800 × 25 × 25
   - Lantai 5-7 Komposit HSS 700 × 700 × 25 × 25
   - Lantai 8-10 Komposit HSS 600 × 600 × 19 × 19
3. Dinding geser plat baja *(SPSW)* :
   - Tebal dinding geser t = 4mm
4. Elemen pada dinding geser plat baja *(SPSW)*
   - Balok (*HBE*) WF 800 × 300 × 14 × 26
   - Kolom (*VBE*) WF 800 × 800 × 25 × 25

2. Dengan didapatkan penampang ekonomis yang sudah dipaparkan di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas penampang mampu menahan beban-beban yang direncanakan.

3. Permodelan analisi struktur menggunakan program bantu SAP 2000v14, dengan 4 kontrol desain yaitu :
   a. Kontrol partisipasi massa
   b. Kontrol periode getar struktur
   c. Kontrol nilai akhir respon spektrum
   d. Kontrol batas simpangan (*drift*)

4. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output SAP. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las.

5. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk PT. WIKA Beton dengan D = 50 cm (tipe A1) dengan kedalaman 34 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).

6. Hasil dari perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

9.2. Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Steel Plate Shear Wall (*SPSW*)* lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan. Kedepannya, diharapkan sistem SPSW ini dapat dimanfaatkan sebagai pilihan sistem struktur yang digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

American Institute of Steel Construction, Inc. 2005. **Seismic Provisions for Structural Steel Building (AISC 341-05)**. Chicago : 2005.

Astaneh-Asl, A. 2000. "Steel Plate Shear Walls", **Proceedings U.S., Japan Partnership for Advanced Steel Structures**. U.S., Japan Workshop on Seismic Fracture Issues in Steel Structures.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)**. Bandung : BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)**. Bandung : BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)**. Bandung : BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2015. **Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)**. Bandung : BSN.

Berman, Jeffrey dan Michel Bruneau. 2003. "Plastic Analysis and Design of Steel Plate Shear Walls". **ASCE Journal of Structural Engineering**, pp. 1448-1456.

Berman, Jeffrey dan Michel Bruneau. 2004."Steel Plate Are Not Plate Girders". **AISC Engineering Journal**, Third Quarter, pp. 95-106.

Driver, R.G., Kulak, G.L., Kennedy, D.J.L., and Elwi, A.E., 1997. "Seismic Behaviour of Steel Plate Shear Walls". Structural Engineering Report No. 215. **Departement of Civil and Environmental Engineering**, University of Alberta, Edmonton, Canada.

D. Lopez-Garcia and M. Bruneau. 2006. "Seismic Behavior of Intermediate Beams in Steel Plate Shear Walls", **Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering,** Paper No. 1089.

Ericksen, Jason dan Rafael Sabelli. 2008. "A Closer Look at Steel Plate Shear Walls". **Modern Steel Construction**.

Habashi, H.R. dan M.M. Alinia. 2010. "Characteristic of the Wall-frame Interaction in Steel Plate Shear Walls". **Journal of Constructional Steel Research** 66 , pp. 150-158.

Isdarmanu dkk. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I**. Surabaya: ITS.

J. Stankevicius. 2011. " A Design Guide for Steel Plate Shear Wall". **Master of Science in Structural Engineering**. Canada.

Muto, Kiyoshi. 1990. **Analisis Perancanagan Gedung Tahan Gempa**. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Nateghi-Alahi, F. Dan M. Khazaei-Poul. 2012. "Experimental Study of Steel Plate Shear Walls with Infill Plates Strengthened by GRFP Laminates". **Journal of Constructuonal Research 78** , pp. 159-172.

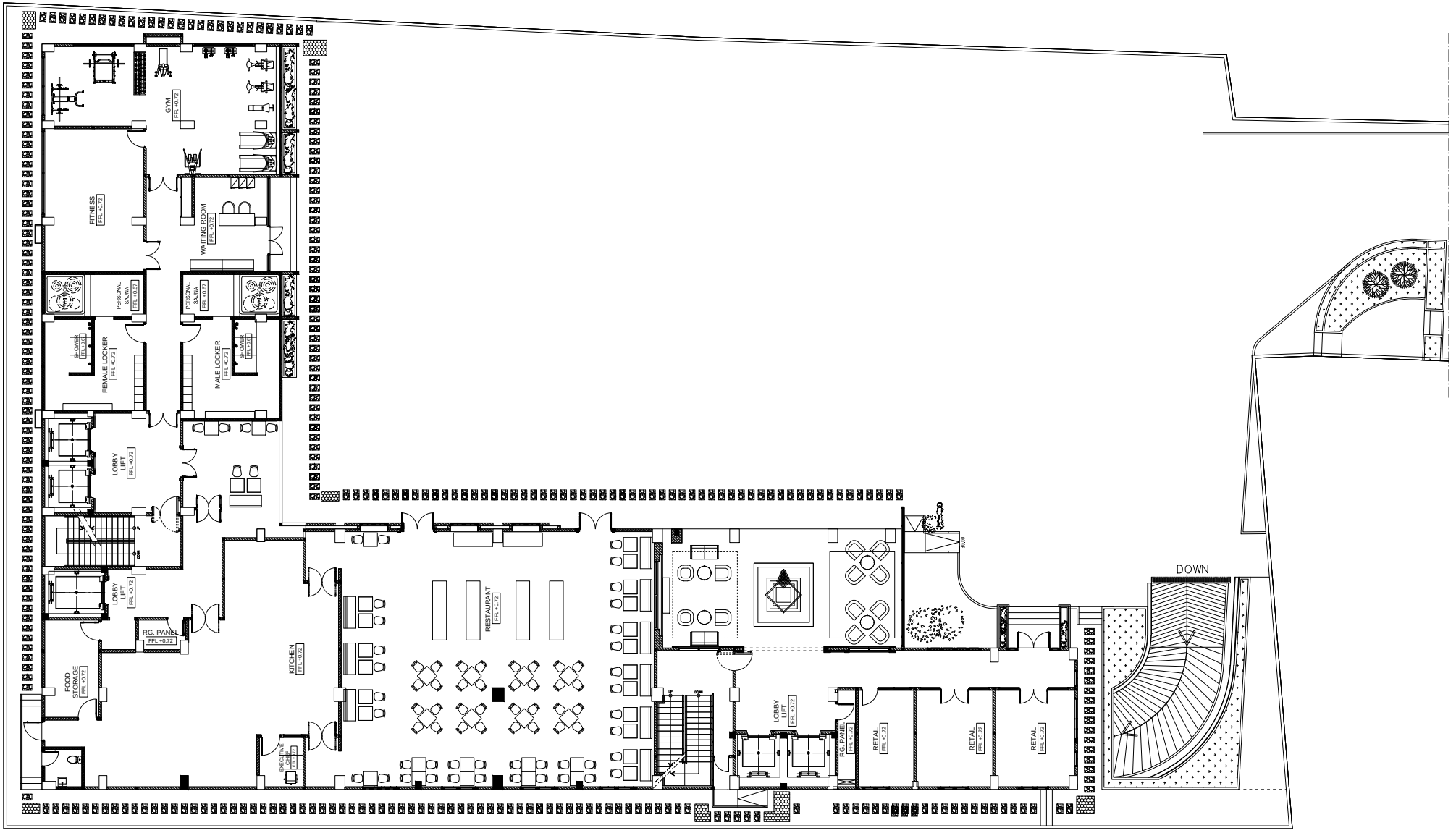
Sabelli, Rafael dan Michel Bruneau. 2007. **Steel Design Guide : Steel Plate Shear Wall**. American Institute of Steel Construction, Inc.

Sabouri-Ghomi, Saeid dan Seyed Ramin Asad Sajjadi. 2012. "Experimental and Theoretical Studies of Steel Shear Walls with and without Stiffners". **Journal of Constructional Research** 75, pp. 152-159.

Seilie, Ignasius F. dan John D. Hopper. 2005. "Steel Plate Shear Walls: Practical Desaign and Construction". **Modern Steel Construction Conference**.

Thorburn, L.J., Kulak, G.L., and Montgomery, C.J. 1983. "Analysis of Steel Plate Shear Walls". **Structural Engineering Report No. 107**, Departement of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



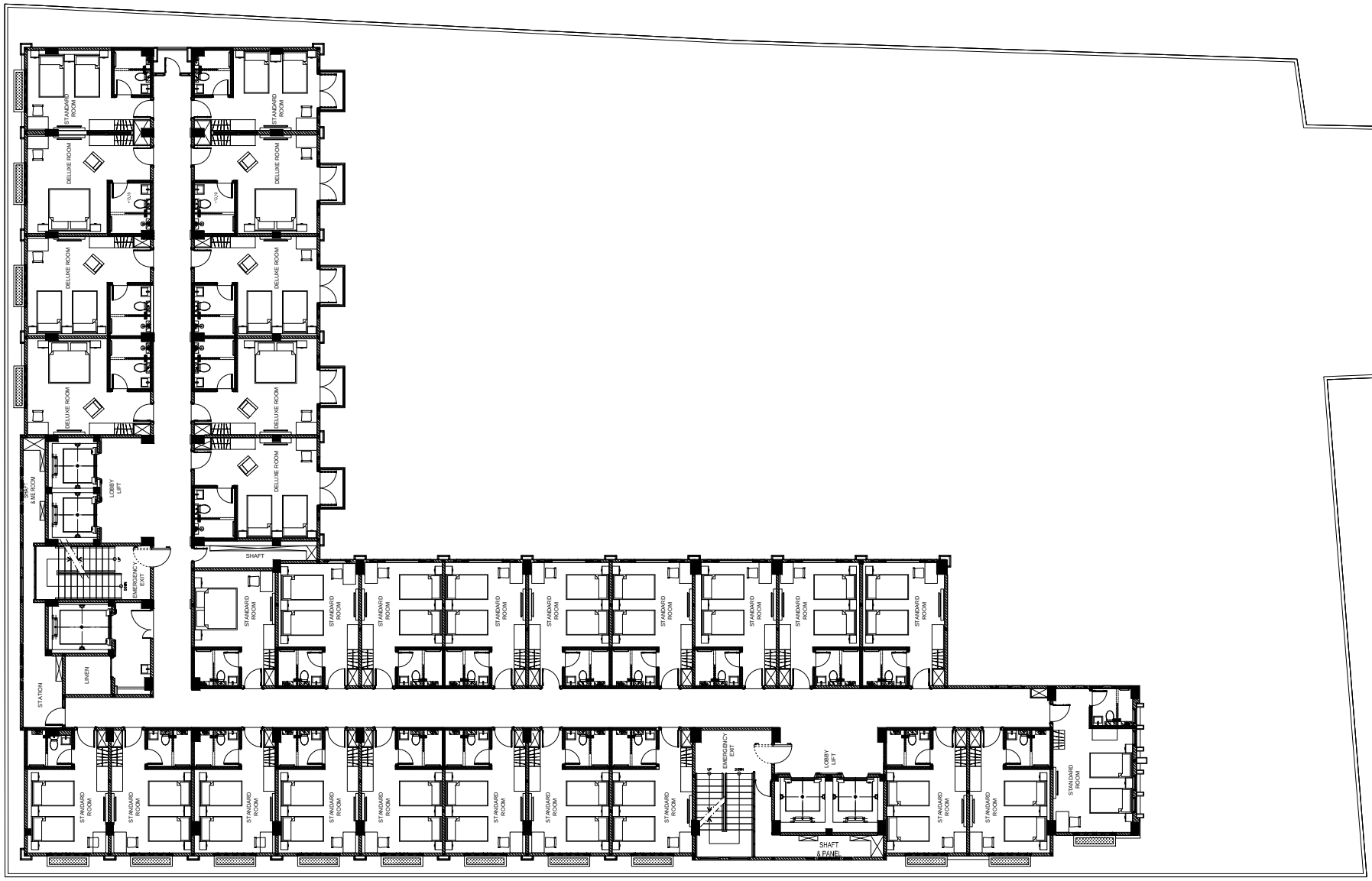
DENAH LANTAI DASAR
ELEV +0.00

SKALA 1 : 100

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
		Nama Mahasiswa & NRP	Dosen Pembimbing		
Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Lantai Dasar	Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	1	31	27/12/2016



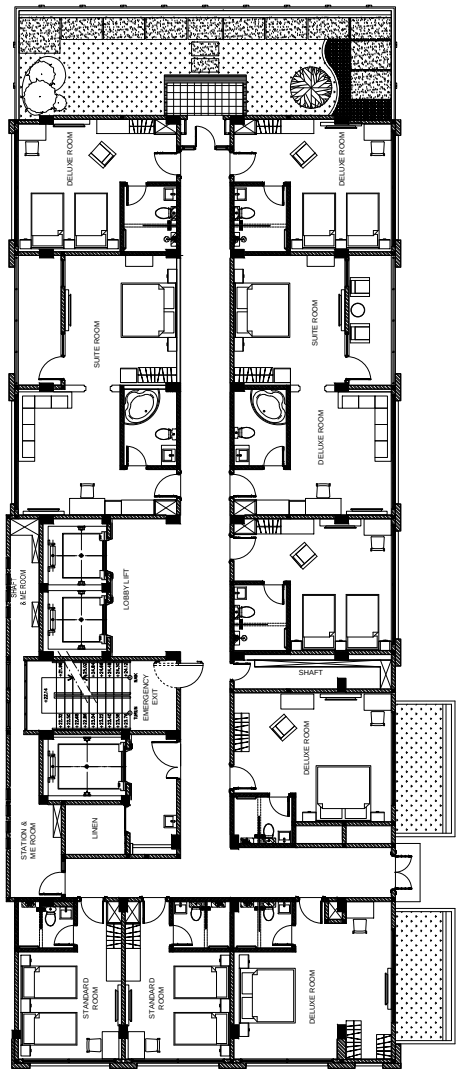
DENAH LANTAI 2-10

SKALA 1 : 100

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Lantai 2-10	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	2	31	27/12/2016

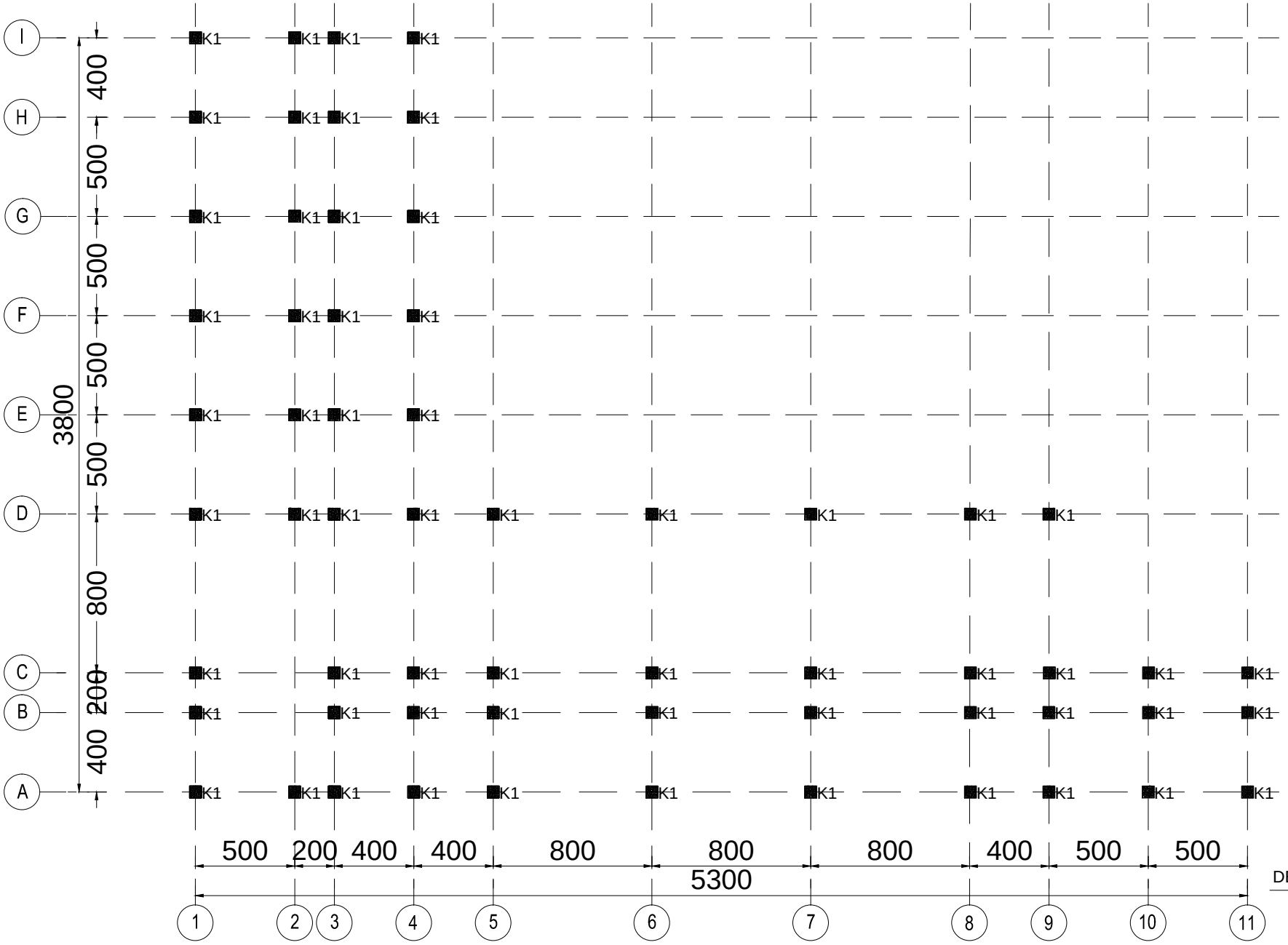


DENAH ATAP

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI			
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Atap	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
						1:100	3	31	27/12/2016

KETERANGAN	
K1	CFT HSS 800.800.25.25
PD	1200 mm x 1200 mm



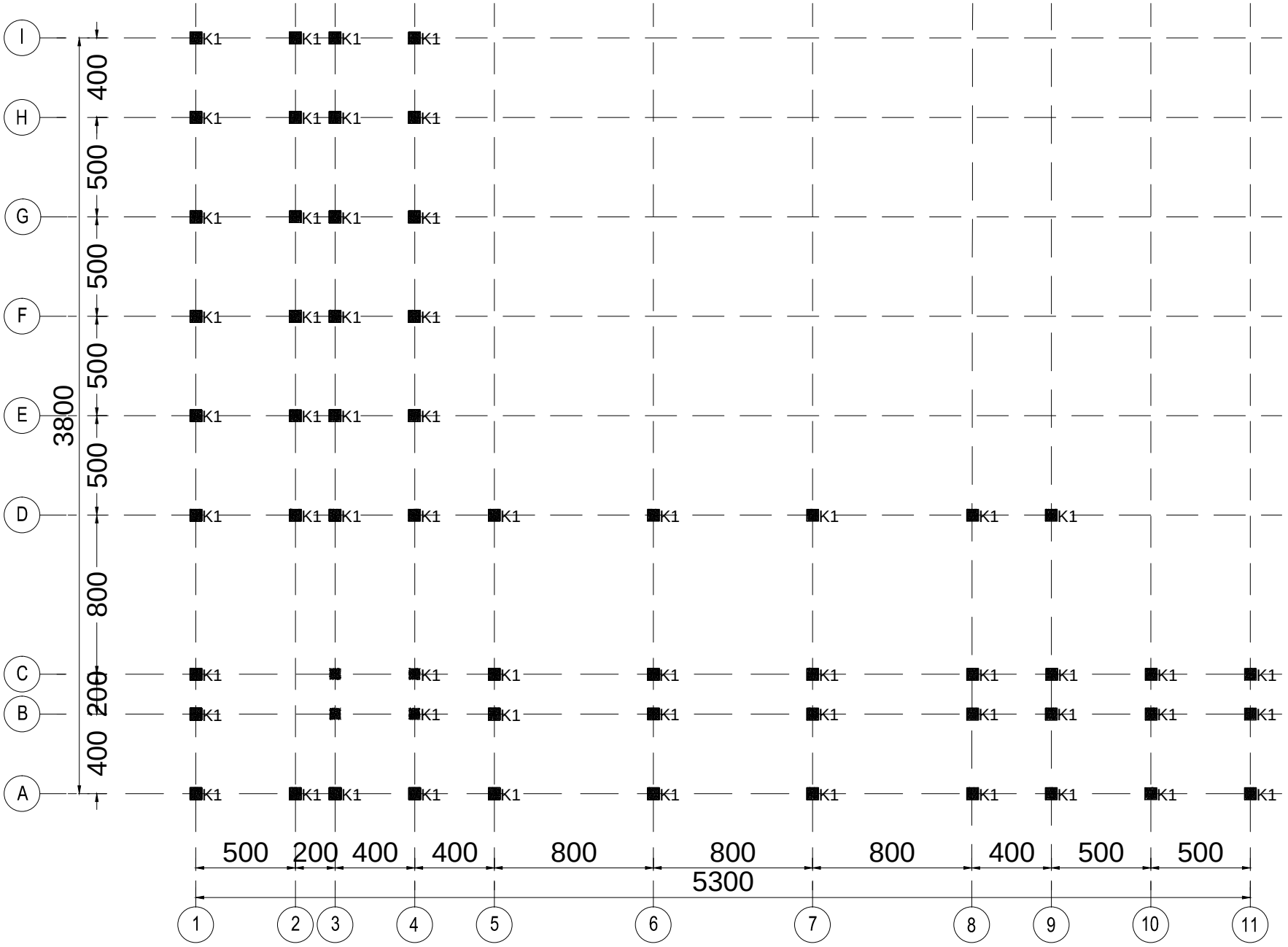
DENAH KOLOM LANTAI DASAR

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Kolom Lantai Dasar	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	4	31	27/12/2016

KETERANGAN	
K1	CFT HSS 800.800.25.25



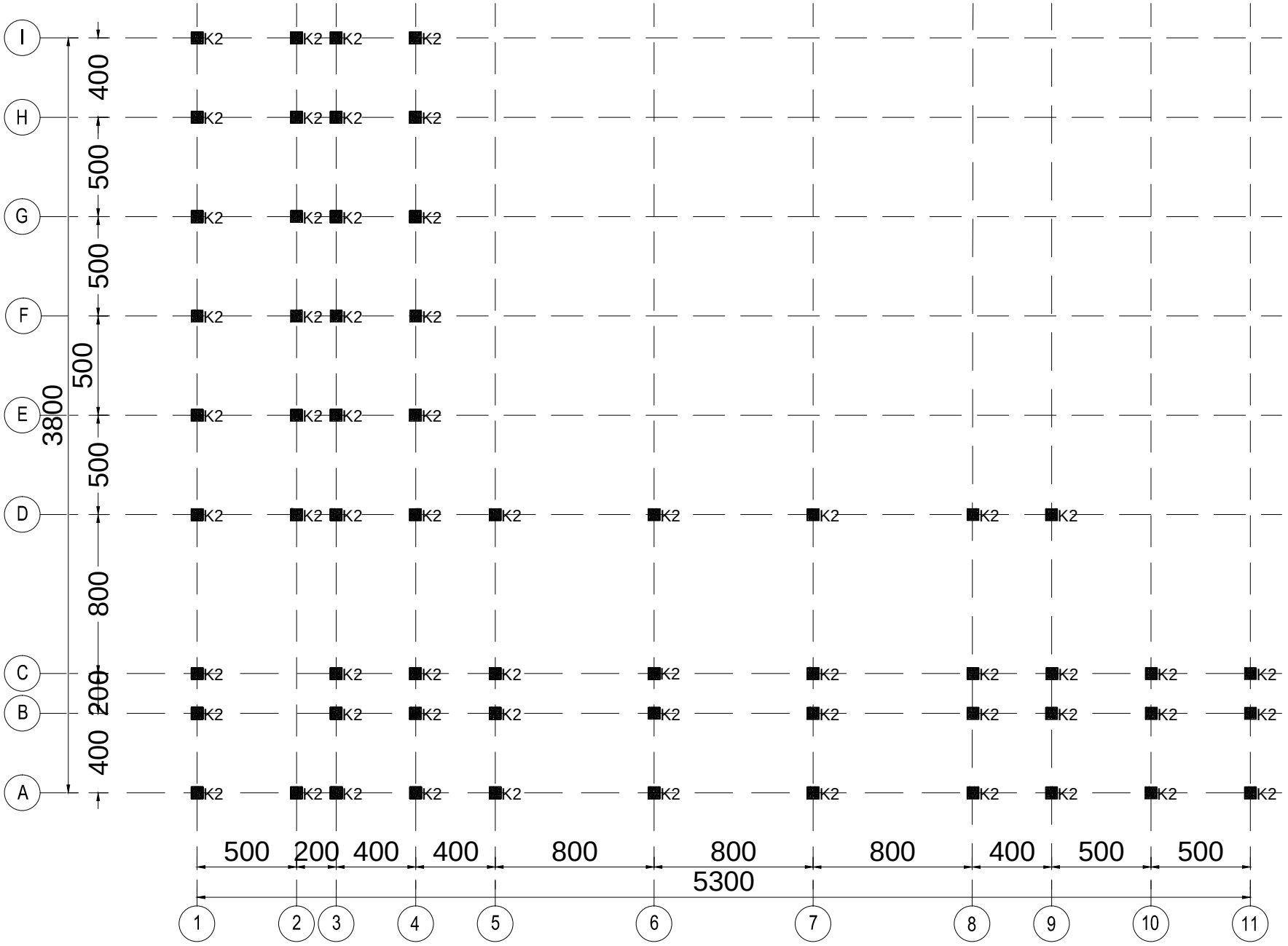
DENAH KOLOM LANTAI 2-4

SKALA 1 : 100

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Kolom Lantai 2-4	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	5	31	27/12/2016

KETERANGAN	
K2	CFT HSS 700.700.25.25



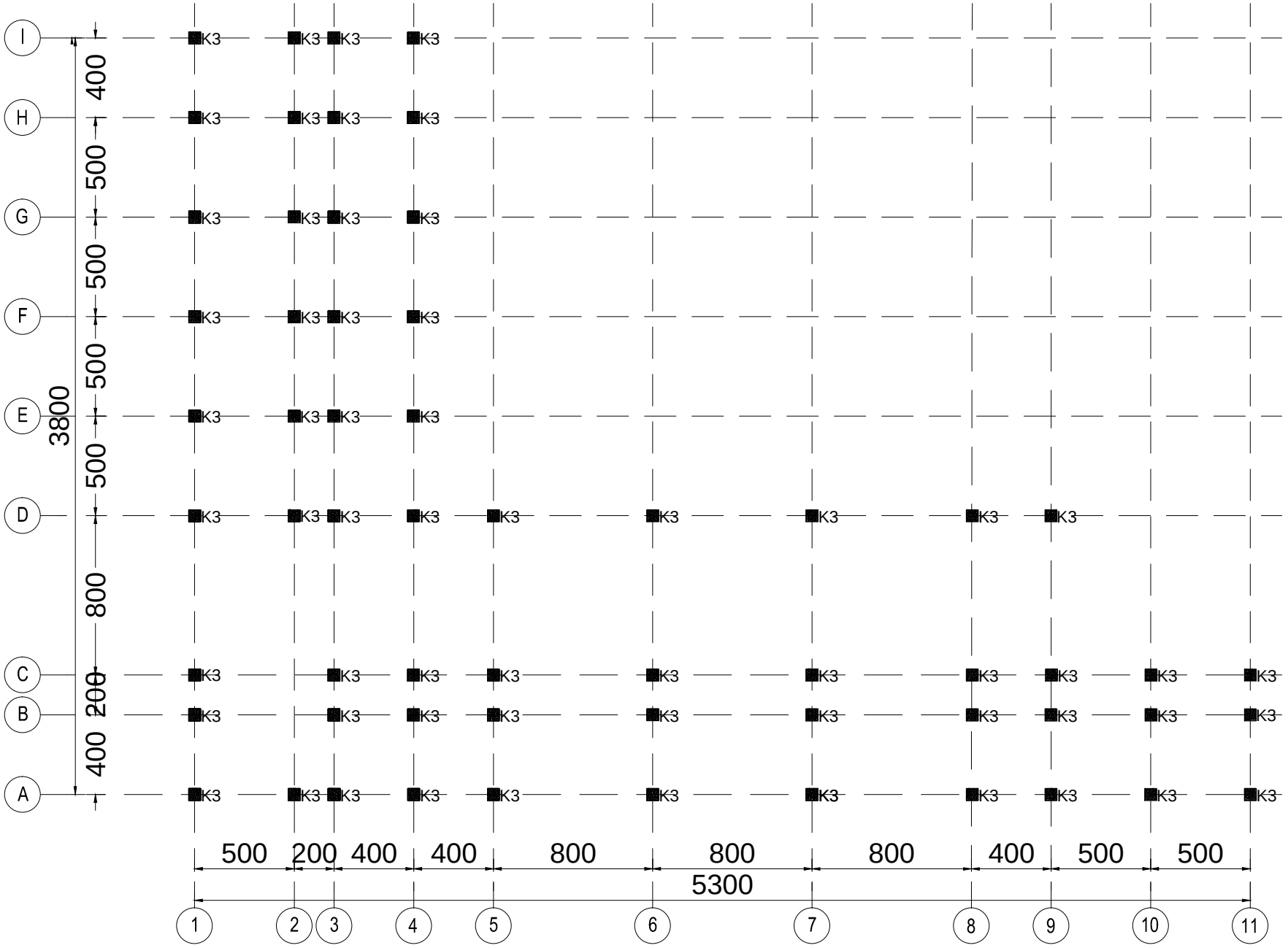
DENAH KOLOM LANTAI 5-7

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Kolom Lantai 5-7	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	6	31	27/12/2016

KETERANGAN	
K3	CFT HSS 600.600.19.19



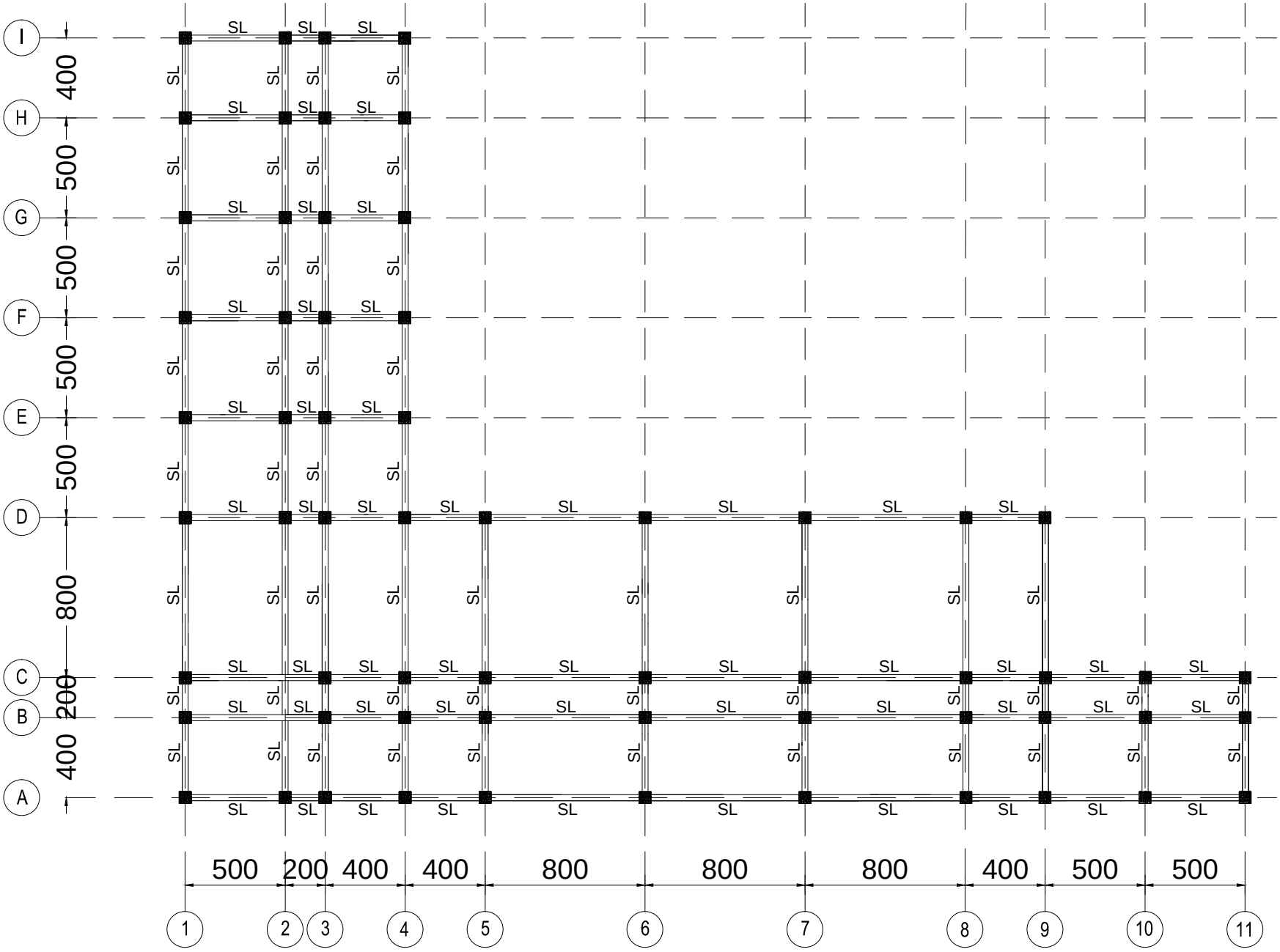
DENAH KOLOM LANTAI 8-10

SKALA 1 : 100

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Kolom Lantai 8-10	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	7	31	27/12/2016

KETERANGAN	
SL	400 mm x 600 mm



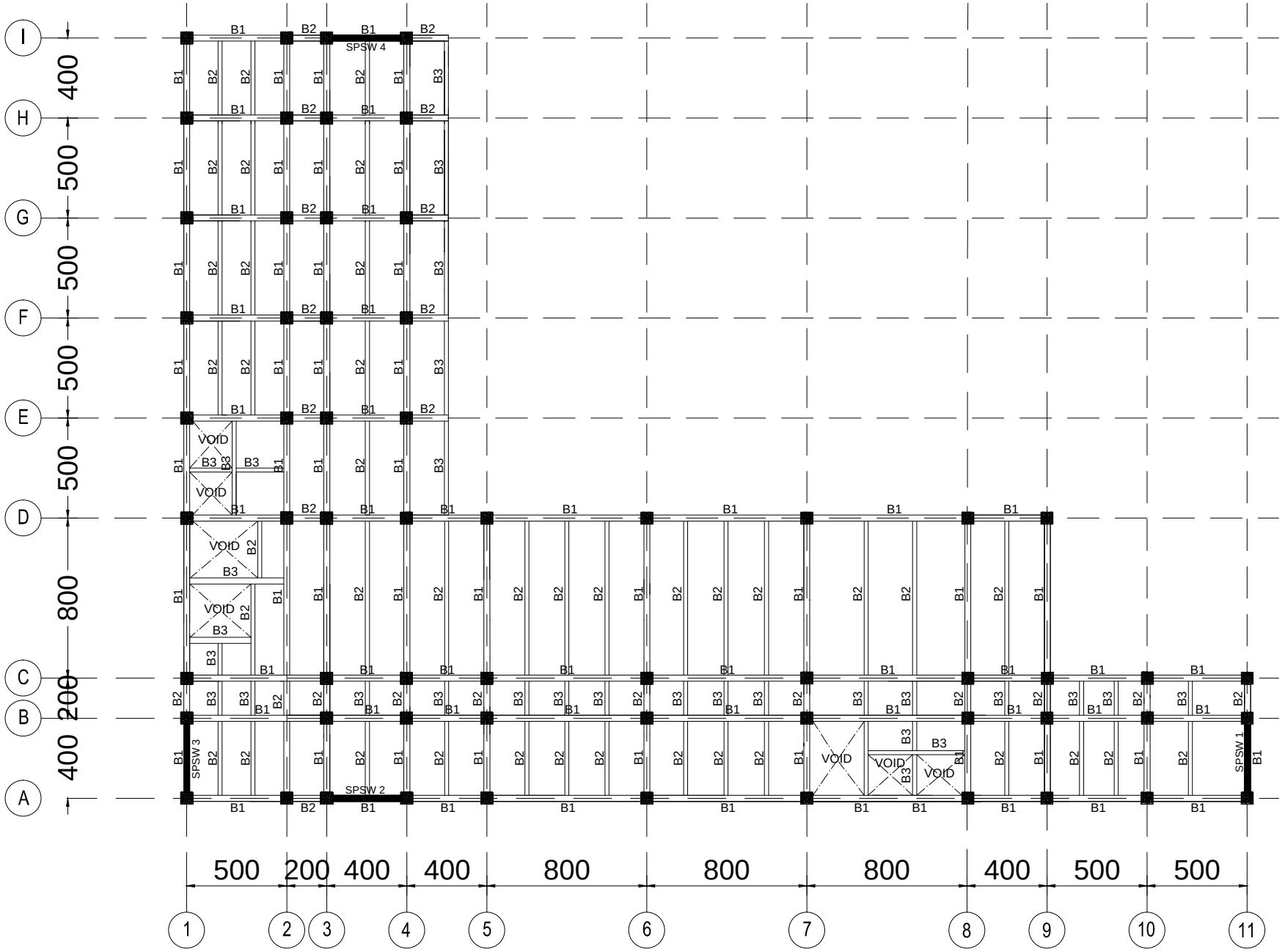
DENAH SLOOF

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Sloof	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	8	31	27/12/2016

KETERANGAN	
B1	WF 800.300.14.26
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13



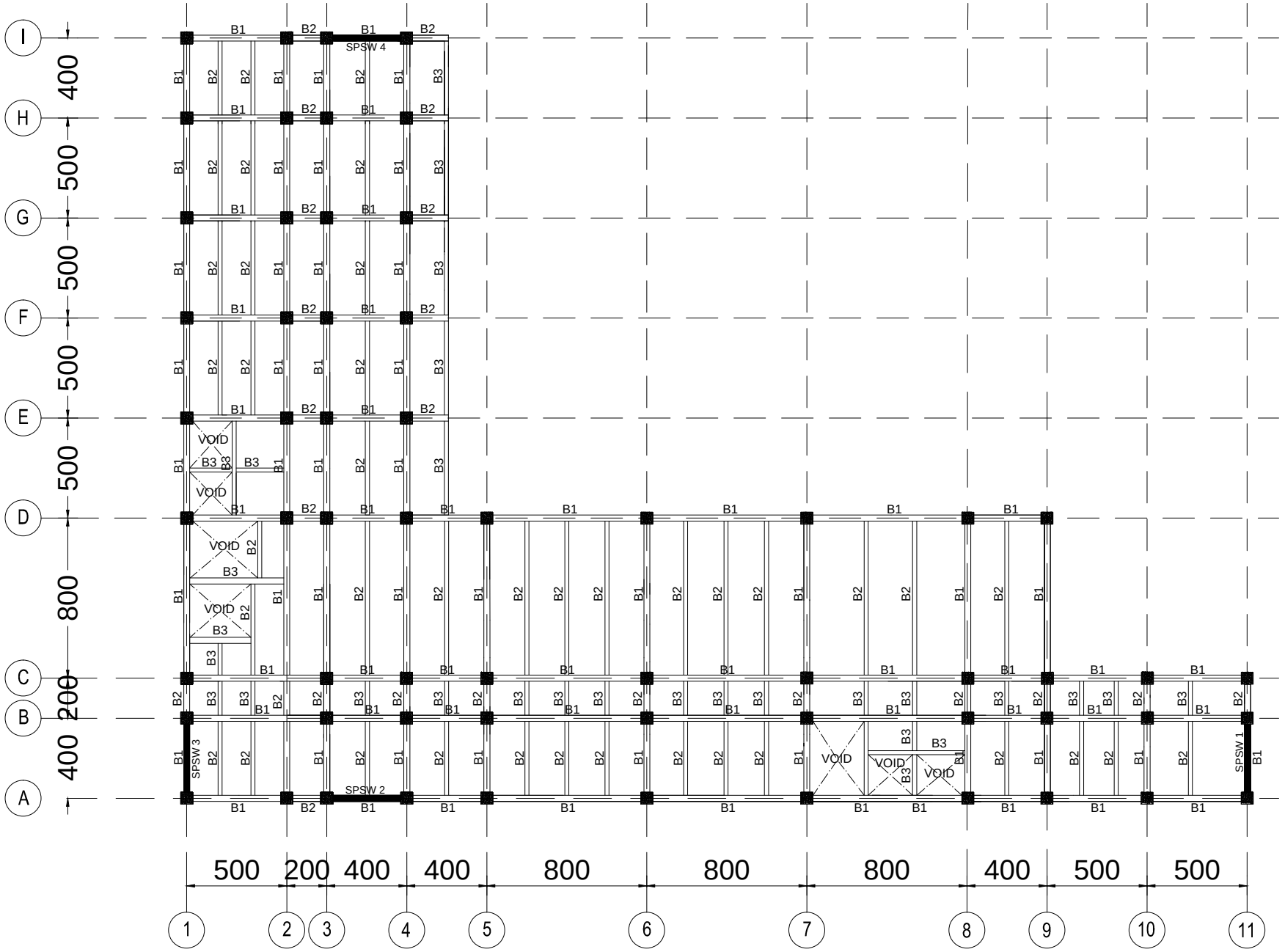
DENAH BALOK LANTAI 2
ELEV. +4.50

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Balok Lantai 2	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	9	31	27/12/2016

KETERANGAN	
B1	WF 800.300.14.26
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13



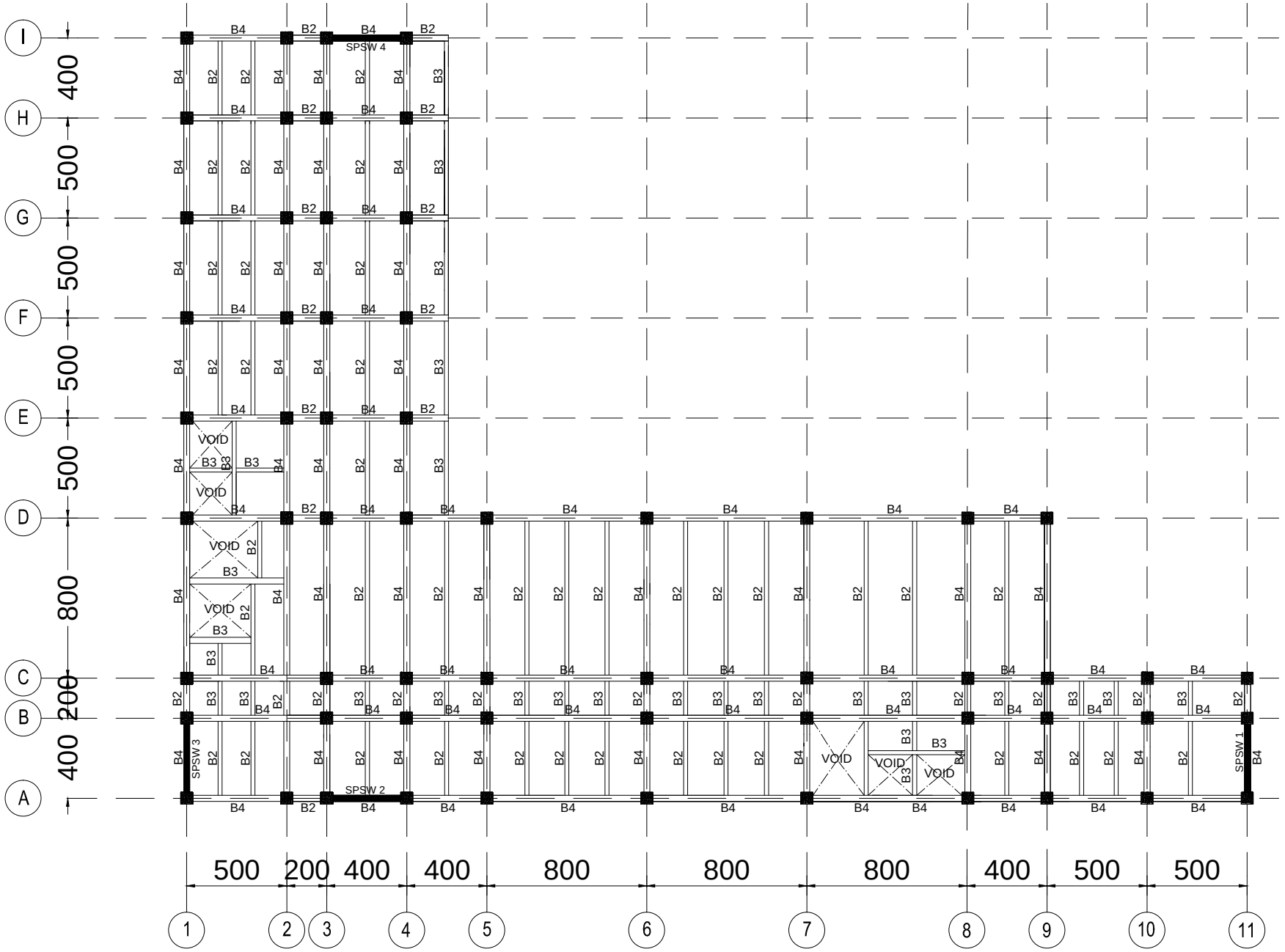
DENAH BALOK LANTAI 3-4
ELEV. +3.50

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Balok Lantai 3-4	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	10	31	27/12/2016

KETERANGAN	
B4	WF 700.300.13.20
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13



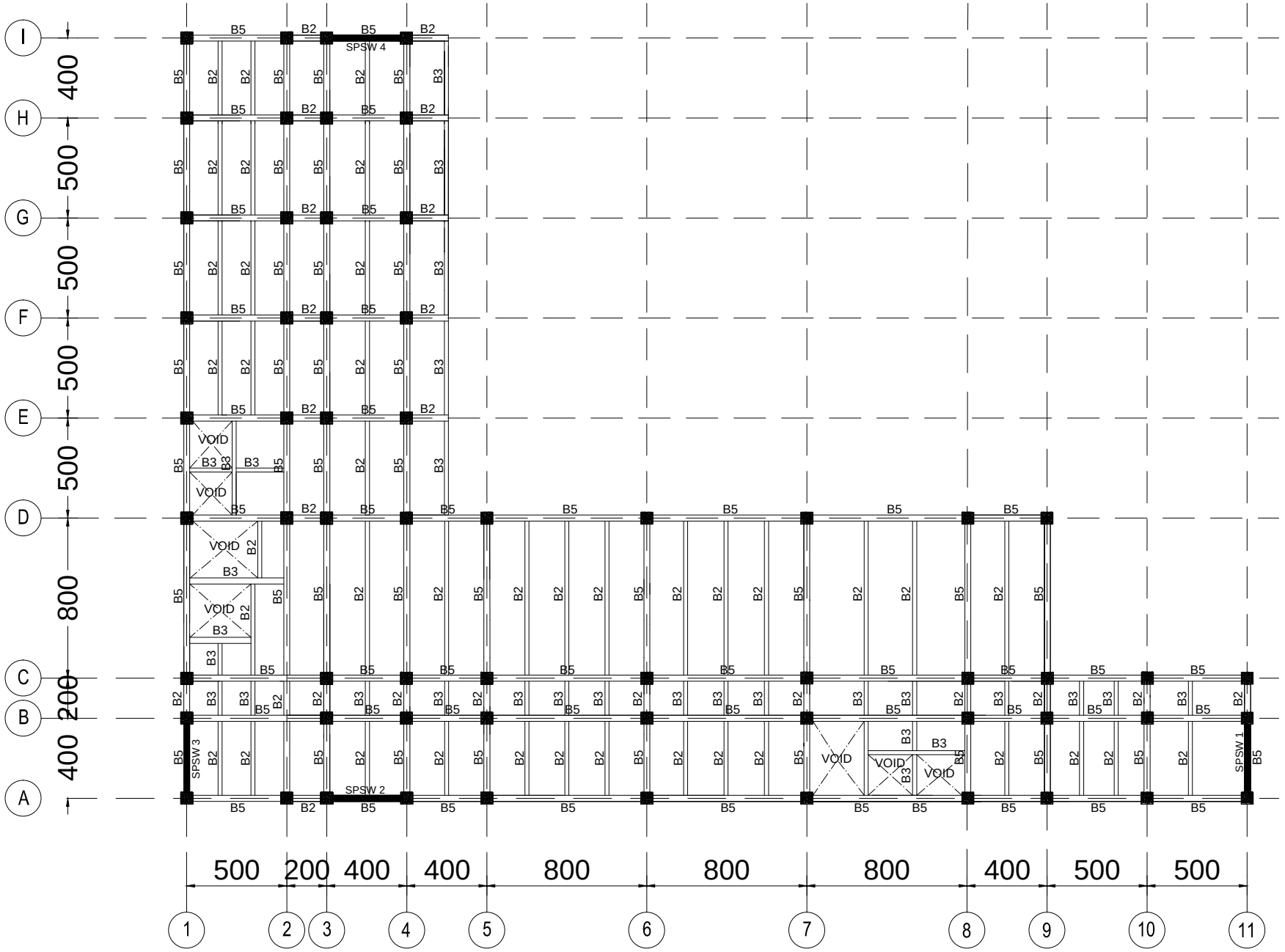
DENAH BALOK LANTAI 5-7
ELEV. +3.50

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Balok Lantai 5-7	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:100	11	31	27/12/2016

KETERANGAN	
B5	WF 600.300.12.20
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13

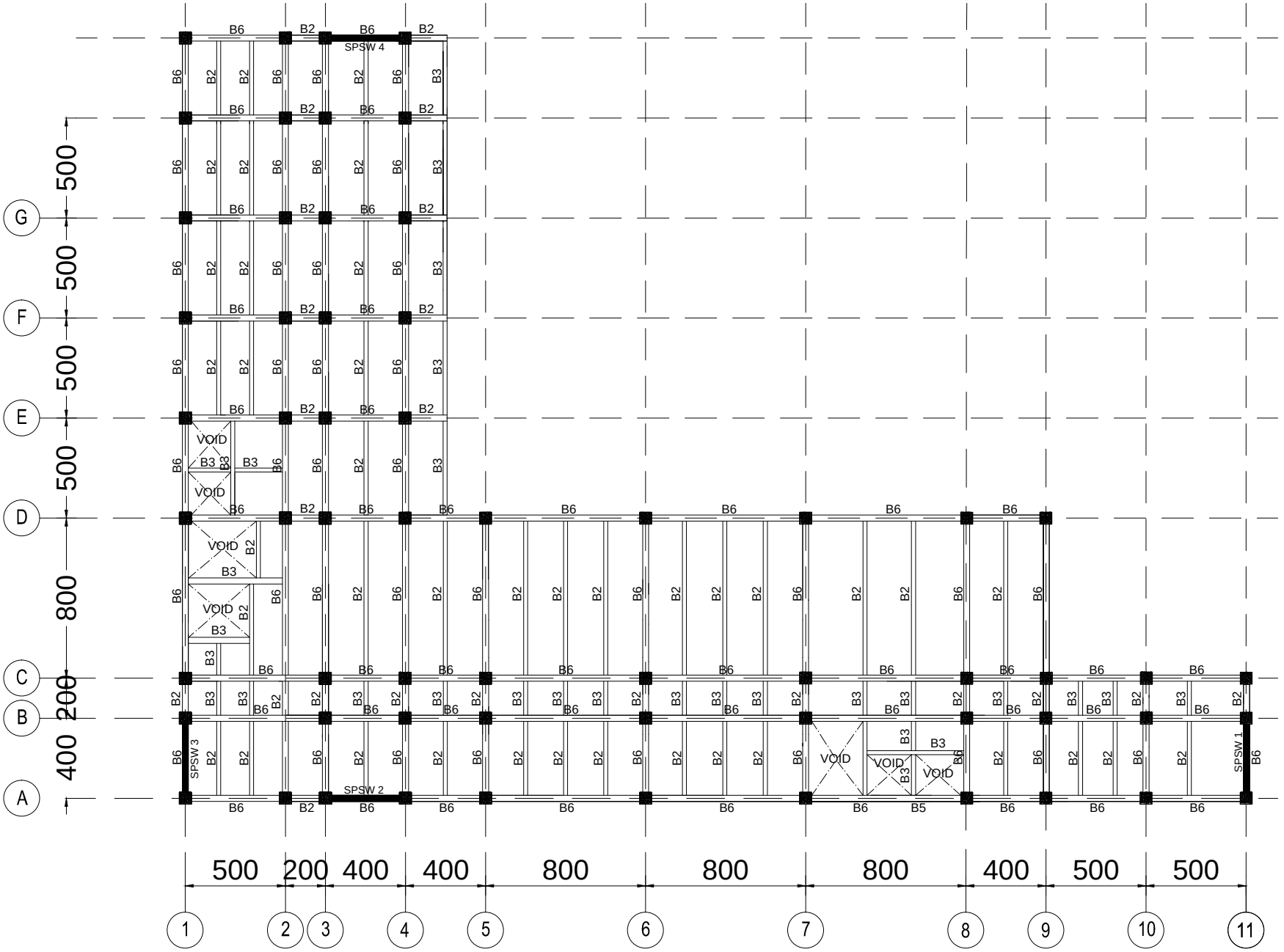


DENAH BALOK LANTAI 8-10
ELEV. +3.50

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Balok Lantai 8-10	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:100 · No Gambar: 12 · Jumlah Gambar: 31 · Tanggal: 27/12/2016

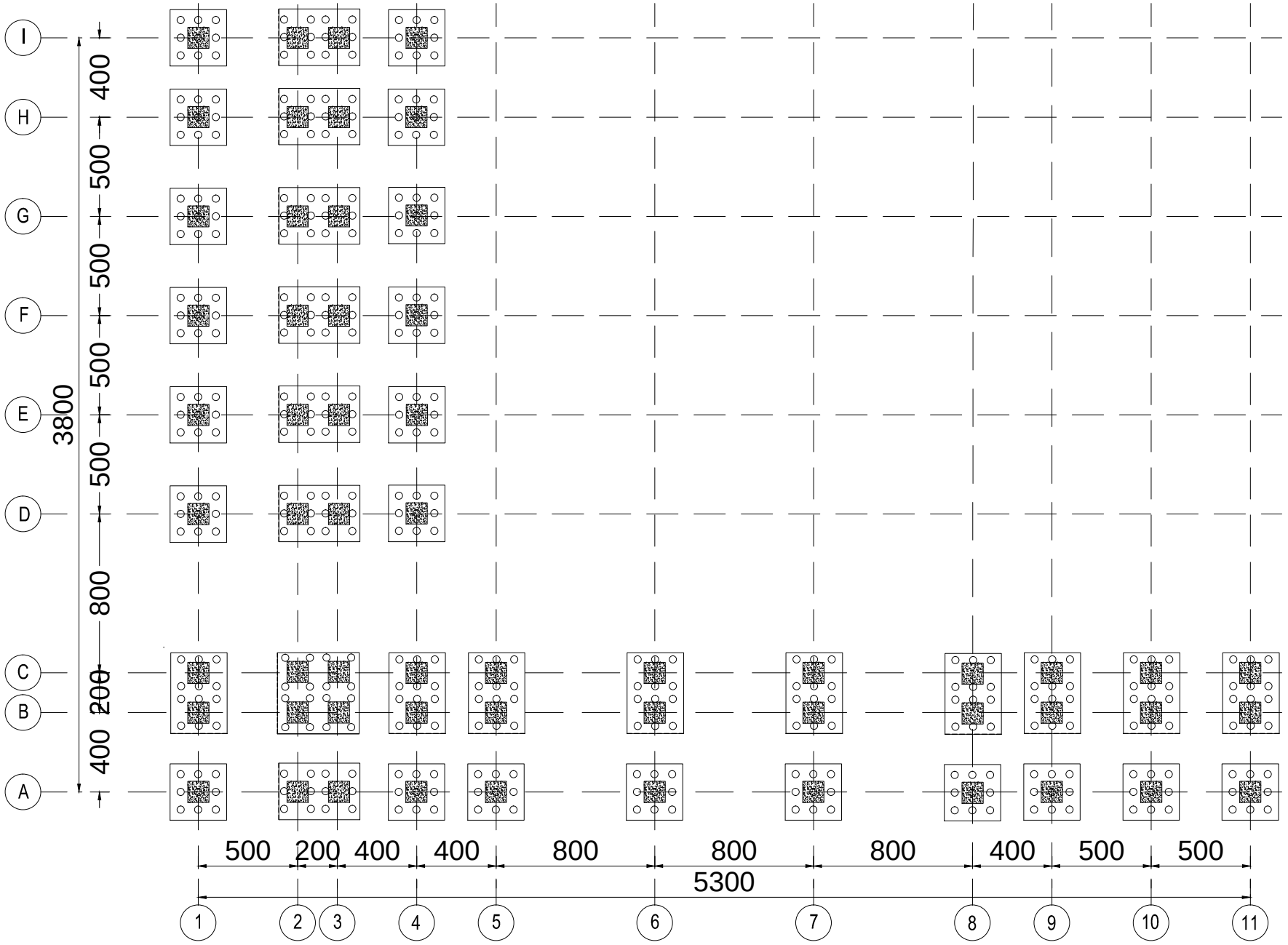
KETERANGAN	
B6	WF 500.200.10.16
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13



DENAH BALOK LANTAI ATAP
ELEV. +3.50

SKALA 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Balok Lantai Atap	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:100 · No Gambar: 13 · Jumlah Gambar: 31 · Tanggal: 27/12/2016



NOTASI	KETERANGAN	
	PC1	4200 x 4200 x 1200 9 - Ø500
	PC2	4200 x 2700 x 1200 6 - Ø500
	PC3	2700 x 2700 x 1200 4 - Ø400

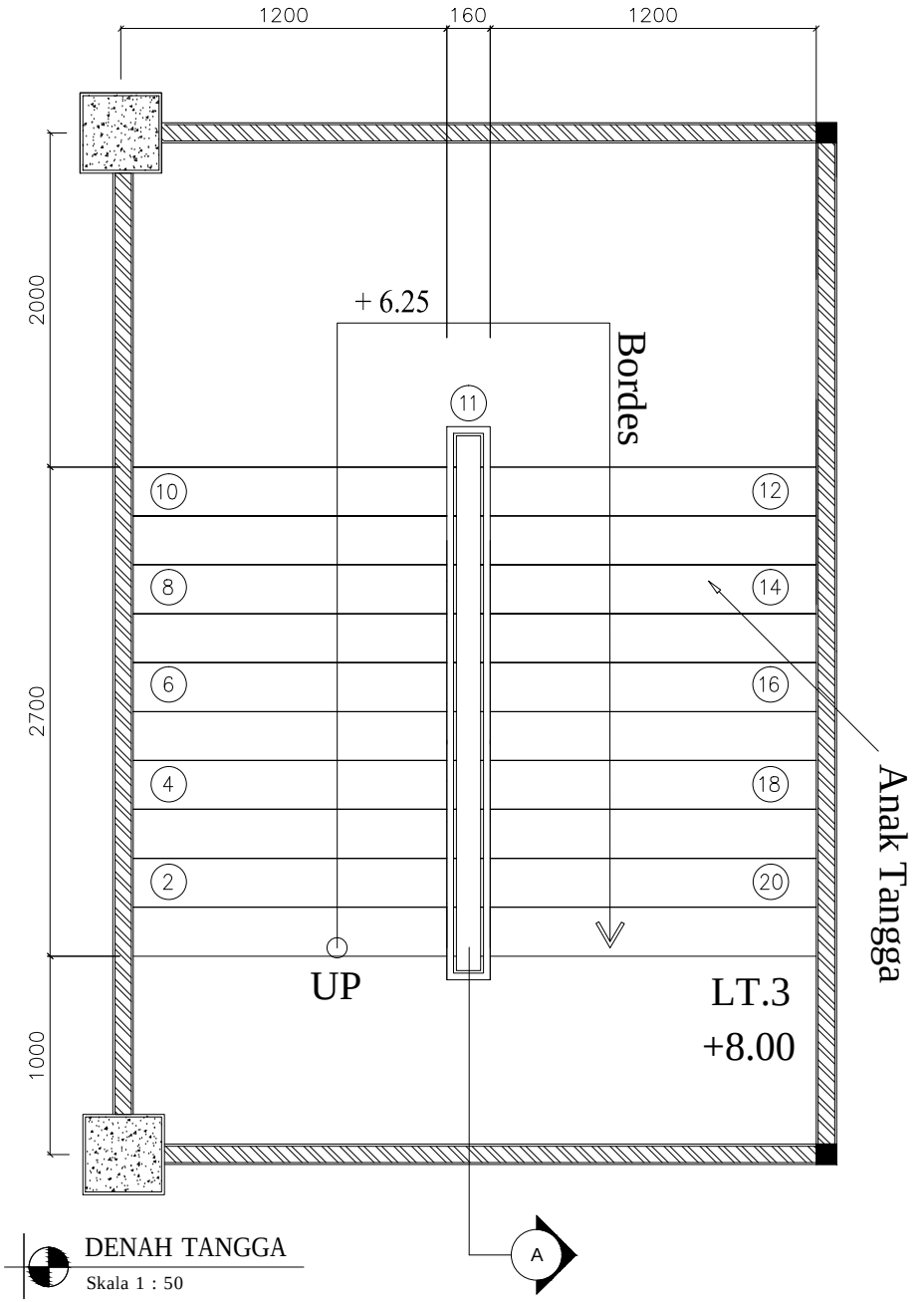
DENAH PONDASI

SKALA 1 : 400

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

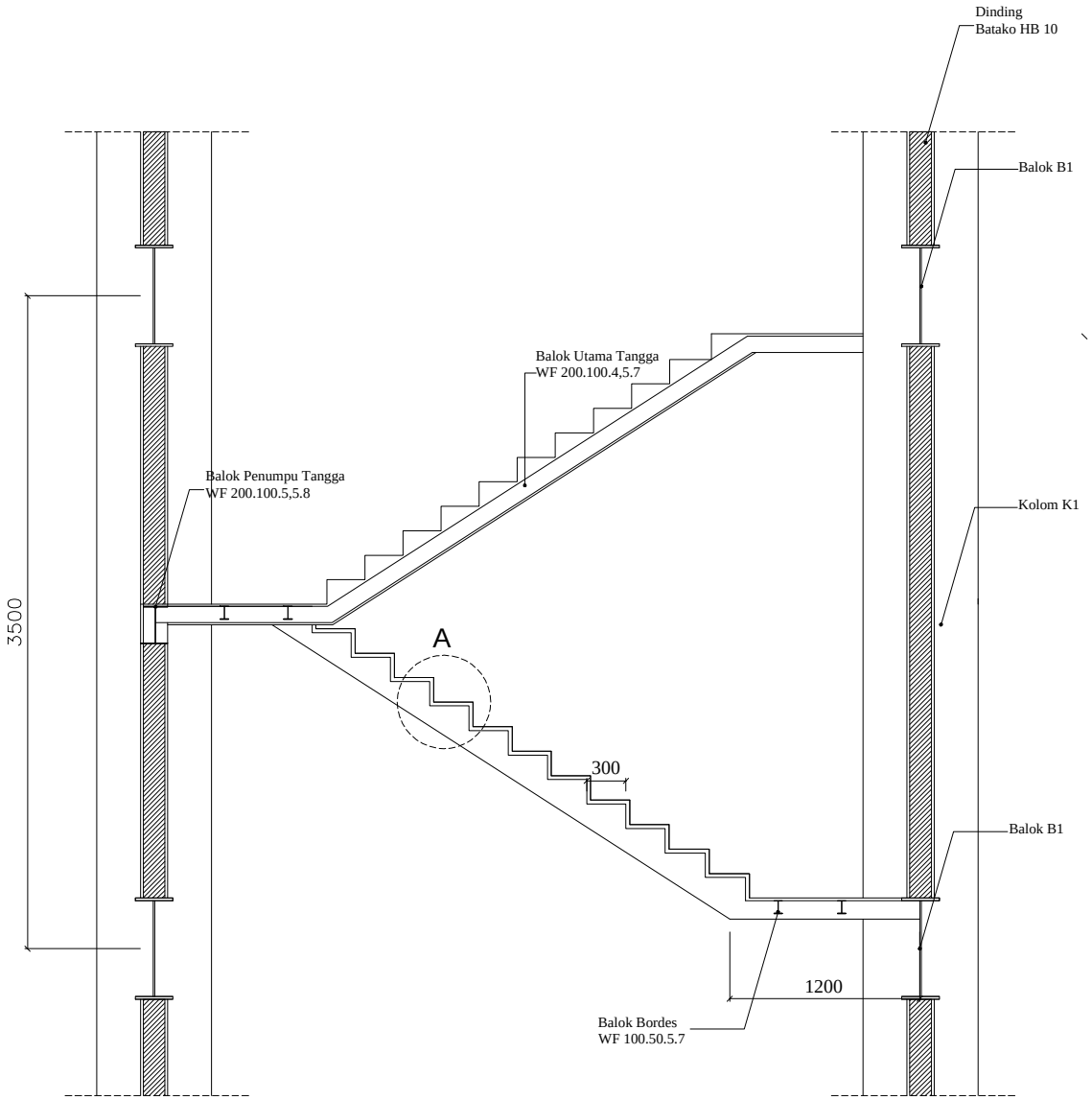
JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Pondasi	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:400	14	31	18/01/2017



DENAH TANGGA

Skala 1 : 50

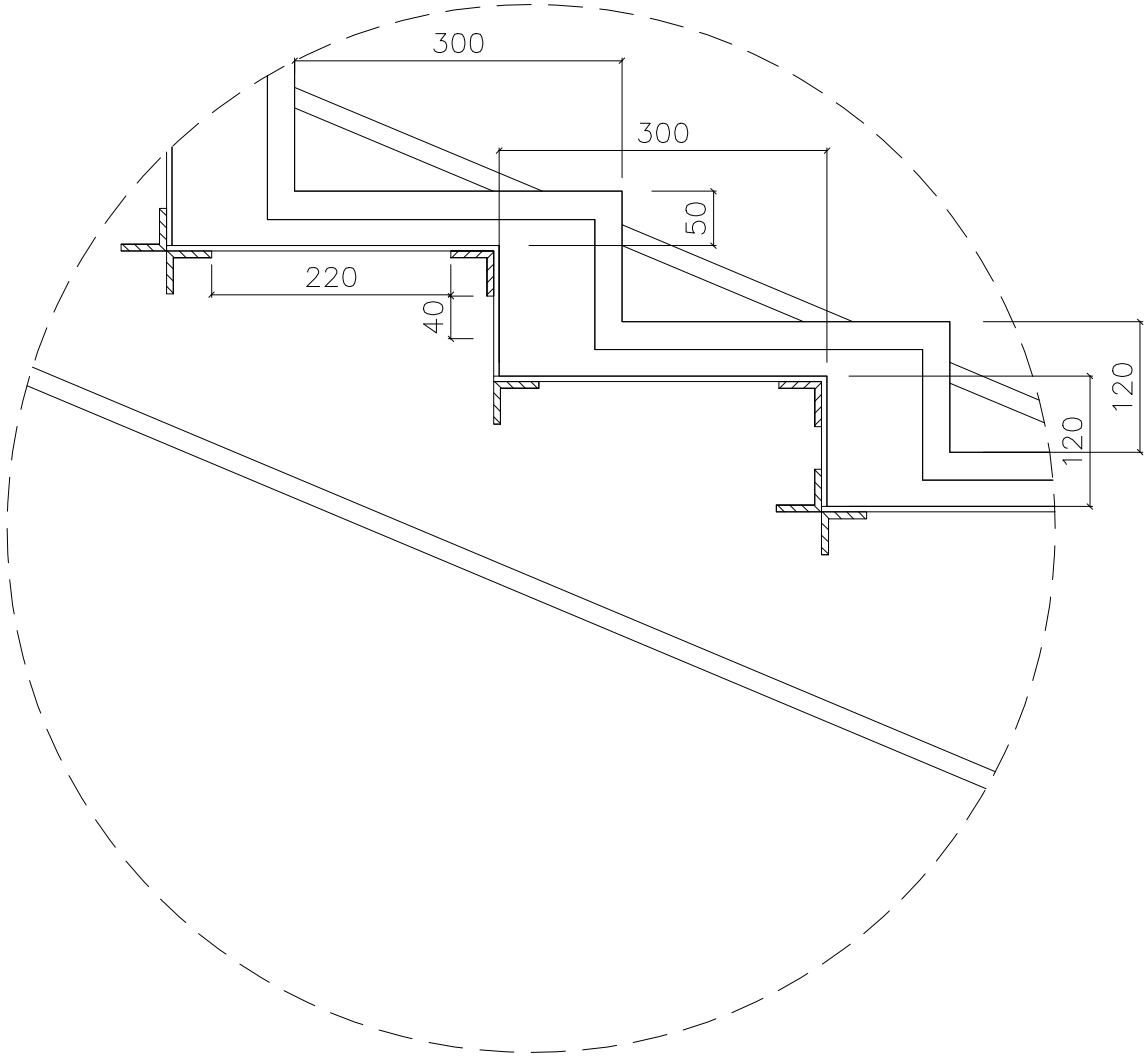


POTONGAN A-A

Skala 1 : 50

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Denah Tangga Potongan A-A	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D	

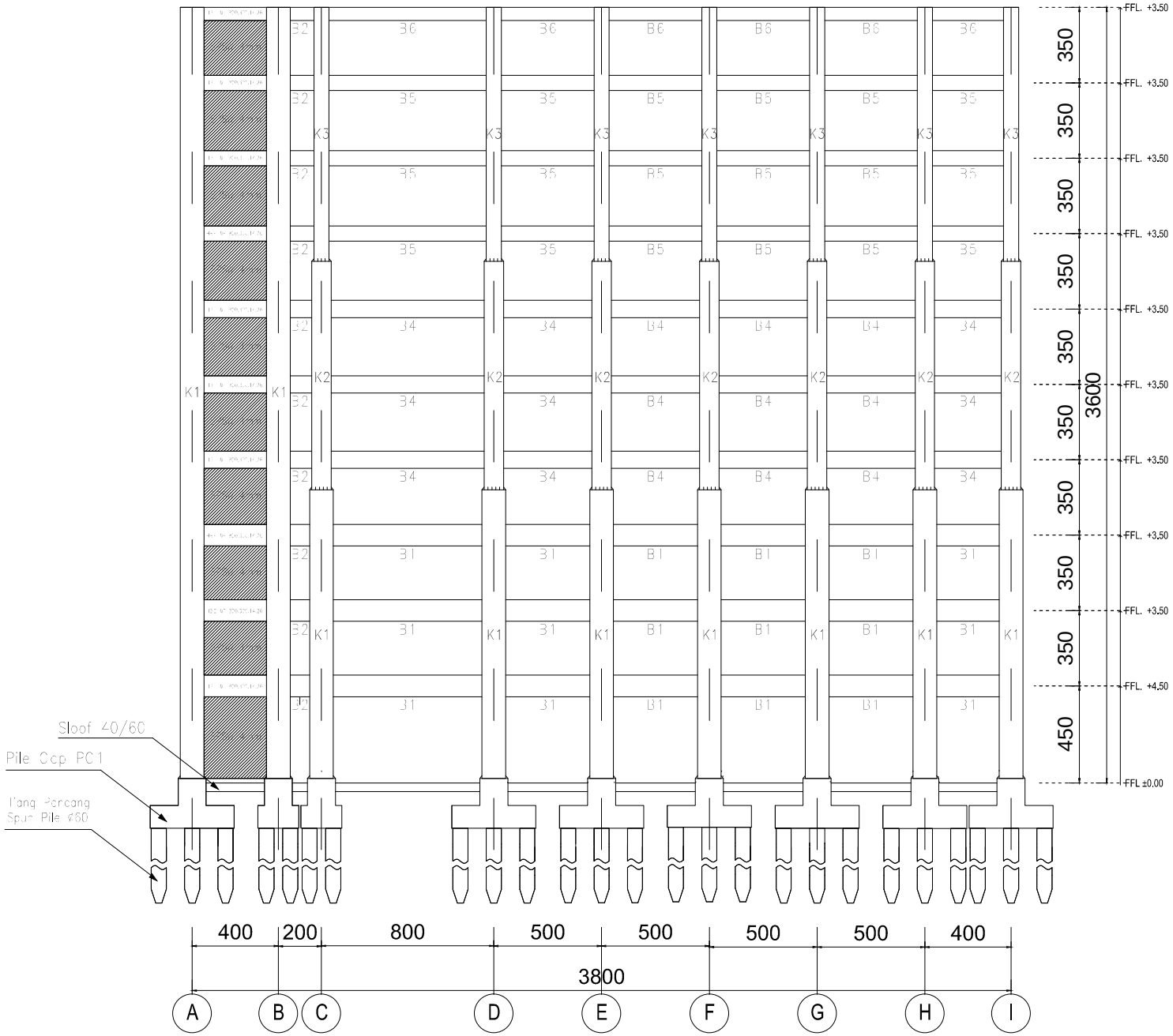
REVISI			
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:50	15	31	27/12/2016



DETAIL A

SKALA 1 : 10

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI			
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail A Tangga	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
						1:10	16	31	27/12/2016



KETERANGAN	
K1	CFT HSS 800.800.25.25
K2	CFT HSS 700.700.25.25
K3	CFT HSS 600.600.19.19
B1	WF 800.300.14.26
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13
B4	WF 700.300.13.20
B5	WF 600.300.12.20
B6	WF 500.200.10.16

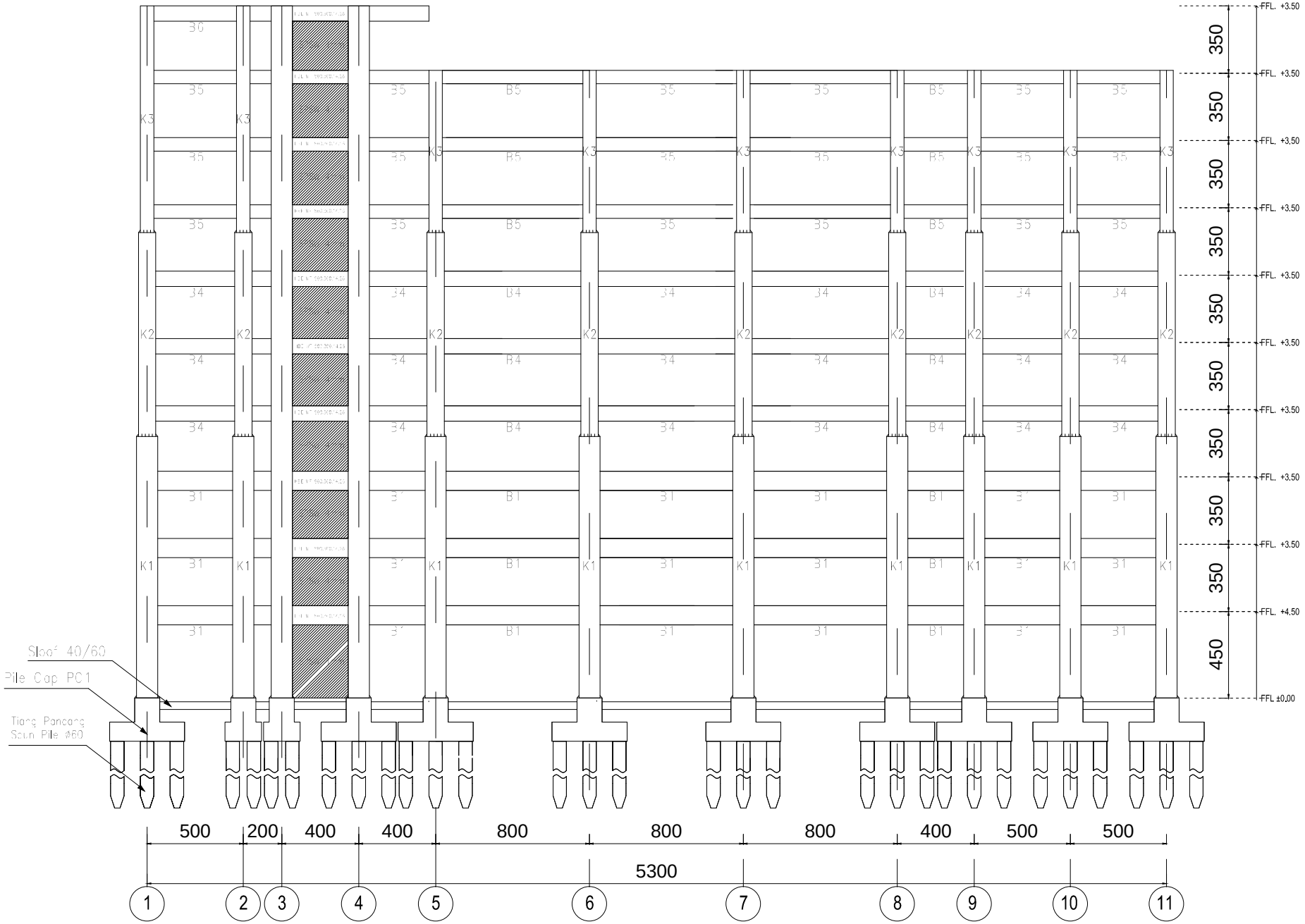
PORTAL AS-1

SKALA 1 : 250

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Portal AS-1	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:250	17	31	27/12/2016



KETERANGAN	
K1	CFT HSS 800.800.25.25
K2	CFT HSS 700.700.25.25
K3	CFT HSS 600.600.19.19
B1	WF 800.300.14.26
B2	WF 450.200.9.14
B3	WF 400.200.8.13
B4	WF 700.300.13.20
B5	WF 600.300.12.20
B6	WF 500.200.10.16

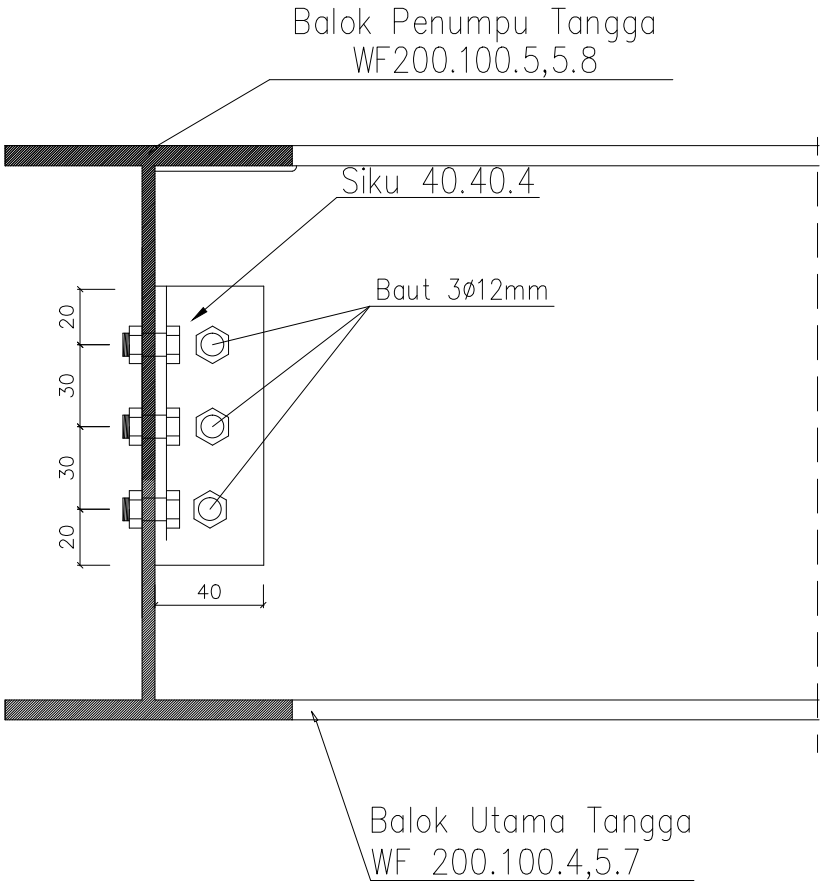
PORTAL AS-I

SKALA 1 : 250

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

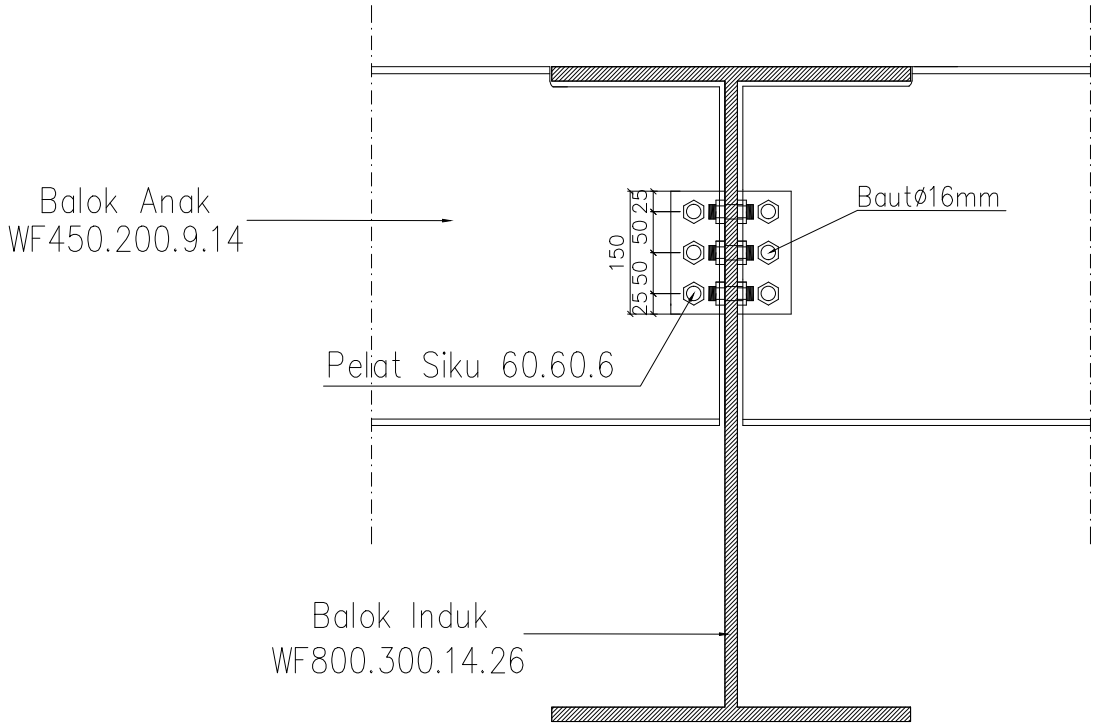
JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Portal AS-I	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:250	18	31	27/12/2016



DETAIL SAMBUNGAN BALOK UTAMA TANGGA
DENGAN BALOK PENUMPU TANGGA

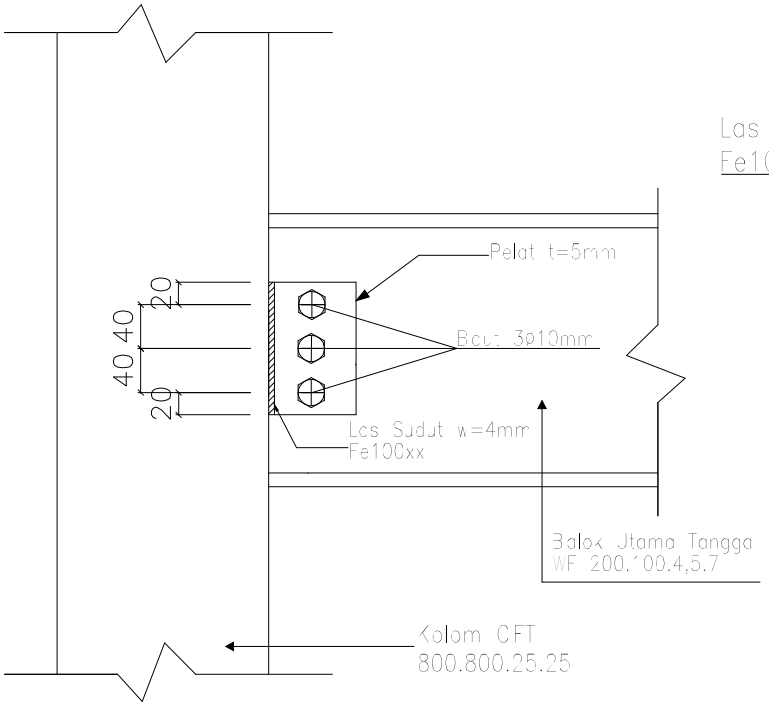
Skala 1 : 20



DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK

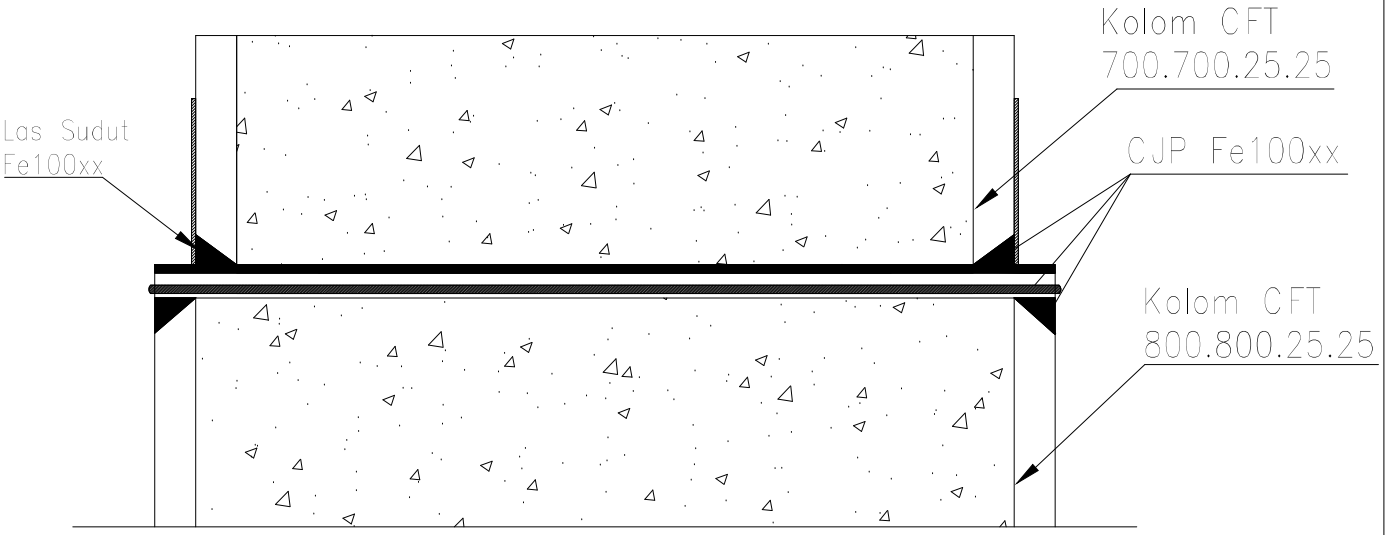
Skala 1 : 100

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	- Detail Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga - Detail Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:20 1:100 | No Gambar: 19 | Jumlah Gambar: 31 | Tanggal: 27/12/2016



DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK TANGGA DENGAN KOLOM

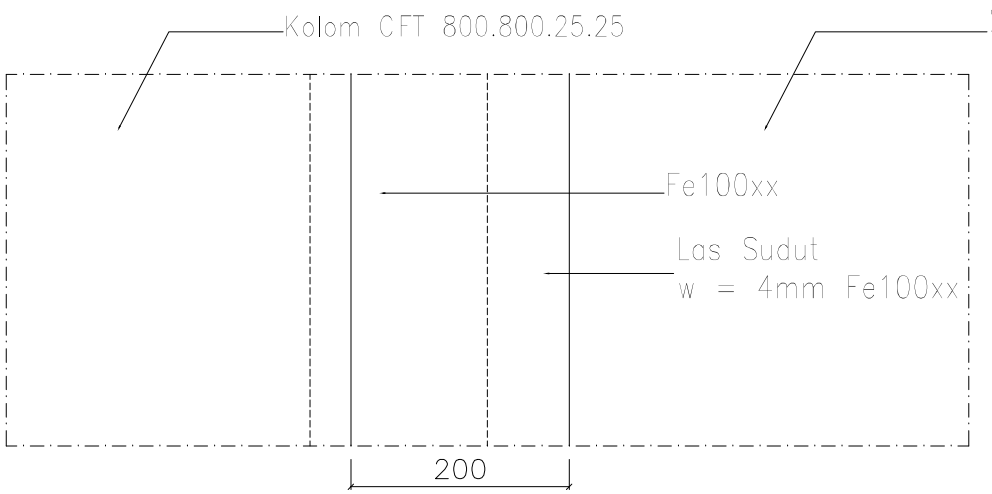
Skala 1 : 100



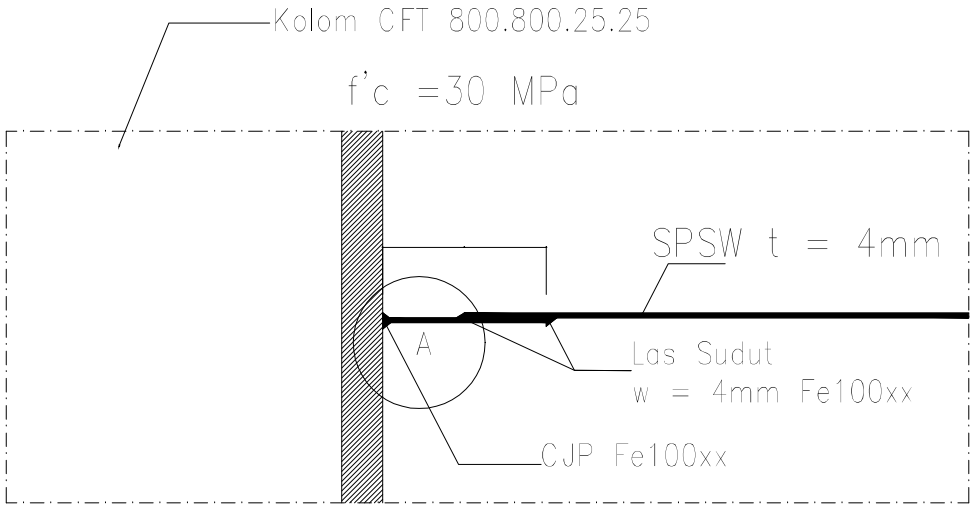
DETAIL SAMBUNGAN KOLOM DENGAN KOLOM

Skala 1 : 100

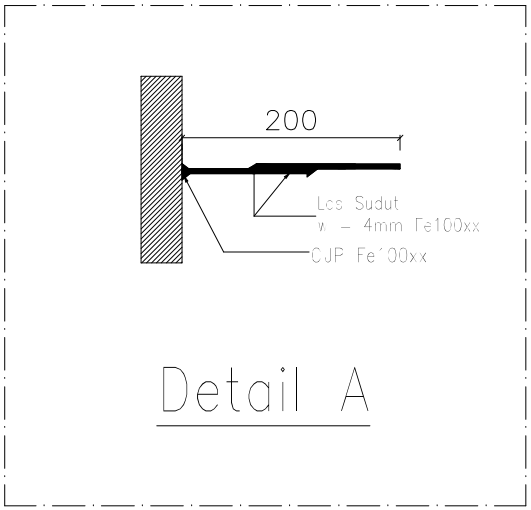
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	- Detail Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom - Detail Sambungan Kolom dengan Kolom	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:100 / No Gambar: 20 / Jumlah Gambar: 31 / Tanggal: 18/01/2017



TAMPAK SAMPING



TAMPAK ATAS

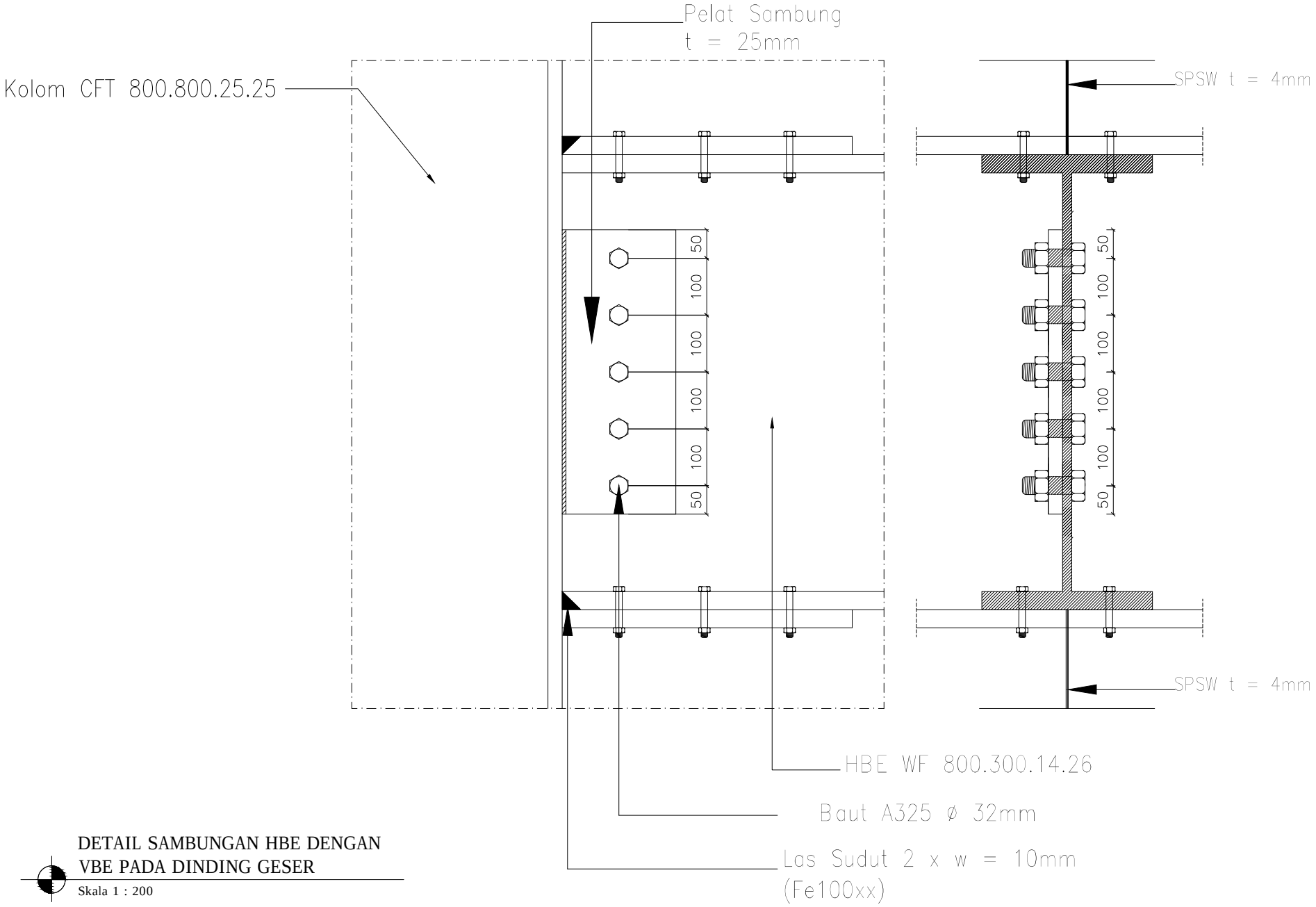


Detail A

DETAIL SAMBUNGAN DINDING GESER

Skala 1 : 100

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI			
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Sambungan Dinding Geser	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:100	No Gambar: 21	Jumlah Gambar: 31	Tanggal: 27/12/2016

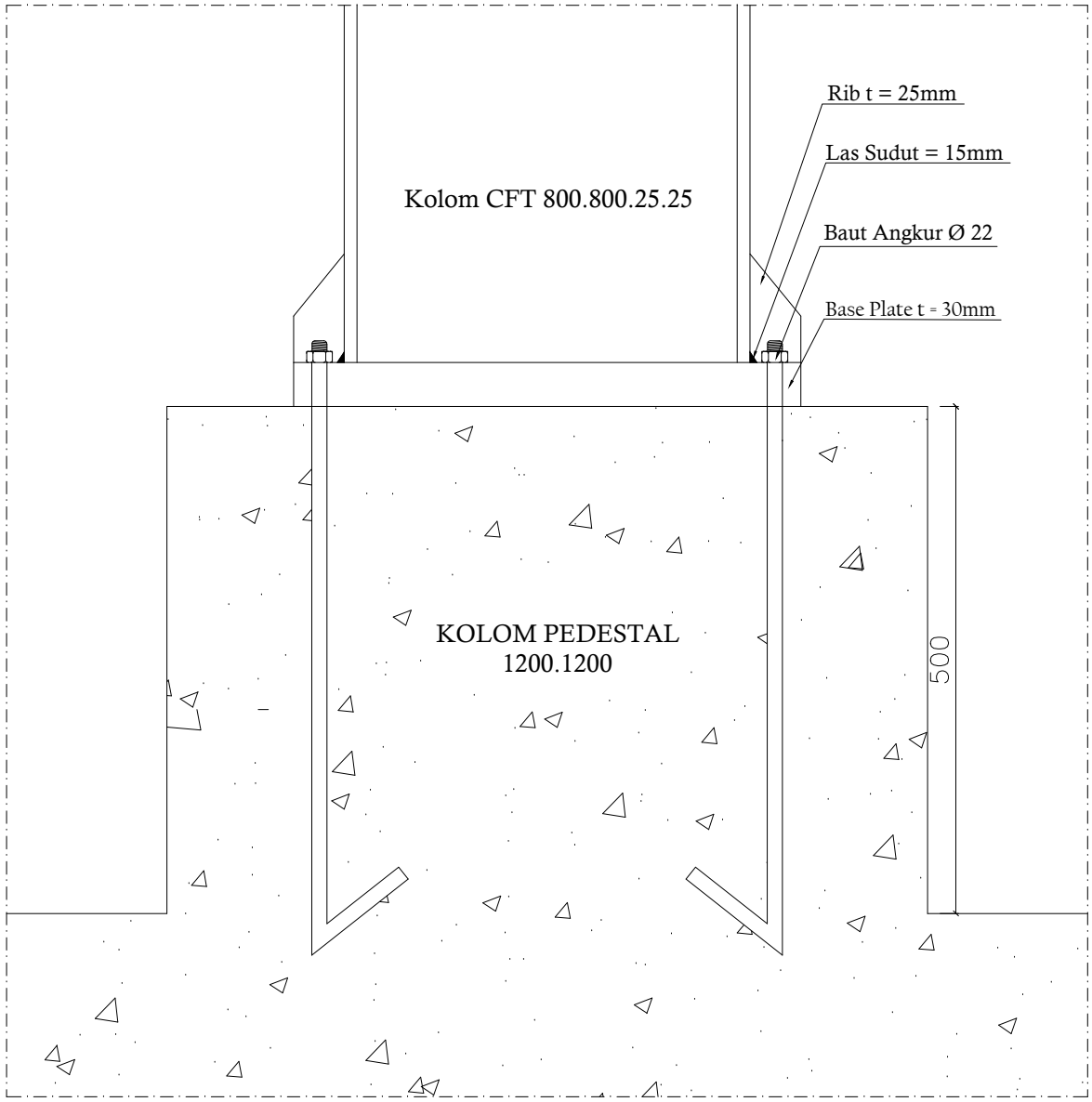


DETAIL SAMBUNGAN HBE DENGAN VBE PADA DINDING GESER

Skala 1 : 200

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Sambungan HBE dengan VBE pada Dinding Geser	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D	

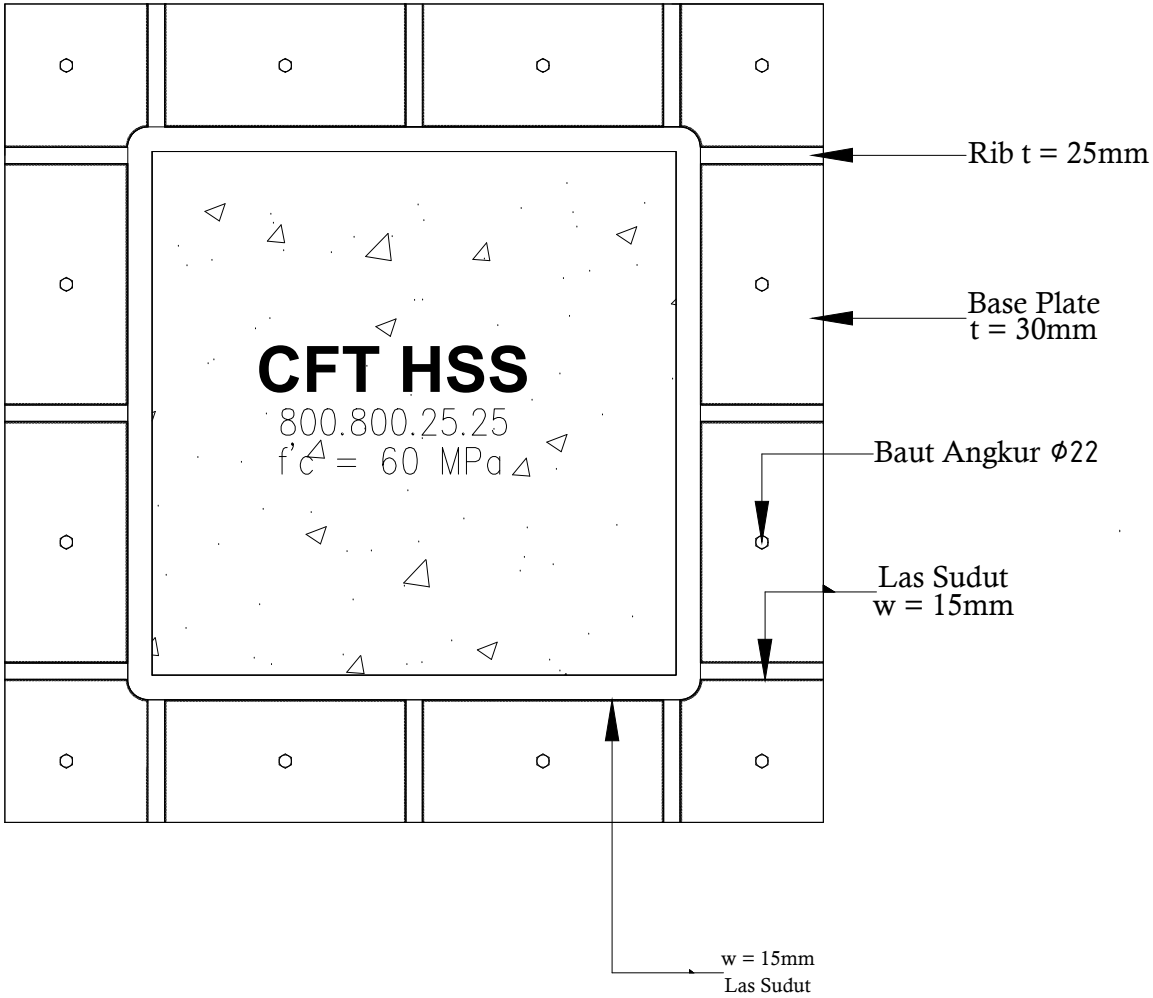
REVISI			
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:200	22	31	27/12/2016



SAMBUNGAN KOLOM DENGAN PEDESTAL

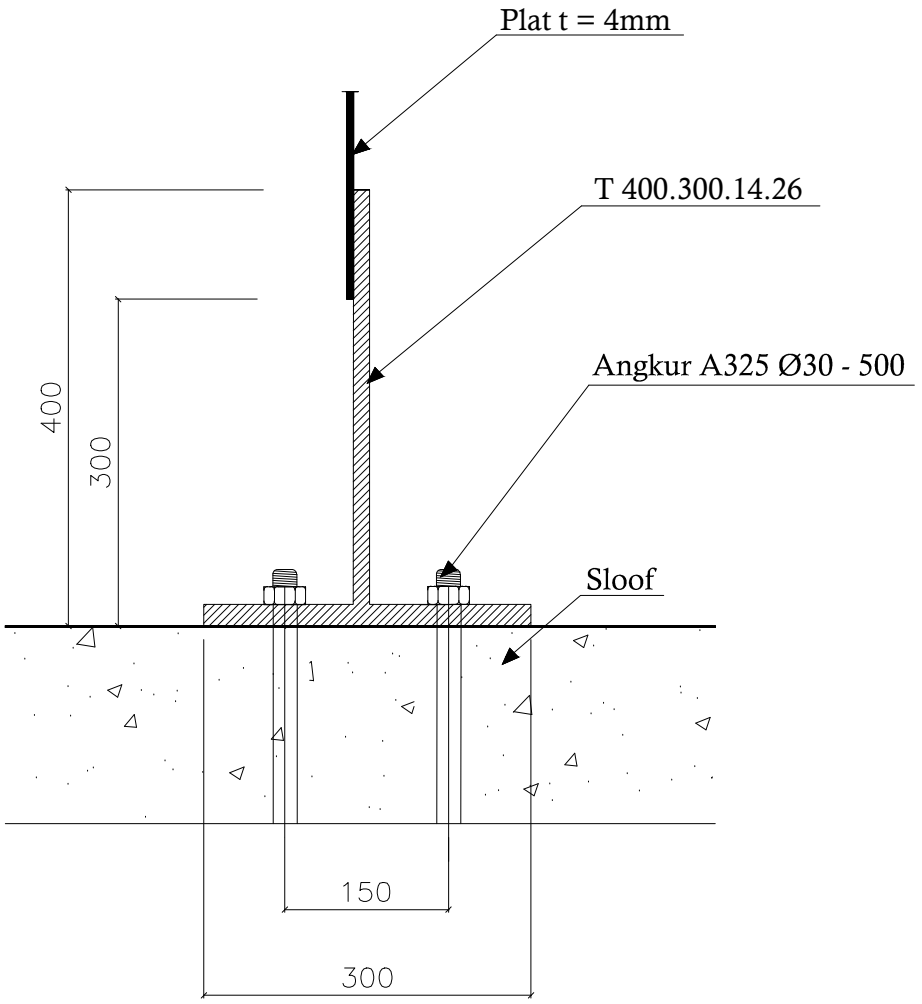
Skala 1 : 10

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI			
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Sambungan Kolom dengan Pedestal	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
						1:20	23	31	27/12/2016



TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN PEDESTAL

Skala 1 : 20

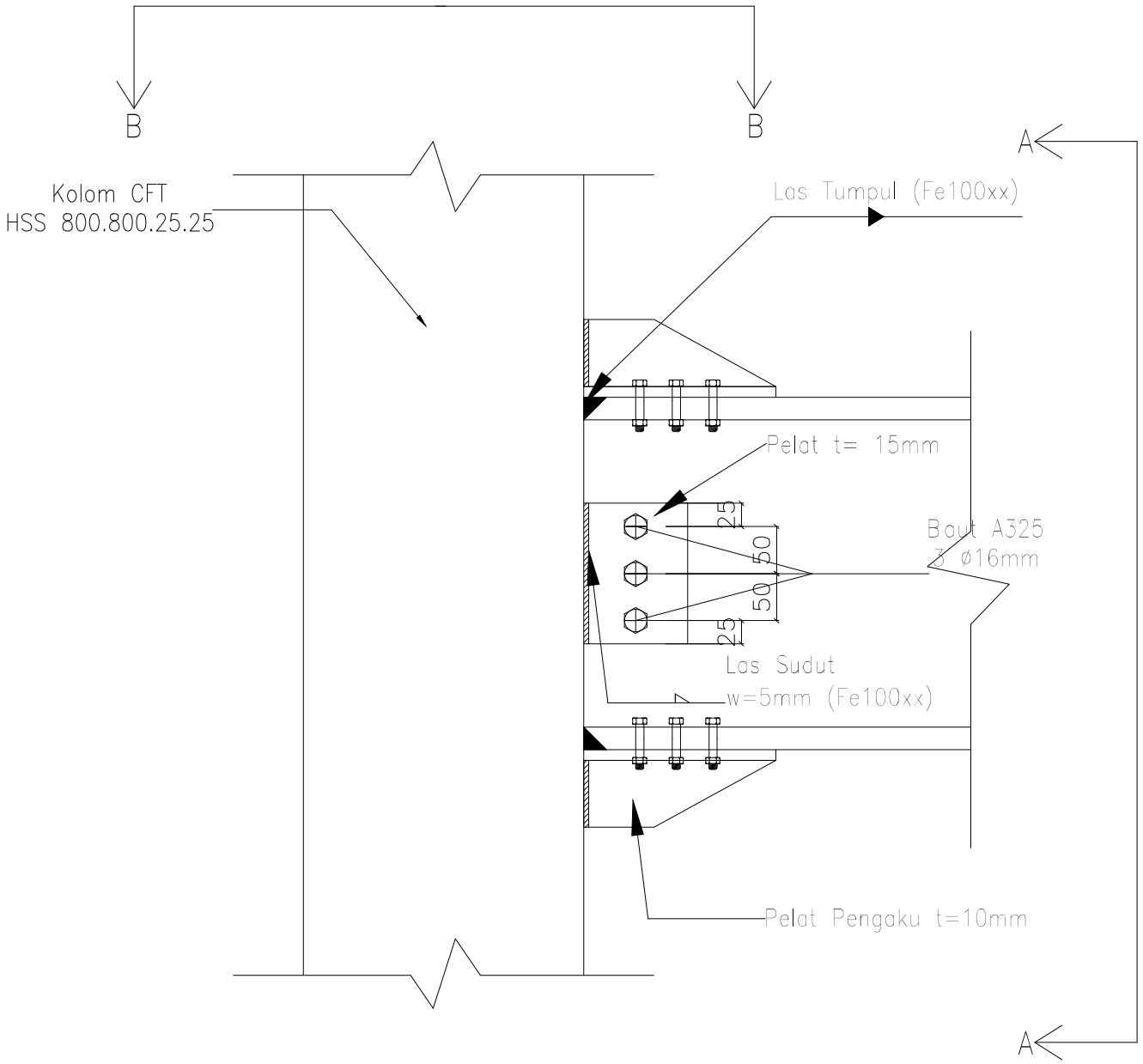


SAMBUNGAN SPSW DENGAN SLOOF

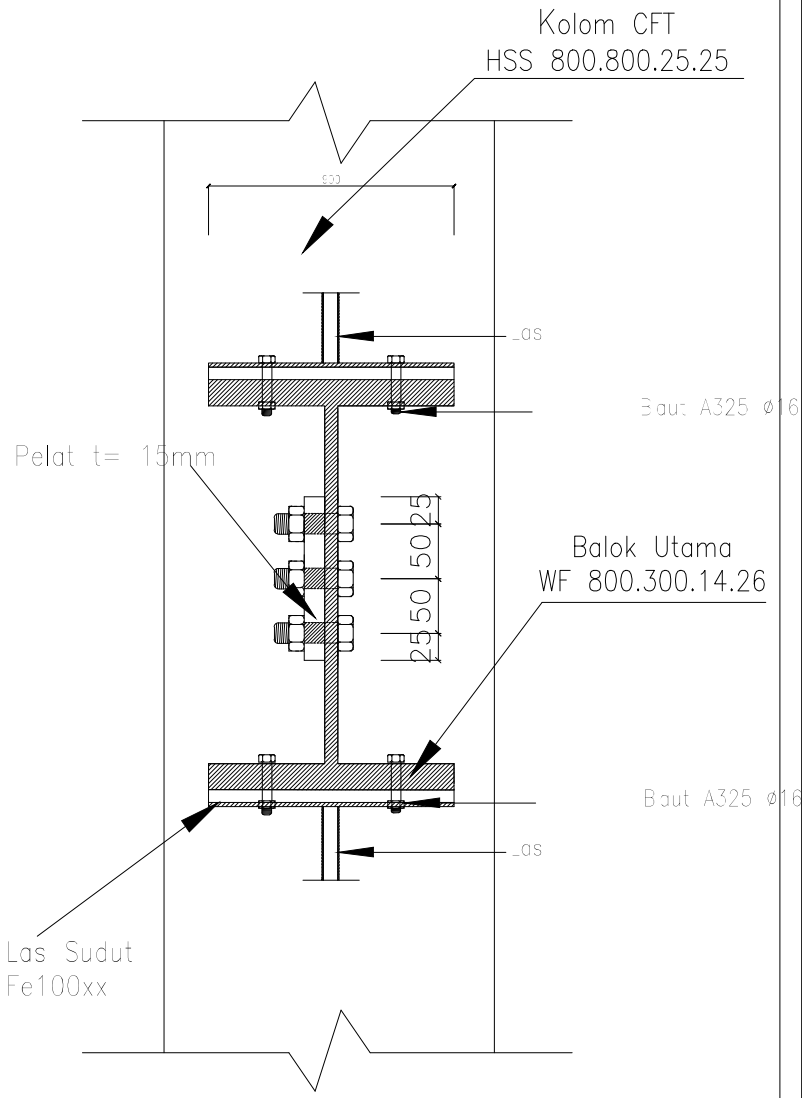
Skala 1 : 20

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	- Tampak Atas Sambungan Kolom dengan Pedestal - Sambungan SPSW dengan Sloof	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D	

REVISI			
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:20	24	31	27/12/2016

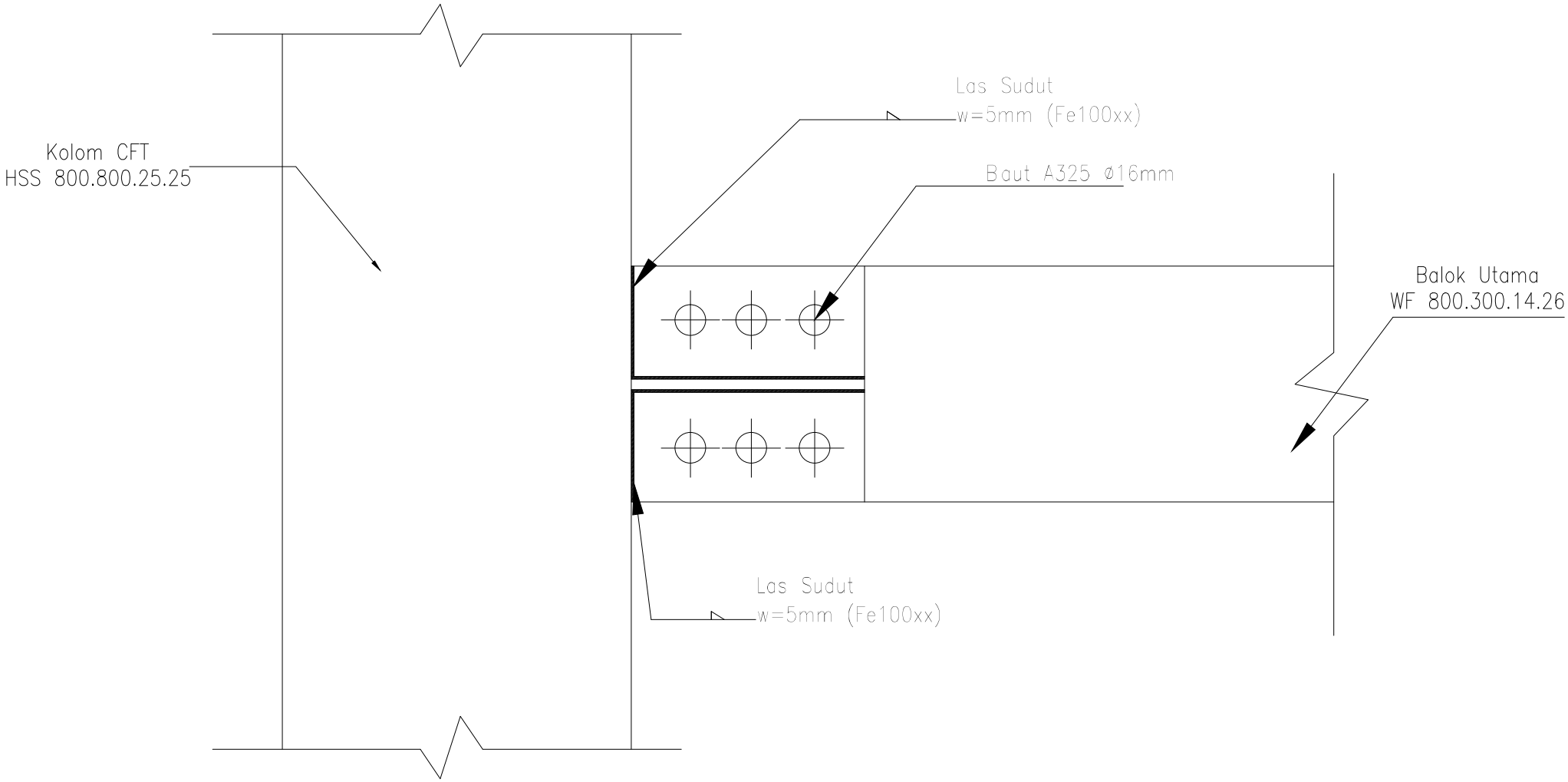


TAMPAK SAMPING
SAMBUNGAN



POTONGAN A-A

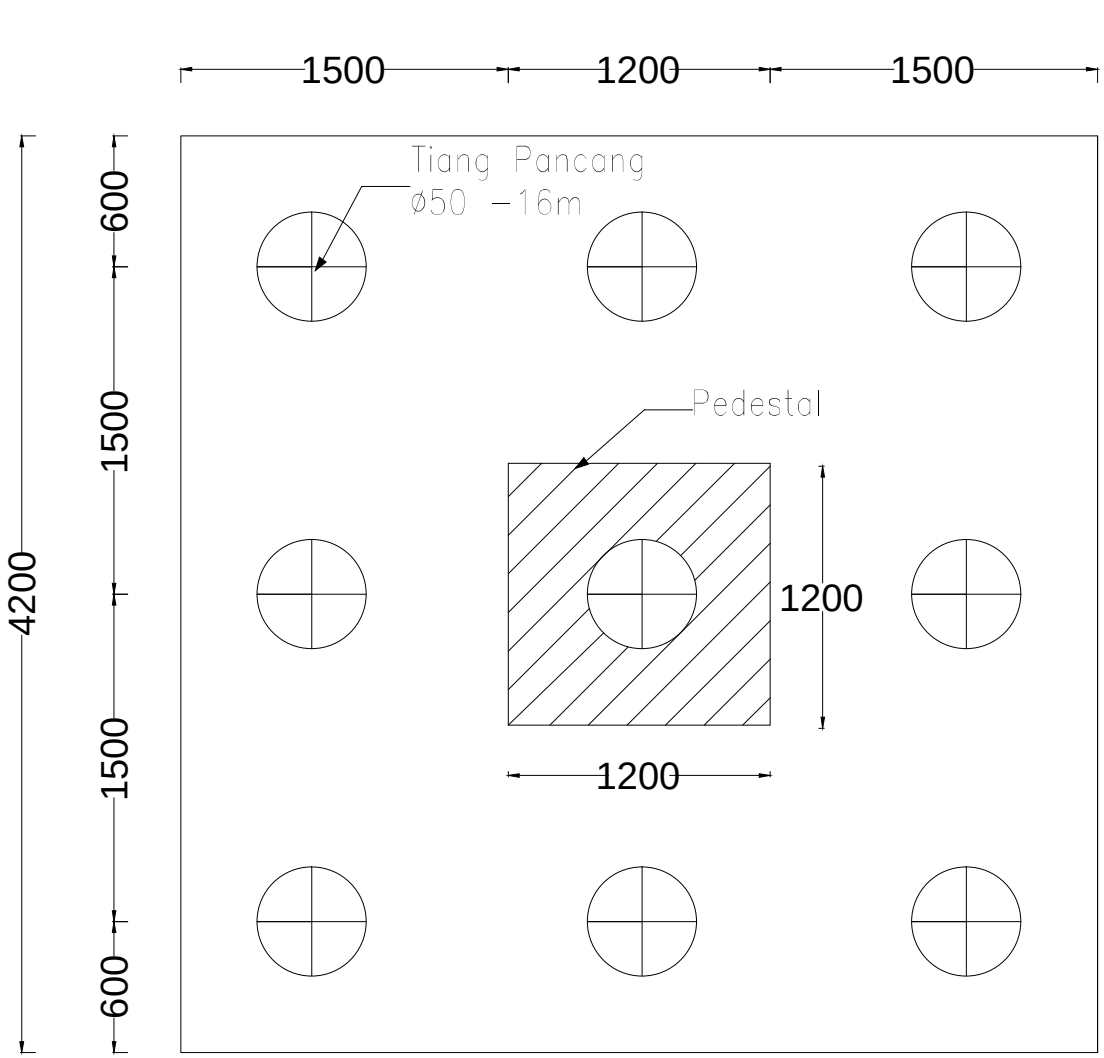
	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Sambungan Balok Induk dengan Kolom	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:20 | No Gambar: 25 | Jumlah Gambar: 31 | Tanggal: 19/01/2017



POTONGAN B-B

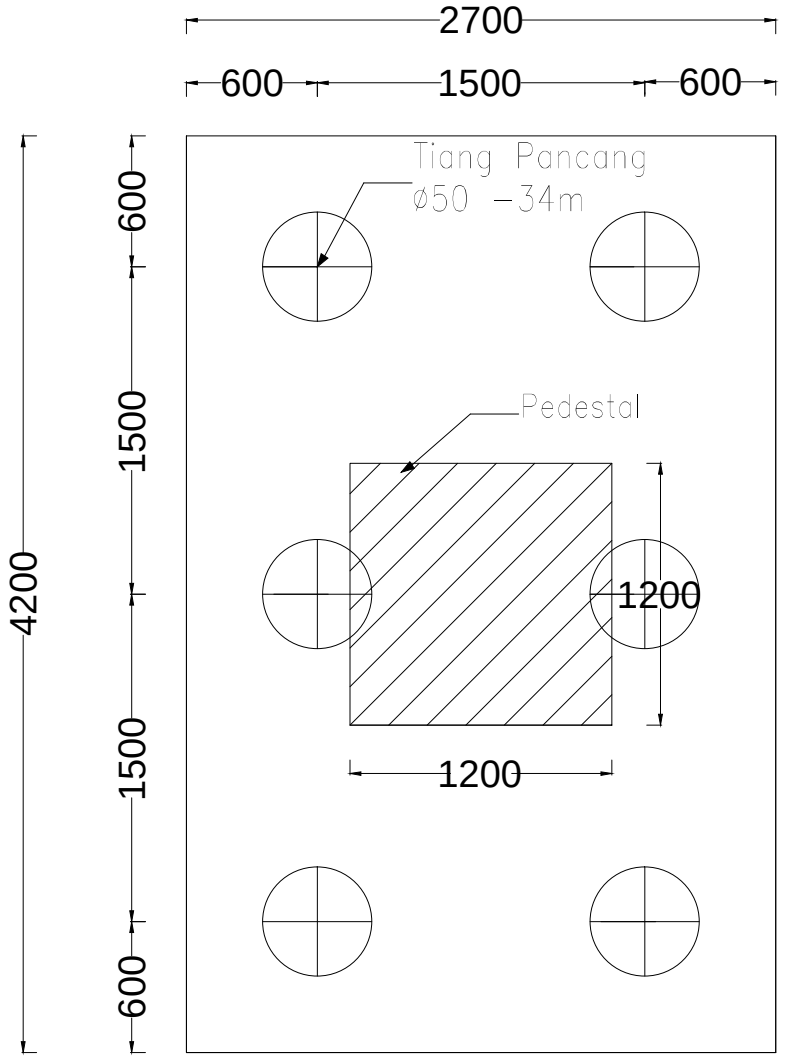
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Sambungan Balok Induk dengan Kolom	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:20	26	31	19/01/2017



DETAIL PONDASI PC1

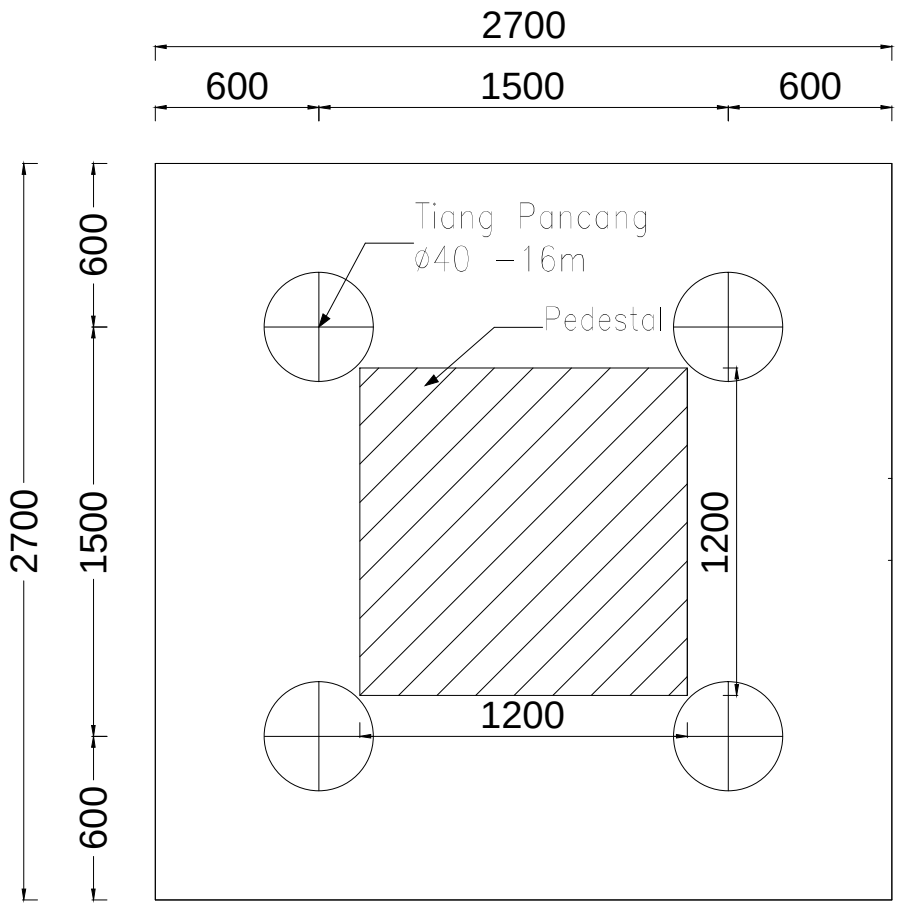
SKALA 1 : 50



DETAIL PONDASI PC2

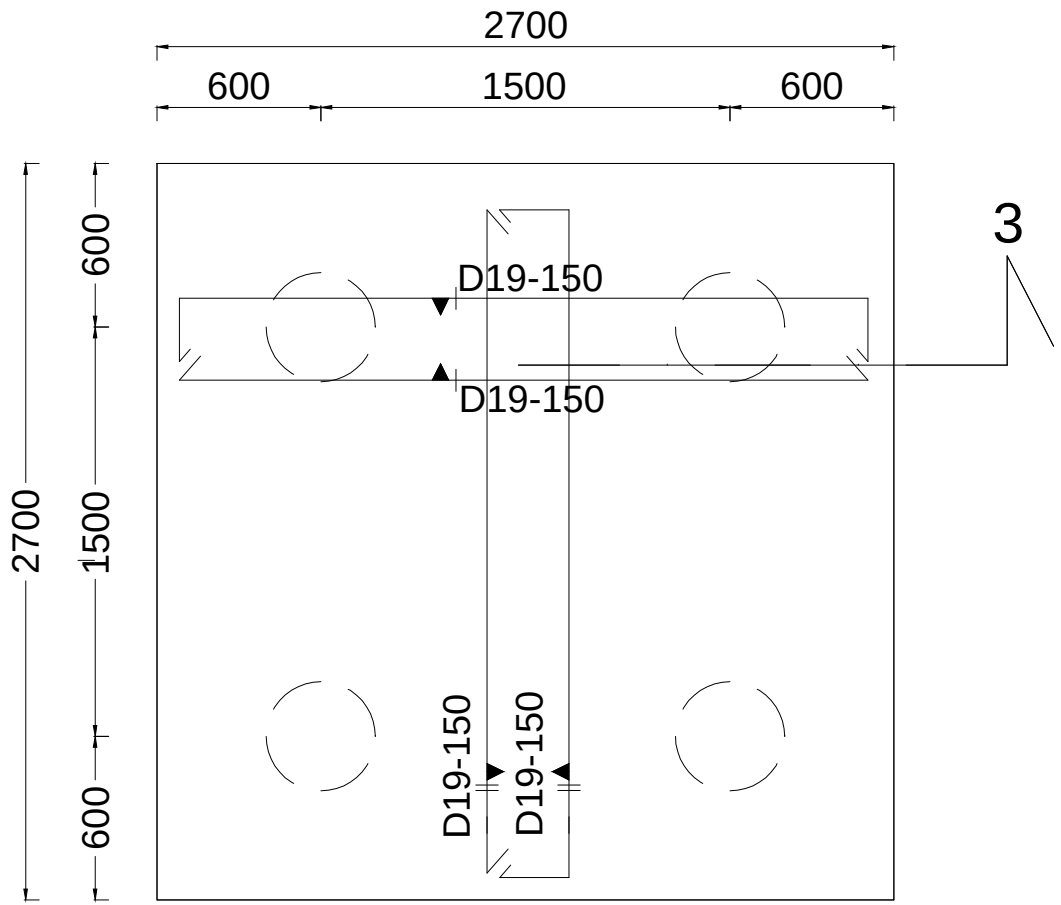
SKALA 1 : 50

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Pondasi PC1 Detail Pondasi PC2	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:50 · No Gambar: 27 · Jumlah Gambar: 31 · Tanggal: 18/01/2017



DETAIL PONDASI PC3

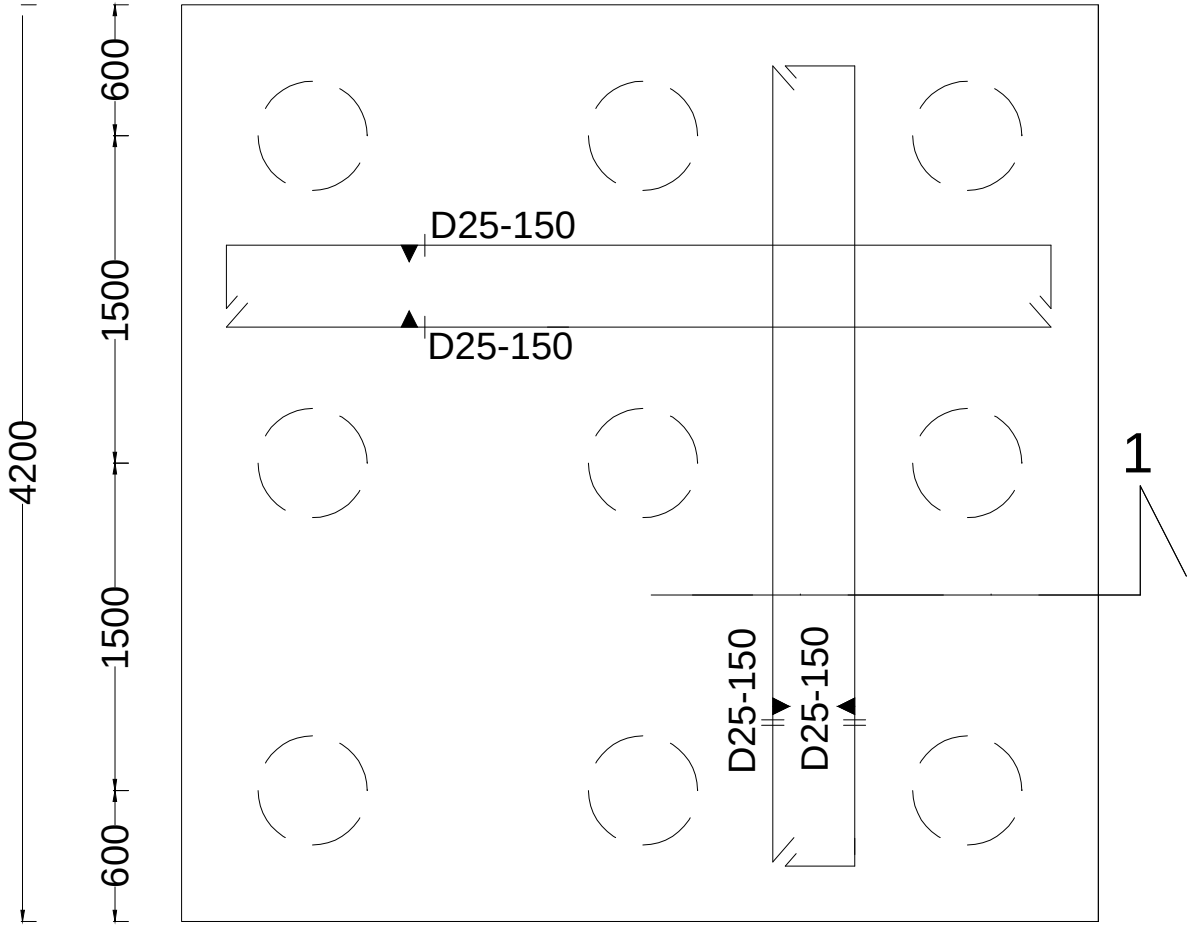
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN PC3

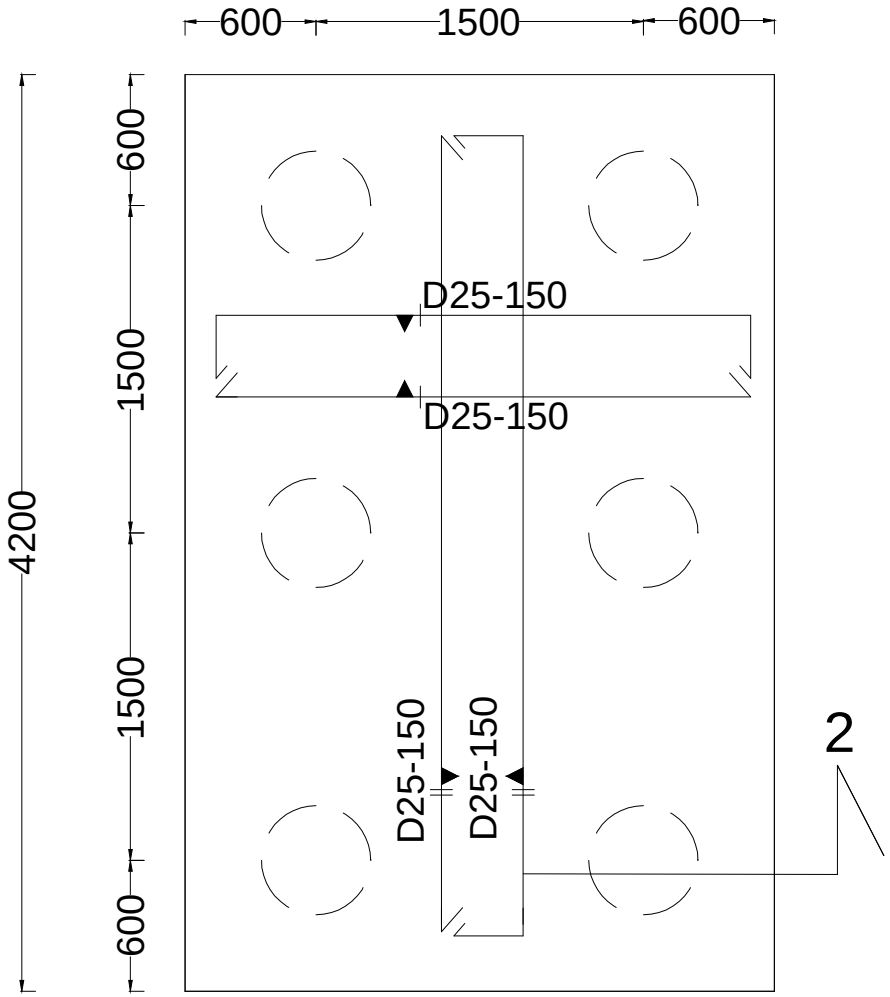
SKALA 1 : 50

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI			
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Pondasi PC3 Detail Penulangan PC3	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
						1:50	28	31	18/01/2017



DETAIL PENULANGAN PC1

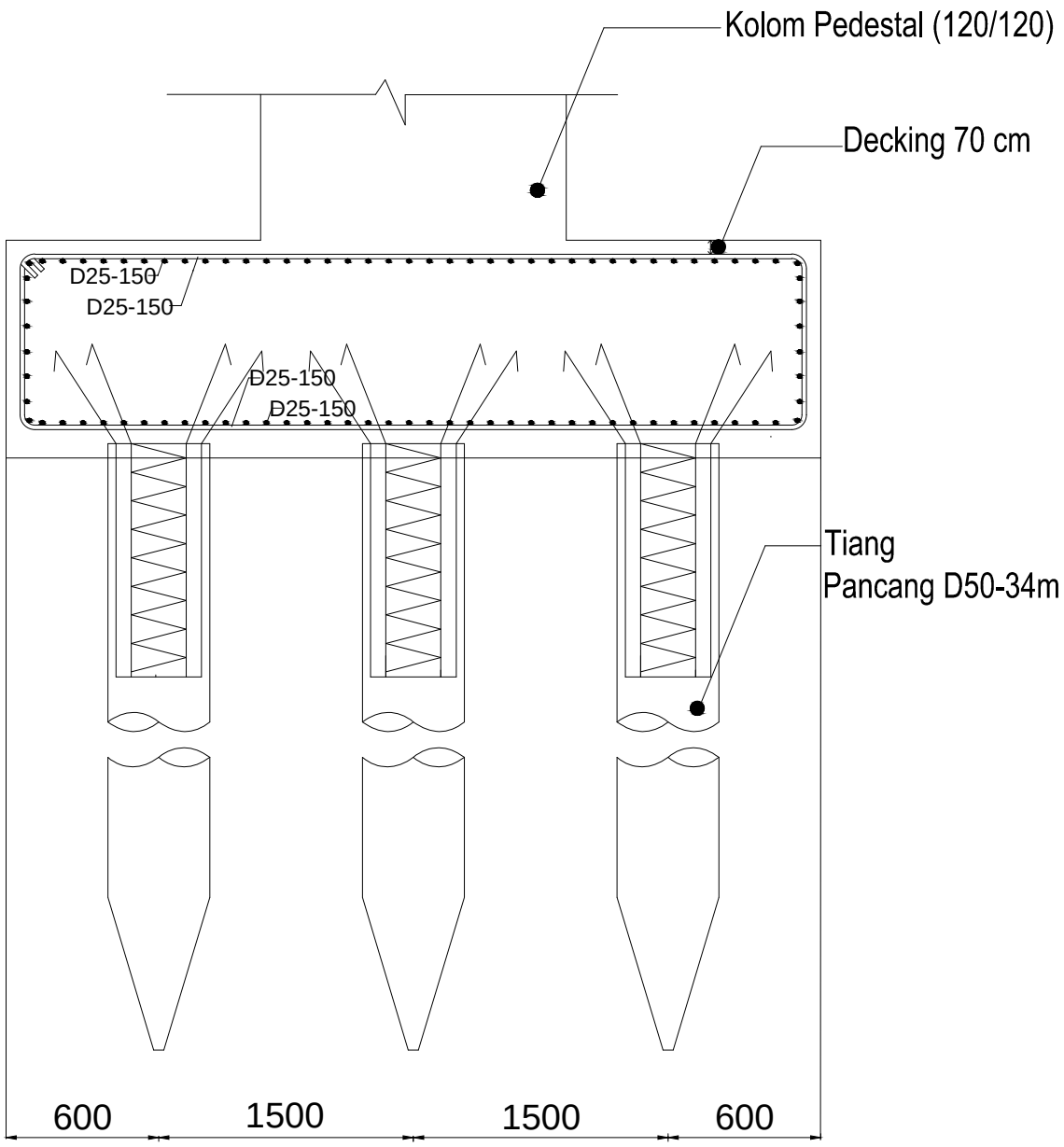
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN PC2

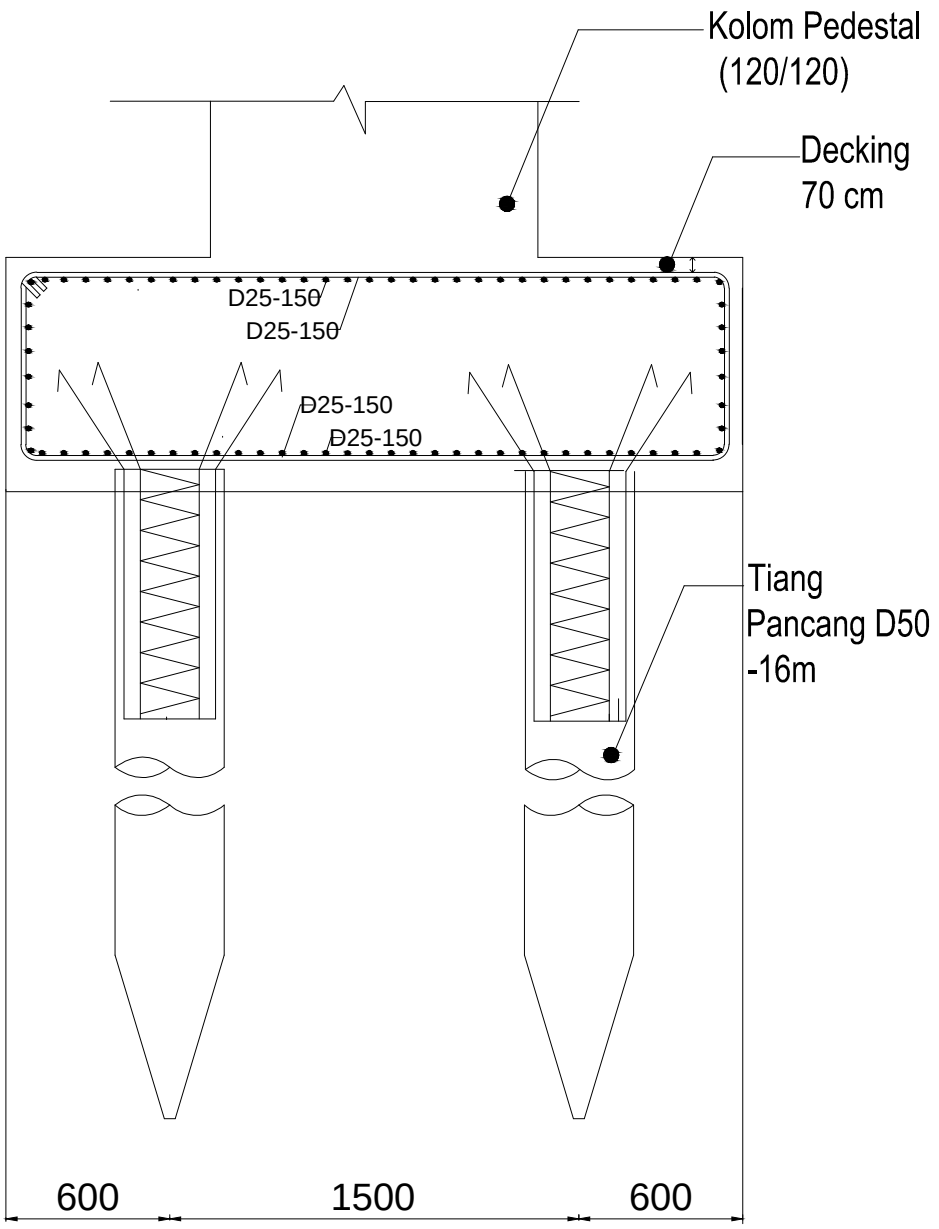
SKALA 1 : 50

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Penulangan PC1 dan PC2	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala: 1:50 · No Gambar: 29 · Jumlah Gambar: 31 · Tanggal: 18/01/2017



POTONGAN 1

SKALA 1 : 50

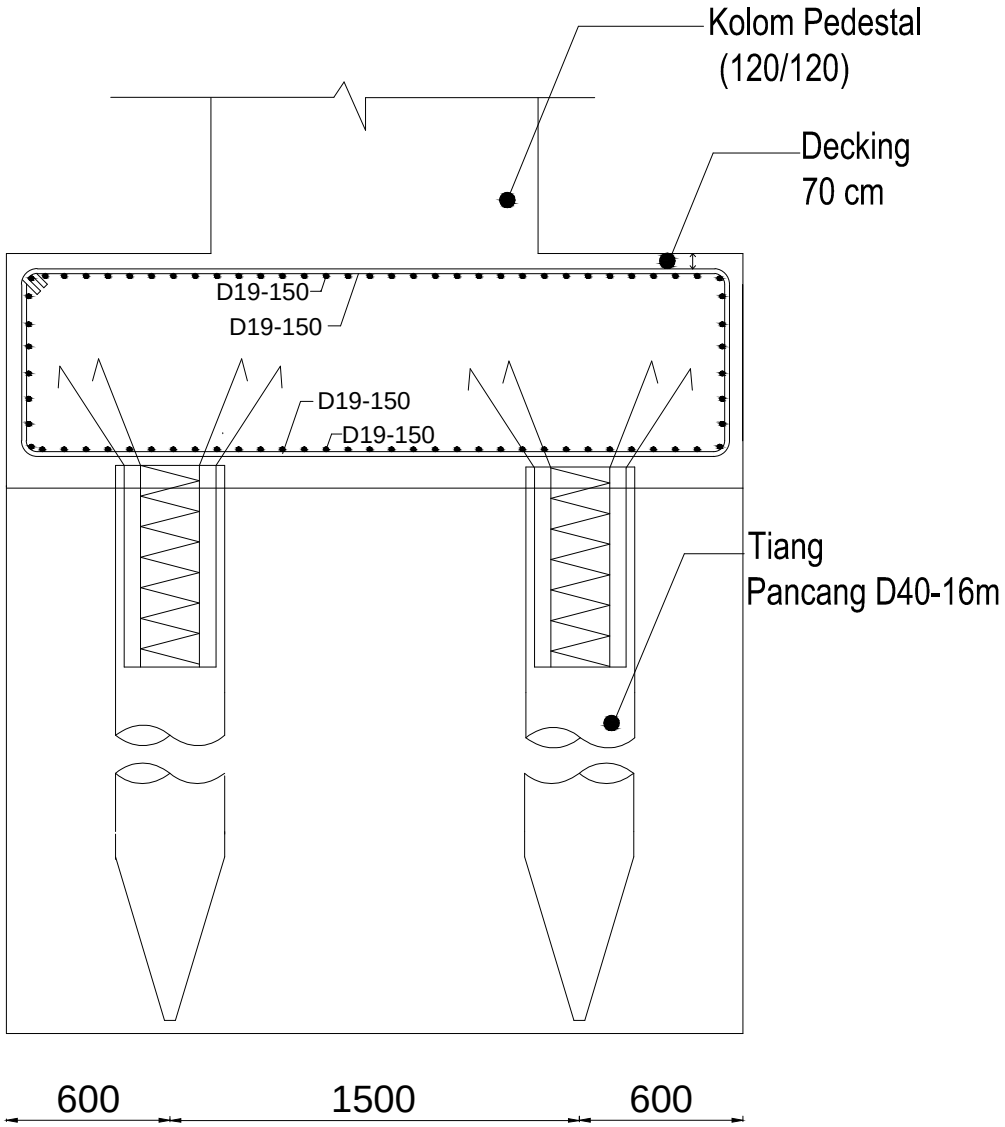


POTONGAN 2

SKALA 1 : 50

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Potongan 1 dan 2	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
1:50	30	31	18/01/2017



POTONGAN 3

SKALA 1 : 50

	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	DIGAMBAR	DIPERIKSA	KETERANGAN	REVISI			
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*	Detail Potongan 3	Nama Mahasiswa & NRP Oktavia Ully Artha Silalahi 3114106060	Dosen Pembimbing Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D		Skala	No Gambar	Jumlah Gambar	Tanggal
						1:50	31	31	18/01/2017

LAMPIRAN

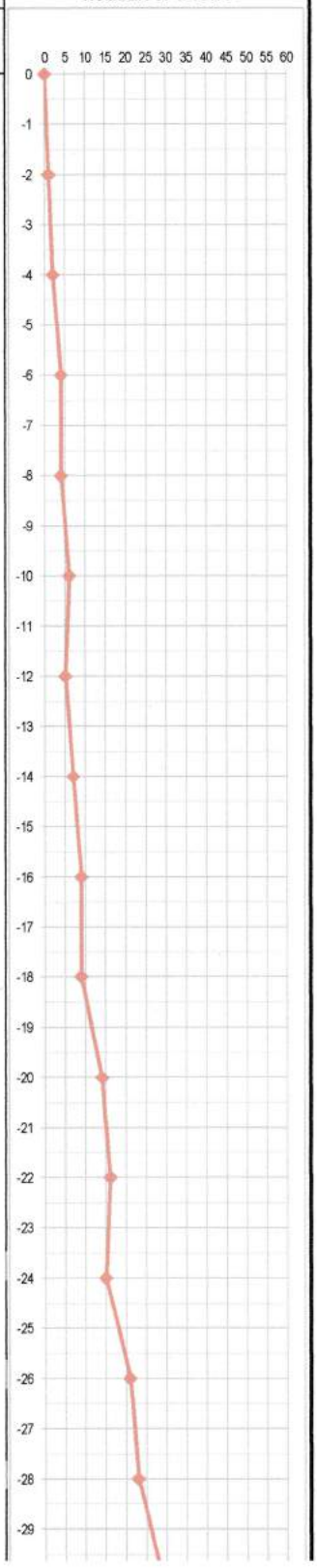
BOR LOG EXPLORATION

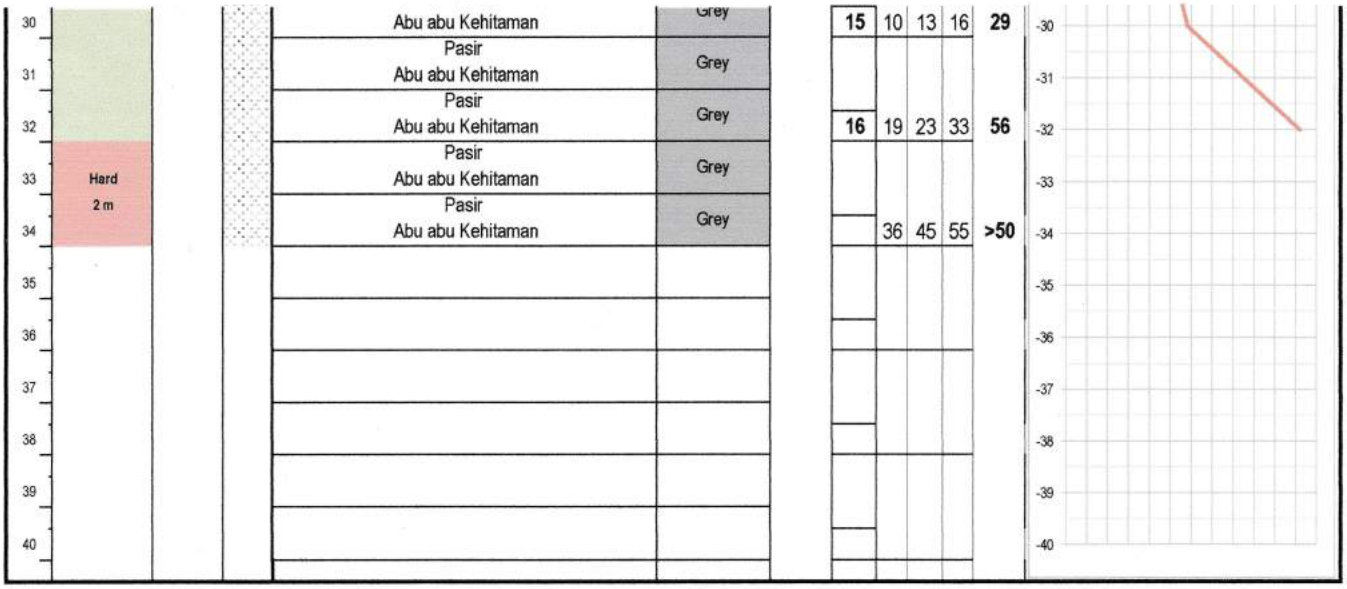
PENGUJIAN TANAH STANDARD PENETRATION TEST (S P T)

BORE HOLE No: **BH-01 (B-01)**

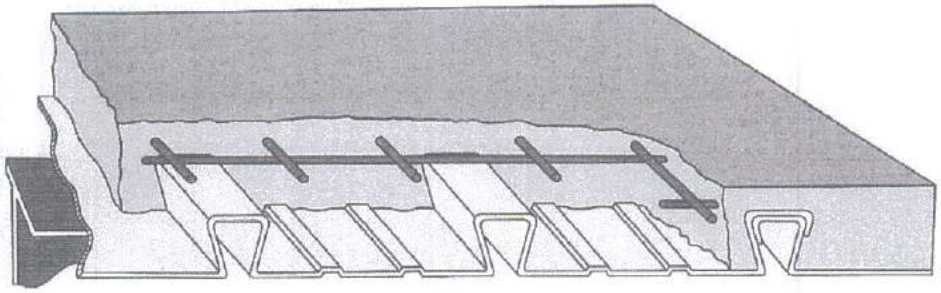
JOB DESCRIPTIONS	Studi dan Kajian Teknis Pengamanan Kons. Turap		
LOCATION	Jalan Ahmad Yani, Berau	DATE COMMENCED	22/09/2014
COORDINATES	-	DATE COMPLETED	
GROUND WATER LEVEL	-	SOIL & MAT ENGINEER	Ir. Hendro Wardono, MT
BORING METHODE	Power Rig (Robin Machine)	BOR MASTER/DRILLER	Parimin and Team
TOTAL DEPTH (- m)	30 m	SHEET No	1 of 1

DEPTH (-m)	Thickness (m)	G.W.L. (m)	SYMBOL	VISUAL DESCRIPTION	COLOR	UNDISTURBED SAMPLES	SPT No.	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586) N VALUE N1 15 Cm	N2 15 Cm	N3 15 Cm	N	NUMBER OF BLOWS
1				Tanah Lempung Kuning Kecoklatan	Yellow Ish Brown							
2	Very Soft 4 m			Tanah Lempung Kuning Kecoklatan	Yellow Ish Brown		1	1	0	1	1	
3				Tanah Lempung Kuning Kecoklatan	Yellow Ish Brown			15	15	15		
4				Tanah Lempung Kuning Kecoklatan	Yellow Ish Brown		2	1	1	1	2	
5				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey	UDS 1 5.0 m		15	15	15		
6				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey		3	1	2	2	4	
7	Soft 6 m			Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15		
8				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey		4	1	2	2	4	
9				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15		
10				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey	UDS 2 10.0 m	5	2	3	3	6	
11				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15		
12				Pasir Abu - Abu	Grey		6	1	2	3	5	
13				Pasir Abu - Abu	Grey			15	15	15		
14	Medium 10 m			Pasir Abu - Abu	Grey		7	2	3	4	7	
15				Pasir Abu - Abu	Grey			15	15	15		
16				Pasir Abu - Abu	Grey		8	2	4	5	9	
17				Pasir Abu - Abu	Grey			15	15	15		
18				Pasir Abu - Abu	Grey		9	3	5	4	9	
19				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey			15	15	15		
20				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey		10	5	6	8	14	
21				Pasir Abu - abu Kehitaman	Grey			15	15	15		
22				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey		11	6	7	9	16	
23				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey			15	15	15		
24				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey		12	7	7	8	15	
25	Stiff 12 m			Pasir Abu abu Kehitaman	Grey			15	15	15		
26				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey		13	7	9	12	21	
27				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey			15	15	15		
28				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey		14	8	10	13	23	
29				Pasir Abu abu Kehitaman	Grey			15	15	15		
				Pasir								

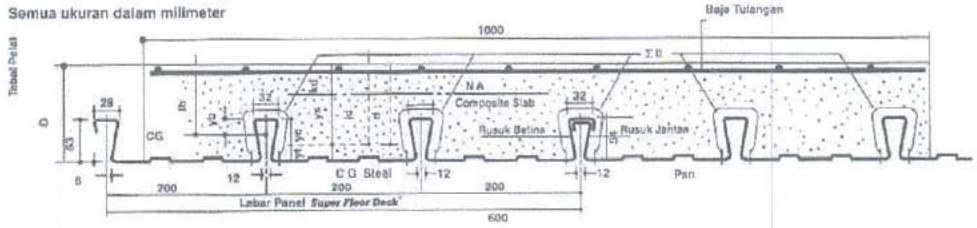



30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
Hard
2 m
Abu abu Kehitaman
Grey
Pasir
Abu abu Kehitaman
Grey
Pasir
Abu abu Kehitaman
Grey
Pasir
Abu abu Kehitaman
Grey
Pasir
Abu abu Kehitaman
Grey
15 10 13 16 29
16 19 23 33 56
36 45 55 >50
-30
-31
-32
-33
-34
-35
-36
-37
-38
-39
-40

Super Floor Deck®



PERENCANAAN:
Plat Lantai Komposit



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan ***Super Floor Deck***® untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukan 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 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	Zpo	Zpt	In	Znc	Znt		10 mm perletakan / 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm / Increm. Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan / 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm / Increm. Per 10 mm KN	Max KN
mm	kg / m²	mm²	mm	mm	10⁶ x mm⁴	10³ x mm³	10³ x mm³	10⁶ x mm⁴	10³ x mm³	10³ x mm³	10⁶ x mm⁴						
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	0.89	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan / Notes :
Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif
In = idem untuk daerah momen negatif
Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)
Zno = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)
Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)
Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)
Ie = momen inersia ekivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus
= Ip (1.26 - 0.26 Ip/In)

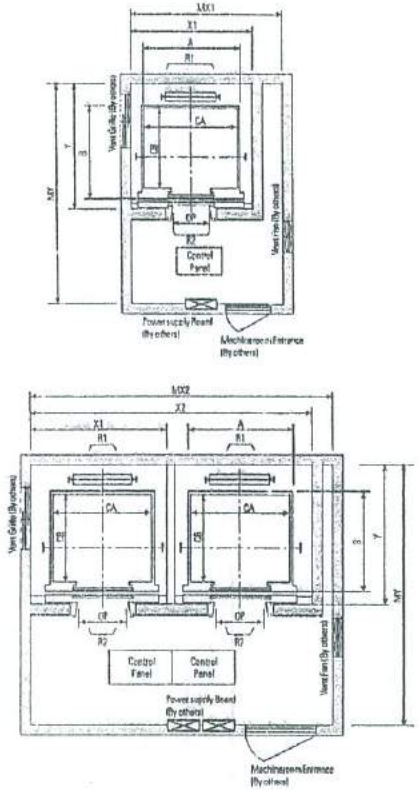
TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM		BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF / SAMPLE SPAN CONDITION 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													
BEBAN BERGUNA / SUPER IMPOSED LOAD KG/M2		250	300	400	500	600	750	1000	250		300		400		500		600		750		1000		200		300		400		500		600		700		1000	
TIANG PENYANGGA / PROPPING	BENTANG / SPAN M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT / SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF / NEG. REINF. CM²/M
TANPA PENYANGGA / NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.68	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.46	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
	2.00	9	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	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
	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	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	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	4.29	14	3.89	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.16	12	3.39	15	3.33
SATU BARIS PENYANGGA / ONE ROW PROPS	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75		
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
	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			11	2.90	11	3.48	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.35	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81				
DUA BARIS PENYANGGA / TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.26	12	4.99	14	4.93	15	5.17				
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.59							13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95						
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58								

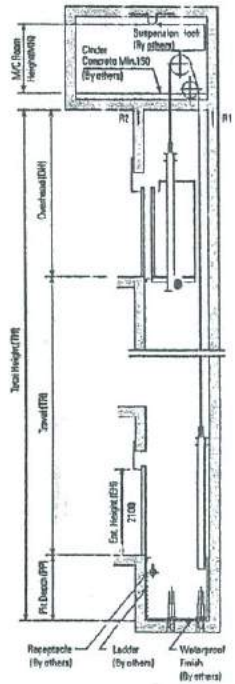
Catatan :
- BEBAN MATI (BERAT SENDIRI *Super Floor Deck*® DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN
- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA
- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec | Center open

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

Notes
1. Above dimentions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
2. In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth				
				OP	CA X CB	A X B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Center Open	800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600		800	1400 x 1130	1460 x 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100
	10	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
	11	750		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2900	7100	5600
1.5	13	900		900	1600 x 1350	1660 x 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300
	15	1000		900	1600 x 1500	1660 x 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600
1.75	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	2200	2600	4950	3900	6600	5100	11000	8700
				1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800				
	20	1350		1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200	7800	6000	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000				
	24	1600		1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300	8500	6800	13600	10400
					2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200				
2.0	13	900		900	1600 x 1350	1700 x 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	4650	9000	7500
	15	1000		900	1600 x 1500	1700 x 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	4950	9400	8000
	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11800	8700
				1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650				
2.5	20	1350		1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7450	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650				
	24	1600		1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400
					2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800				

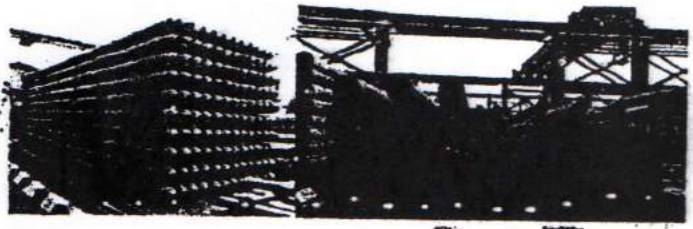
EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth				
				OP	CA X CB	A X B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Center Open	700	1100 x 1100	1160 x 1250	1550	3200	1700	1800	3500	3450	3600	2000	5400	4500
	7	550		800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200				
	8	630		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	700		800	1400 x 1100	1460 x 1255	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4100	2450	6300	5100
	10	800		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
1.5	12	900		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600
	13	1000		900	1600 x 1300	1660 x 1455	2050	4200	1900	2300	4400	3700	5100	3750	8100	6300
1.75	15	1150		900	1600 x 1400	1660 x 1555	2050	4200	2000	2300	4400	3700	5450	4300	8600	6600
				1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2350	4800	2100	2600	4900	3800	6600	5100	11900	8700
				1100	2000 x 1300	2100 x 1470	2550	5200	2000	2800	5250	3750				
	18	1350		1000	1800 x 1650	1900 x 1820	2350	4800	2350	2600	4900	4150	7800	6000	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000				
	21	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2550	5200	2400	2900	5400	4250	8500	6800	13600	10400
					2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200				
2.0	10	800		800	1400 x 1350	1500 x 1520	2050	4200	2100	2350	4200	4100	10500	6400	8200	7300
	12	900		900	1600 x 1300	1700 x 1470	2250	4600	2050	2550	4600	4050	12030	6650	9000	7500
	13	1000		900	1600 x 1400	1700 x 1570	2250	4600	2150	2550	4600	4150	12800	6950	9400	8000
	15	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11800	8700
				1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650				
2.5	18	1350		1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650				
	21	1600		1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400
					2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800				

PC SPUN PILES

Innovation and Trust



Description

Type of piles	:	Prestressed Concrete Spun Piles
Splice system	:	Welded at steel joint plate
Type of shoe	:	Pencil (Standard Product)
		Mamira (Special Design)
Method of Driving	:	Diesel or Hydraulic Hammer

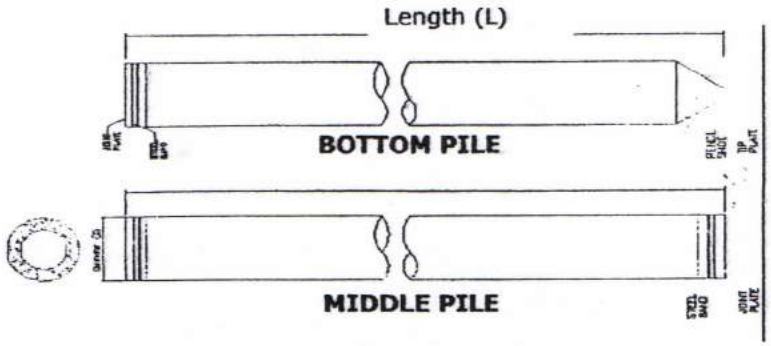
Design and Manufacturing References

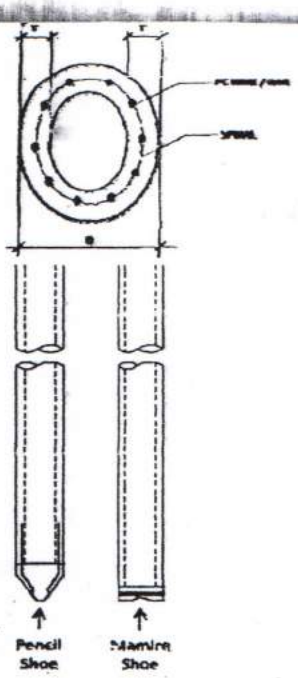
Design	JIS A 5335 - 1987	Prestressed Concrete Spun Piles
	ACI 543R - 00	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles
	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code
Manufacturing	JIS A 5335 - 1987	Prestressed Concrete Spun Piles
	WIKA BETON-09-IK-005	Piles Manufacturing Work Instruction

Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Agregate	ASTM C33 - 1999	Standard Specification for Concrete Aggregates	
	NI-2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049-2004	Portland Cement	Standard product: type I Special order: Type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F: Water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at 28 days : 600 kgf/cm2 (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wire	SWMA / SWMP
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steel for General Structure	SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code Steel	AWS A S.1 / E 6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent

Shape and Dimension





Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm2)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 -24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 -24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 -24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Data Iranata, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP	: 3114106060
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 050025

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	19 Sept'2016	- Perbaikan penulisan nama ilmiah - Tambahkan literatur ASCE 7 utk beban minimum Perancangan Bangunan Gedung dan struktur lain	- Gambar rencana dihilangkan dilatasinya - Lanjut ke Perhitungan Lift dan tangga	
2.	30 Sept'2016	- Perbaiki posisi balok anak. Sesuaikan semua arahnya. (hanya 1 layer)	- Lanjut Perhitungan Pembebanan	
3.	14 Okt'2016	- Beban hidup lift terpusat dimasukkan - Beban tangga reaksi dimasukkan - IBC 2006	- Perbaikan respon spektrum menggunakan IBC 2006 - Input beban lift dan tangga	
4.	04 Nov'2016	- Mode Hasil analisis Struktur ditampilkan pada Perhitungan - Dimensi kolom, balok, Plat, SPSW tidak perlu diubah (sudah OK)	- Lanjut ke Bab VI (Perencanaan Struktur Primer)	
5.	16 Nov'2016	- Beban Pe story dimasukkan untuk arah x dan y untuk kolom lantai 1 lalu disumlahkan	- Lanjutkan Perhitungan Bab VI (Perencanaan Struktur primer)	

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	:	Data Iranata, ST.,MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	:	Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP	:	3114106060
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo
		Yogyakarta Menggunakan Steel Plate shear wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	:	23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	:	050025

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	30 NOV'2016	- Perbaikan gambar sambungan kolom - Penambahan tebal spsw = 4m	- Cek kembali gambar perencanaan sambungan	
7.	12 Des'2016	- Pondasi ganti dari bore pile ke pondasi tiang pancang soda	- Mulai melakukan perhitungan perencanaan struktur bawah	
8.	27 Des'2016	- Cek Bab VIII (perencanaan struktur bawah)	- Cek perhitungan dan gambar keseluruhan	

Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	:	Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	:	Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP	:	3114106060
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo
		Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	:	23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	:	050025

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	16 Sept'2016	- Dibuat keterangan jika digunakan Pelat terbesar dlm perhitungan - Penamaan beban aspal pd Pelat atap diganti menjadi beban water-Proofing sebesar = 5 kg/m^2 - Mutu tulangan disebutkan U48 (apabila menggunakan wiremesh)	- Perbaikan denah balok keseluruhan - Lanjut ke perhitungan Lift dan tangga	
2.	26 Sept'2016	- Perbaikan gambar sarak Plat lantai & balok anak (jadi Pertanyaan Penguji) - Buat sarak + keterangan beton decking Pelat Lantai - Samakan tebal plat anak tangga dan bordes (3 mm)	- Perbaiki denah + denah pembalokan - Lanjut ke perhitungan balok utama tangga dan balok penumpu tangga	
3.	30 Sept'2016	- Perhitungan untuk semua Perencanaan Struktur Sekunder lebih teliti lagi	- Lanjut Perhitungan Pembebanan	
4.	10 Okt'2016	- Lakukan pemodelan 3D untuk dinding geser plat baja - Letak SPSW dapat disesuaikan sesuai kondisi (posisi tdk harus di luar)	- Cek perhitungan pembebanan sesuai (kolom, balok) yang direncanakan	
5.	28 Okt'2016	- Urutan Bab V diperbaiki lagi - Join displacement (dlm mm) - Tampilkan gambar modenya	- Lengkapi bab V keseluruhan - Beban tangga dimasukkan Per lantai sbg beban merata	

Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST., MT., Ph-D
NAMA MAHASISWA	: Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP	: 3114106060
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 050025

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	8 NOV' 2016	- Perbesar grid dan satuan gambar	- Lanjut ke Bab VI (Perencanaan Struktur Primer)	
7.	11 NOV' 2016	- Gambar denah balok induk (L=8m yang ditentukan dicantumkan - Balok induk L=8 m, diganti atau diperbesar (L = 4 m) - Gambar SAP untuk hasil pembebanan dicantumkan - Nilai (Pu) yang ditinjau ambil yg terbesar	- Perbaikan balok induk yang ditinjau (ambil L = 4 m) - Ambil nilai Pe story dari semua penjumlahan P (nilai beban) sepanjang bentang x	
8.	17 NOV' 2016	- $M_1 < M_2$ - Perbaiki gambar struktur dinding geser plat baja	- Buat gambar / sket balok dan kolom yang ditinjau untuk pengaruh gaya momen dan aksial	
9.	29 NOV' 2016	- Masukkan gambar / sket balok yg ditinjau dlm perhitungan untuk Gaya Gempa statik	- Lanjut perhitungan sambungan - Periksa kembali bab VI keseluruhan	
10.	30 NOV' 2016	- Revisi pemasangan baut utk sambungan tangga (n = 3 bh) - Cari Vu terbesar (L = 8 m) - Periksa sambungan baut VBE dan HBE	- Perbaikan keseluruhan sambungan (untuk perhitungan dan gambar)	

Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP	: 3114106060
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 050025

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
11.	9 Des '2016	- Penambahan Plat Pada gbr sambungan balok Penumpu tangga dan kolom - Penambahan tebal = 25 mm utk gbr sambungan kolom dgn kolom - Perbaikan gbr sambungan SPSW dgn kolom & balok dgn kolom - Penambahan tebal SPSW = 4 mm utk gbr sambungan balok (HBE & Stay)	- Cek keseluruhan gambar sambungan - Lanjut bab VIII (Perencanaan Struktur bawah)	
12.	13 Des '2016	- Perbaikan gbr sambungan SPSW dgn kolom & balok dgn kolom - Pondasi menggunakan bore pile	- Lanjut perhitungan keseluruhan bab VIII (Perencanaan struktur bawah)	
13.	22 Des '2016	- Revisi gambar Penulangan kolom Pedestal - Revisi gambar keseluruhan	- Cek gambar keseluruhan	

Jurusan Teknik Sipil (FTSP), Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

Nama Mahasiswa : Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP : 3114106060
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Nama Dosen Pembimbing I : Data Iranata, ST., MT., Ph.D
Nama Dosen Pembimbing II : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
Nama Dosen Pembimbing III :

Catatan :

- Lampirkan Lembar Kegiatan Asistensi Tugas Akhir
- Bila tempat untuk menjelaskan dirasa kurang, bisa menambahkan di lembar tersendiri

1. Pekerjaan yang telah dilakukan :

- Bab IV (Perencanaan Struktur Sekunder)
- Bab V (Pemodelan Struktur)
- Bab VI (Perencanaan Struktur Primer)

2. Pekerjaan yang sedang dilakukan :

- Bab VII (Perencanaan Sambungan)

3. Pekerjaan yang belum dilakukan :

- Bab VIII (Perencanaan Struktur bawah)

4. Kendala-kendala yang dihadapi :

- Penentuan jumlah baut untuk setiap sambungan
- Data tanah yang dipakai

5. Kapan prediksi TA selesai : 27 Desember 2016

Surabaya, 28 Oktober 2016
Mahasiswa yang mengambil TA

(Oktavia Ully Artha Silalahi)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Data Iranata, ST., MT., Ph.D)

Dosen Pembimbing II

(Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D)

Dosen Pembimbing III

(.....)

Jurusan Teknik Sipil FTSP, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

ISO 9001 0039

Nama Mahasiswa : Oktavia Ully Artha Silalahi
NRP : 3114106060
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Nama Dosen Pembimbing I : Data Iranata, ST., MT., P.hD
Nama Dosen Pembimbing II : Budi Susuanto, ST., MT., P.hD
Nama Dosen Pembimbing III :

Catatan :
- Lampirkan Lembar Kegiatan Asistensi Tugas Akhir
- Bila tempat untuk menjelaskan dirasa kurang, bisa menambahkan di lembar tersendiri

1. Pekerjaan yang telah dilakukan :

Bab VII (Perencanaan Sambungan)

2. Pekerjaan yang sedang dilakukan :

Bab VIII (Perencanaan Struktur Bawah)
Bab IX (Penutup)

3. Pekerjaan yang belum dilakukan :

- Abstrak
- Melengkapi Lampiran

4. Kendala-kendala yang dihadapi :

- Penentuan jumlah poer pada struktur bawah
- Dimensi kolom pedestal yang besar (harus ada penambahan sengkang)

5. Kapan prediksi TA selesai : 27 Desember 2016

Surabaya, 27 Desember 2016
Mahasiswa yang mengambil TA

(Oktavia Ully Artha Silalahi)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I (Data Iranata, ST., MT., P.hD)

Dosen Pembimbing II (Budi Susuanto, ST., MT., P.hD)

Dosen Pembimbing III (.....)

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Rabu** tanggal **11 Januari 2017** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3114106060	Oktavia Ully Artha Silalahi	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Dengan Hasil :

□ Lulus Tanpa Perbaikan	□ Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
☑ Lulus Dengan Perbaikan	□ Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- Hal 95 menghitung lendutan beban layan, hal
- Hal 224 Desain tiang pancang terlalu boros dicheh lagi
- Hal 193 Gambar 73 diperbaiki
- Gambar sambungan balok ke kolom diperbaiki

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Djoko Irawan, MS	.....
Ir. R. Soewardojo, M.Sc	.....

Surabaya, 11 Januari 2017
Dosen Pembimbing I
(Ketua)

Data Iranata, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)

Budi Suswanto, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing 3
(Sekretaris)

BIODATA PENULIS

Oktavia Ully Artha Silalahi

Penulis dilahirkan di kota Ujung Pandang (Makassar) pada tanggal 10 Oktober 1992, merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Hotbin Maralus Silalahi dan Jenti Hutapea. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Katolik San Francesco Balige dan lulus pada tahun 2004, SMP Swasta RK Budhi Dharma Balige dan lulus pada tahun 2007, serta SMA Negeri 1 Balige dan lulus pada tahun 2010. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Diploma-3 jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP 3114 106 060.

Di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) Lintas Jalur dengan bidang studi struktur dengan judul Tugas Akhir **"Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Darmo Yogyakarta Menggunakan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)".**

Email : oktavia.766hi@gmail.com