



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR HOTEL
GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIK**

FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP. 3115105012

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

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

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



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR HOTEL
GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIK**

FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP. 3115105012

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

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

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



FINAL PROJECT – RC14-1501

**STRUCTURE MODIFICATION OF HOTEL GRAND
DAFAM KAYOON SURABAYA WITH ECCENTRICALLY
BRACED FRAME**

FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP. 3115105012

Supervisor I
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

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

DEPERTAMEN OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FARIZ WIDYA HARWANTO

NRP. 3115 105 012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D



SURABAYA

JULI, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
HOTEL GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIK**

Nama Mahasiswa : Fariz Widya Harwanto
NRP : 3115105012
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing I : Prof. Dr. Ir Triwulan, DEA
Dosen Pembimbing II : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Sebagai salah satu negara dengan daerah rawan gempa, kebutuhan akan bangunan tahan gempa yang mampu memberikan kenyamanan dan keselamatan jiwa di Indonesia tidak dapat dihindari. Salah satu alternatif bangunan tahan gempa yang sangat baik adalah bangunan baja. Bangunan baja memiliki sifat daktilitas yang dapat dimanfaatkan oleh struktur pada saat memikul beban akibat gempa. Salah satu sistem yang dapat digunakan adalah Sistem Rangka Bresing Eksentrik dimana sistem rangka baja ini menggunakan bresing sebagai pengaku dan Link Beam untuk mendispasi beban lateral (gempa) melalui mekanisme plastifikasi. Kelebihan dari Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) adalah daktilitas struktur dan kekakuan elastik yang baik serta mekanisme plastifikasi pada Link Beam dalam menyerap energi ketika struktur menerima beban lateral (gempa). Link Beam sendiri adalah elemen yang berada di bagian ujung pengaku yang berfungsi menggabungkan antar bagian balok, pengaku dan kolom.

Pada perhitungan struktur gedung dengan SRBE ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2012, Tata Cara

Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983. Dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamis menggunakan program bantu SAP 2000.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal pelat bondeks 12 cm, dimensi balok induk WF 500x200x10x16, balok link WF500x300x11x18, dimensi bresing WF 200x200x8x12, dimensi kolom lantai dasar - 3 komposit CFT 700x700x25, lantai 4-11 komposit CFT 600x600x25, lantai 12-Atap komposit CFT 500x500x25 dan panjang elemen link direncanakan 100 cm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang bore pile 40 cm dengan kedalaman 28 m. Sloof ukuran 50 cm x 60 cm dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan geser \emptyset 12-200.

Kata kunci : Daktilitas, Sistem Rangka Bresing Eksentris, Link Beam, plastifikasi

STRUCTURE MODIFICATION OF HOTEL GRAND DAFAM KAYOON SURABAYA WITH ECCENTRICALLY BRACED FRAME

Name : Fariz Widya Harwanto
NRP : 3115105012
Major : Civil Engineering – ITS
Supervisor I : Prof. Dr. Ir Triwulan, DEA
Supervisor II : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

As one of the countries with high frequency of earthquake, the need for earthquake resistant buildings that can provide comfort and safety in Indonesia can not be avoided. Steel buildings is one of good alternatives of earthquake-resistant buildings compared to concrete buildings. Steel have ductility character which can be used to carrying the load due to the earthquake. One of the systems that can be used is Eccentrically Braced Frame System which use bracing as stiffener and link element that can dissipate the lateral loads (earthquake) through plasticity mechanism. The advantages of this system is a good ductility structure and elastic stiffness also the plasticity mechanism on Link Beam in absorbing energy when the structure receives lateral loads (earthquakes). Link Beam itself is a part in bar structure that serves to combine between the beam, stiffener and column.

This EBF building construction calculation depends on the Earthquake Resistance Planning Standard for Building Construction SNI 03-1726-2012, the Steel Structure Planning for Building Construction SNI 03-1729-2015, and the Indonesian Imposition Regulation for Building PPIUG 1983. SAP 2000 has been selected to calculate the effect of dynamic earthquake load, specifically used in analysing the structure.

From the analysis and calculation result, it obtained the thickness of bondex plat was 12 cm, the bar dimension WF 500x200x10x16, the link bar WF 500x300x11x18, the braced dimension WF 200x200x8x12, ground to third floors column dimension were CFT 700x700x25, fourth to eleventh floors were CFT 600x600x25, twelfth to rooftop were CFT 500x500x25, and the length of link element was planned 100 cm. The design of foundation used 40 cm bore pile with 28 m of depth. It also used 50 cm x 60 cm sloof with 8D22 as the main reinforcement and Ø12-200 as the shear reinforcement.

Keyword : Ductility, Eccentrically Braced Frame System, Link Beam, Plastification

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT ata segala karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul *“Perencanaan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik “*.

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

1. Orang tua yang telah memberi dukungan, baik secara moril dan materiil yang tak terhingga sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA dan Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Semua pihak terkait yang telah membantu.

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

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“ halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUTAKA	5
2.1 Pengertian Konsep Bangunan Tahan Gempa	5
2.2 Perilaku Material Bangunan Tahan Gempa.....	7
2.2.1 Sifat Material Baja	7
2.3 Daktilitas dan Disipasi Energi Bangunan Tahan Gempa.....	9
2.3.1 Daktilitas Struktur Bangunan	9
2.3.2 Disipasi Energi Struktur Bangunan	10
2.4 Perkembangan Sistem Penahan Beban Lateral	11
2.4.1 Sistem Pengaku Bresing	11
2.4.2 Ecentrically Braced Frame (EBF)	12

2.4.3	Konsep Perencanaan Elemen Link (EBF)	14
2.5	Pondasi.....	21
2.6	Kolom <i>Concrete-Filled Steel Tube</i> (CFT).....	25
BAB III METODOLOGI		29
3.1	Diagram Alir Penyelesaian Modifikasi Desain Bangunan	29
3.2	Metodologi pengerjaan Modifikasi Desain Bangunan	30
3.2.1	Pengumpulan Data.....	31
3.2.2	Studi Literatur	32
3.2.3	Preliminary Design	32
3.2.4	Analisa Pembebanan.....	33
3.2.5	Konsep Perencanaan Struktur Baja	33
3.2.6	Permodelan dan Analisa Struktur	34
3.2.7	Kontrol Desain Struktur Baja	34
3.2.8	Perencanaan Struktur Bawah	54
3.2.9	Penggambaran Teknik	61
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER		63
4.1	Umum	63
4.2	Perencanaan Pelat	63
4.2.1	Perencanaan Pelat Atap	65
4.2.2	Perencanaan Pelat Parkir	67
4.2.3	Perencanaan Pelat Ballrom	69
4.2.4	Perencanaan Pelat Lantai Hunian	71

4.3	Perencanaan Atap Rangka Baja.....	76
4.3.1	Perencanaan Dimensi Gording	78
4.3.2	Perencanaan Dimensi Penggantung Gording	91
4.3.3	Perencanaan Ikatan Angin	96
4.4	Perencanaan Balok Anak	104
4.4.1	Perencanaan Balok Anak Atap	104
4.4.2	Perencanaan Balok Anak Parkir	110
4.4.3	Perencanaan Balok Anak Balroom	117
4.4.4	Perencanaan Balok Anak Lantai Hunian	123
4.4.5	Perencanaan Balok Anak Kantor	130
4.5	Perencanaan Balok <i>Lift</i>	138
4.6	Perencanaan Tangga	151
4.6.1	Perencanaan Dimensi Tangga.....	151
4.6.2	Perencanaan Anak Tangga	154
4.6.3	Perencanaan Bordes.....	163
4.6.4	Perencanaan Balok Utama Tangga.....	175
4.6.5	Perencanaan Balok Penumpu	188
4.7	Perencanaan Ramp.....	200
4.7.1	Perencanaan Pelat Ramp.....	200
4.7.2	Perencanaan Balok Pengaku Ramp	205
4.7.3	Perencanaan Balok Utama Ramp	212
BAB V PERMODELAN STRUKTUR		221
5.1	Penjelasan Umum	221
5.2	Permodelan Struktur	222

5.2.1	Data Material	222
5.2.2	Data Elemen Struktur	223
5.2.3	Besaran Massa	225
5.2.4	Permodelan Struktur 3 Dimensi.....	226
5.3	Pembebanan Struktur Utama	227
5.4	Pembebanan Gempa Dinamis.....	229
5.4.1	Penentuan Klasifikasi Situs	229
5.4.2	Parameter Respon Spektrum Rencana.....	231
5.4.3	Arah Pembebanan.....	232
5.4.4	Faktor Reduksi Gempa (R).....	234
5.4.5	Faktor Keutamaan(I).....	234
5.4.6	Kombinasi Pembebanan	235
5.5	Kontrol Permodelan Struktur.....	236
5.6	Kontrol Desain.....	240
5.6.1	Kontrol Partisipasi Massa.....	241
5.6.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental	242
5.6.3	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	243
5.6.4	Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)	245
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....		249
6.1	Perencanaan Elemen Struktur Primer.....	249
6.1.1	Balok Induk	249
6.1.2	Kolom.....	263
6.1.3	Balok Link	292
6.1.4	Balok Luar Link.....	308

6.1.5	Bresing	319
6.1.6	Kuda-Kuda.....	335
6.2	Perencanaan Sambungan	346
6.2.1	Sambungan Balok Anak – Balok Induk	346
6.2.2	Sambungan Balok Utama Tangga – Balok Penumpu Tangga	350
6.2.3	Sambungan Balok Penumpu Tangga – Kolom	354
6.2.4	Sambungan Balok Penumpu Ramp – Balok Utama Ramp	358
6.2.5	Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom	361
6.2.6	Sambungan Kolom – Kolom	367
6.2.7	Sambungan Kolom – Kolom Beda Dimensi ...	369
6.2.8	Sambungan Kuda – Kuda	375
6.2.9	Sambungan Balok Induk – Kolom	390
6.2.10	Sambungan Bresing	401
6.2.11	Sambungan Kolom – Base Plate.....	404
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH		415
7.1	Umum	415
7.2	Data Tanah.....	415
7.3	Daya Dukung Tanah	416
7.3.1	Daya Dukung Tanah Tiang Bor Tunggal	416
7.3.2	Daya Dukung Tanah Tiang Bore Kelompok ...	417
7.4	Perhitungan Pondasi Bore Pile	418
7.4.1	Daya Dukung Tiang Bor Kelompok.....	418

7.4.2	Perencanaan Pondasi Poer	420
7.4.3	Perencanaan Pondasi Tiang Bor (Bore Pile) ...	430
7.5	Perencanaan Kolom Pedestal.....	435
7.6	Perencanaan Sloof Pondasi.....	437
BAB VIII KESIMPULAN		441
DAFTAR PUSTAKA.....		445

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tingkat Kinerja Struktur Bangunan FEMA 356	6
Gambar 2. 2 Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja. 12	
Gambar 2. 3 Konfigurasi link pada beberapa sistem portal	13
Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada <i>link beam</i> dan balok	14
Gambar 2. 5 Gaya yang bekerja pada link	16
Gambar 2. 6 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i>	18
Gambar 2. 7 Detailing Pada <i>Link Beam</i>	19
Gambar 2. 8 Jenis Pondasi Dangkal.....	23
Gambar 2. 9 Jenis Pondasi Dalam.....	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi	30
Gambar 4.1 Perencanaan Perletakan Lantai Komposit	64
Gambar 4.2 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex.....	64
Gambar 4.3 Pelat Lantai Atap	65
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Atap.....	66
Gambar 4.5 Pelat Lantai Parkir	67
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Parkir.....	68
Gambar 4.7 Pelat Lantai Balroom.....	69
Gambar 4.8 Penulangan Pelat Balroom.....	70
Gambar 4.9 Pelat Lantai Hunian	71
Gambar 4.10 Penulangan Pelat Lantai Hunian.....	72
Gambar 4.11 Pelat Lantai Kantor	73
Gambar 4.12 Penulangan Lantai Kantor	74
Gambar 4.13 Posisi Atap Baja Pada Grand Dafam	76
Gambar 4.14 Potongan A - A.....	77
Gambar 4.15 Denah Rangka Atap Baja	78
Gambar 4.16 Koefisien Angin Gedung tertutup ($\square < 65^\circ$) pada Tabel 4.1 PPIUG 1983	80
Gambar 4.17 Panjang Antar Shear Connector pada Atap Seng Gelombang	86
Gambar 4.18 Penggantung Gording.....	91
Gambar 4.19 Detail A	92
Gambar 4.20 Arah Gaya Tarik Pada Penggantung Gording	93

Gambar 4.21 Jarak Antara Ikatan Angin.....	96
Gambar 4.22 Letak Beban pada Ikatan Angin	99
Gambar 4.23 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	104
Gambar 4.24 Denah Balok Anak Parkir.....	111
Gambar 4.25 Denah Balok Anak Lantai Balroom	117
Gambar 4.26 Denah Balok Anak Lantai Hunian.....	124
Gambar 4.27 Denah Balok Anak Lantai Kantor	130
Gambar 4.28 Denah Lift.....	138
Gambar 4.29 Potongan Melintang Lift.....	139
Gambar 4.30 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	141
Gambar 4.31 Pembagian Momen pada Beban Merata	146
Gambar 4.32 Pembagian Momen pada Beban Terpusat	146
Gambar 4.33 Posisi Perletakan Senid – Rol pada Tangga	152
Gambar 4.34 Perencanaan Denah Tangga.....	153
Gambar 4.35 Tampak Potongan Melintang Tangga.....	153
Gambar 4.36 Rencana Anak Tangga.....	154
Gambar 4.37 Perletakan pada Anak Tangga Pelat	154
Gambar 4.38 Denah rencana bordes tangga	163
Gambar 4.39 Perletakan pada Pelat Bordes	164
Gambar 4.40 Pembebanan pada balok bordes.....	167
Gambar 4.41 Pembagian Momen pada Balok Bordes.....	172
Gambar 4.42 Perencanaan Pembebanan Balok Utama Tangga	176
Gambar 4.43 Denah Perencanaan Balok Utama Tangga	177
Gambar 4.44 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga	178
Gambar 4.45 Sketsa Pembebanan dengan Tambahan Beban Terpusat pada Balok Utama Tangga	179
Gambar 4.46 Bidang M Balok Tangga Utama.....	179
Gambar 4.47 Bidang D Balok Tangga Utama.....	180
Gambar 4.48 Bidang N Balok Tangga Utama.....	180
Gambar 4.49 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga ...	187
Gambar 4.50 Sketsa Pembebanan pada Balok Penumpu Tangga	189
Gambar 4.51 Pembagian Momen pada Beban Merata.....	194
Gambar 4.52 Pembagian Momen pada Beban Terpusat	194

Gambar 4.53 Hasil Lendutan Balok Bordes dengan Program Bantu SAP 2000	198
Gambar 4.54 Denah Ramp pada Lantai Ground – Lantai MZ 1200	
Gambar 4.55 Perencanaan Perletakan Pelat Ramp.....	201
Gambar 4.56 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex.....	201
Gambar 4.57 Tampak Potongan dari Rencana Ramp	202
Gambar 4.58 Denah Rencana Pelat Ramp	203
Gambar 4.59 Penulangan Pelat Ramp	204
Gambar 4.60 Pembebanan Balok Pengaku Ramp	205
Gambar 4.61 Pembebanan pada balok utama ramp	212
Gambar 4.62 Pembagian Momen pada Balok Bordes.....	217
Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya	221
Gambar 5.2 Input Data Material pada SAP2000v14	222
Gambar 5.3 Input jenis elemen struktur pada SAP2000v14	223
Gambar 5.4 Input dimensi dlemen dan material pada SAP2000v14.....	223
Gambar 5.5 Option section designer untuk profil buatan pada SAP2000v14.....	224
Gambar 5.6 Input dimensi kolom CFT pada SAP2000v14.....	224
Gambar 5.7 Input mass source pada SAP2000v14	225
Gambar 5.8 Permodelan 3 dimensi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya	226
Gambar 5.9 Koefisien angin gedung tertutup pada Tabel 4.1 PPIUG 1983	228
Gambar 5.10 Grafik Spektral Percepatan Gempa wilayah Surabaya	232
Gambar 5.11 Grafik Respon Spektrum Situs E Surabaya	233
Gambar 5.12 Pembebanan gempa dinamis arah X.....	233
Gambar 5.13 Pembebanan gempa dinamis arah Y.....	234
Gambar 5.14 Kombinasi pembebanan	236
Gambar 5.15 Area pembebanan pada kolom yang ditinjau.....	236
Gambar 5.16 Detail area pembebanan pada kolom yang ditinjau	237

Gambar 5.17 Hasil output berat bangunan pada joint yang ditinjau	240
Gambar 5.18 Simpangan yang Terjadi pada Struktur	246
Gambar 6.1 Hasil Output Momen Maksimum pada SAP 2000v14	250
Gambar 6.2 Hasil Output Geser Maksimum pada SAP 2000v14	250
Gambar 6.3 Hasil Output Lendutan Maksimum pada SAP 2000v14	251
Gambar 6.4 Hasil Output Momen dan Geser Maksimum pada SAP 2000v14	257
Gambar 6.5 Hasil Output Geser Maksimum padaSAP 2000v14	258
Gambar 6. 6 Hasil Output lendutan maksimum pada SAP 2000v14	258
Gambar 6.7 Penampang Kolom Komposit CFT HSS 700 x 700 x 25 x 25	264
Gambar 6.8 Denah Link untuk Arah Memanjang	292
Gambar 6.9 Detail tampak Balok Link arah memanjang	293
Gambar 6. 10 Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang	294
Gambar 6.11 Denah Link untuk Arah Melintang	299
Gambar 6.12 Detail tampak balok link arah melintang	300
Gambar 6.13 Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang	301
Gambar 6.14 Jarak pengaku link pada arah memanjang	306
Gambar 6.15 Jarak pengaku link pada arah melintang	307
Gambar 6.16 Denah balok luar link arah memanjang	309
Gambar 6.17 Denah balok luar link arah melintang	314
Gambar 6. 18 Denah Bresing arah memanjang	319
Gambar 6.19 Hasil Output Momen Maksimum pada Bracing Arah Memanjang	322
Gambar 6.20 Denah Bresing arah melintang	328

Gambar 6.21 Hasil Output momen maksimum pada bracing arah melintang.....	330
Gambar 6.22 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	346
Gambar 6.23 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	352
Gambar 6.24 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	356
Gambar 6.25 Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Balok Utama Ramp.....	358
Gambar 6.26 Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom.....	362
Gambar 6.27 Sambungan Kolom dengan Kolom.....	367
Gambar 6.28 Potongan 3 Sambungan Kolom – Kolom.....	367
Gambar 6.29 Sambungan kolom dengan kolom beda dimensi	369
Gambar 6.30 Sambungan Kuda – Kuda yang akan ditinjau perhitungannya	375
Gambar 6.31 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda.....	378
Gambar 6.32 Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda.....	381
Gambar 6.33 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda.....	385
Gambar 6.34 Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda.....	388
Gambar 6.35 Sambungan Balok dengan Kolom	390
Gambar 6.36 Letak Sambungan Las pada Sambungan Balok – Kolom.....	399
Gambar 6.37 Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul.....	404
Gambar 6.38 Sambungan Kolom dengan Base Plate	405
Gambar 6.39 Arah Beban pada Base Plate.....	406
Gambar 7.1 Jarak Absis dan Ordinat pada Tiang Bore Pile Kelompok	419
Gambar 7.2 Geser Ponds Akibat Beban Kolom.....	421
Gambar 7.3 Geser Pons Akibat beban Tiang Bor	424
Gambar 7.4 Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever.....	425
Gambar 7.5 Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu X)	426
Gambar 7.6 Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu Y)	428
Gambar 7.7 Gaya Menurut Sumbu Orthogonal Tiang	431
Gambar 7.8 Permodelan Tiang Bor (Bore Pile) dengan Progam Bantu SAP 2000	432

Gambar 7. 9 Hasil Analisa Tiang Bor (BorePile) dengan Program PCA Col	433
Gambar 7.10 Penulangan Bore Pile	435
Gambar 7. 11 Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col	436
Gambar 7.12 Penulangan Kolom Pedestal . Error! Bookmark not defined.	
Gambar 7. 13 Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col	439

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kekuatan tarik (Fnt), kekuatan geser (Fnv).....	52
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Tebal dan Tulangan Pelat...	75
Tabel 4.2 Rekapitulasi Profil WF pada Balok Anak	137
Tabel 4.3 Rekapitulasi Profil Tangga.....	199
Tabel 5.1 Rangkuman data tanah kedalaman 30 m.....	229
Tabel 5.2 Rangkuman hasil Test Tanah Laboratorium	230
Tabel 5.3 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)	231
Tabel 5.4 Perhitungan Beban Pelat	238
Tabel 5.5 Perhitungan Beban Dinding	238
Tabel 5.6 Perhitungan Beban Kolom Beton.....	239
Tabel 5.7 Perhitungan Beban Kolom Baja	239
Tabel 5.8 Perhitungan Beban Balok.....	239
Tabel 5.9 Rasio Partisipasi Massa Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya	241
Tabel 5.10 Periode dan Frekuensi Struktur	243
Tabel 5.11 Reaksi Dasar Struktur Bangunan	244
Tabel 5.12 Hasil Output Gaya Geser Akibat Beban Gempa	245
Tabel 5.13 Kontrol Simpangan yang terjadi Akibat Beban Gempa Arah X.....	247
Tabel 5.14 Kontrol Simpangan yang terjadi akibat Beban Gempa Arah Y	247
Tabel 6.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kolom	291

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu negara dengan banyak daerah rawan gempa, perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa. Sehingga dalam merancang suatu bangunan tahan gempa harus mengutamakan keselamatan dan kenyamanan, dimana bahan dan sistem struktur merupakan suatu hal yang terpenting dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa terutama bangunan gedung, material beton bertulang sebagai bahan bangunan saat ini masih mendominasi hampir keseluruhan bangunan gedung di Indonesia. Gedung beton bertulang mempunyai berbagai kelemahan antara lain, mempunyai bobot yang berat, kuat tarik yang lemah, dapat mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, daya pantul suara yang besar, dan pelaksanaan pekerjaan membutuhkan waktu yang relatif lama (Widyastuti, 2010).

Baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang berdasarkan pertimbangan dalam aspek ekonomis, sifat dan kekuatannya cukup baik. Baja memiliki sifat daktil (tidak getas), dimana mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Ini memberikan rentang waktu yang ada ketika baja mengalami kelelahan untuk mengevakuasi para pengguna gedung untuk menyelamatkan diri bila terjadi gempa. Konstruksi baja juga memiliki berat yang relatif lebih ringan dari pada bahan lain tetapi juga memiliki kemampuan yang cukup tinggi, hampir tidak memiliki perbedaan nilai muai dan susut, dan dalam hal pelaksanaan jauh lebih cepat dibanding material lain (Suwignya, 2010).

Dari beberapa keunggulan sifat baja diatas, kita dapat merencanakan bangunan gedung tahan gempa dengan suatu sistem konstruksi rangka baja. Salah satu sistem struktur yang mampu memikul beban gempa adalah sistem bangunan baja dengan menggunakan *Eccentrically Braced Frame* (EBF). EBF merupakan suatu sistem struktur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastik yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) dibawah pembebanan lateral, mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban gempa besar, kemampuan menyerap energi dan konsisten tanpa terjadi pengurangan kekakuan sampai sejumlah putaran (*cycle*) yang cukup tinggi (Engelhardt dan Popov , 1989;1992).

Penggunaan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) dirasa sangat cocok dikarenakan pada sistem ini ada suatu bagian dari balok yang disebut Link dan direncanakan secara khusus. SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelitis yang cukup besar pada Link saat memikul gaya – gaya akibat beban gempa rencana karena element Link tersebut berfungsi sebagai penyerapan energi ketika struktur menerima beban gempa. Kolom-kolom , batang bresing dan bagian dari balok di luar Link harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh Link.

Dalam Tugas Akhir ini, pembangunan Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya yang menggunakan beton bertulang akan dimodifikasi menggunakan struktur rangka baja dengan Sistem Rangka Bresing Ekstenrik. Modifikasi perencanaan ini dilakukan agar diharapkan bangunan menjadi lebih daktail, lebih cepat dalam pemasangannya, serta dapat menjadi rekomendasi untuk proyek lain yang serupa dalam memanfaatkan material baja sebagai bahan struktur gedung. Selain itu, akan direncanakan juga pondasi bore pile yang sesuai dengan besarnya beban-beban yang bekerja diatasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka untuk perencanaan struktur gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik , permasalahan yang ditinjau antara lain :

- a. Permasalahan Utama
Bagaimana merencanakan modifikasi struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik dan pondasinya sesuai dengan peraturan yang berlaku ?
- b. Detail Permasalahan
 1. Bagaimana menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ?
 2. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok dan kolom ?
 3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak dan tangga ?
 4. Bagaimana merencanakan bresing eksentrik dan link ?
 5. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000v14 ?
 6. Bagaimana merencanakan sambungan ?
 7. Bagaimana mengilustrasikan hasil dari perencanaan struktur dalam gambar teknik ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang diharapkan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya.
2. Merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom.

3. Merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak dan tangga.
4. Merencanakan bresing eksentrik dan link pada struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya.
5. Memodelkan dan melakukan analisis struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan program SAP 2000v14.
6. Merencanakan sambungan pada struktur.
7. Mengilustrasikan hasil perencanaan struktur kedalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah di uraikan, batasannya sebagai berikut :

1. Perencanaan gedung ini hanya meninjau perhitungan struktur, tidak meninjau analisa anggaran biaya , manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
2. Tidak meninjau detail metode pelaksanaan.
3. Desain struktur berdasarkan pada SNI 03-1729-2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa diharapkan dari modifikasi perencanaan ini adalah :

1. Sebagai inovasi dalam perencanaan gedung baja bertingkat yang tahan terhadap gempa menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal – hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan gedung tahan gempa sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisir.

BAB II

TINJAUAN PUTAKA

2.1 Pengertian Konsep Bangunan Tahan Gempa

Pada dasarnya dalam merencanakan suatu struktur bangunan tahan gempa perlu diperhitungkan kemampuan bangunan dalam memikul beban - beban yang bekerja pada struktur tersebut , di antaranya adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup , sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa. Dengan memperhitungkan beban-beban yang terjadi pada suatu struktur bangunan, maka suatu bangunan tahan gempa dengan kekuatan bangunan yang memadai dapat direncanakan sehingga dapat memberikan rasa nyaman bagi penghuninya.

Berdasarkan UBC 1997, tujuan dalam mendesain suatu bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga ketentuan standar yang telah diikuti oleh seluruh negara di dunia. Tiga ketentuannya ialah sebagai berikut :

1. Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali pada bangunan.
2. Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan pada non-struktural, namun tidak diperbolehkan terjadi kerusakan struktural.
3. Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadi kerusakan struktural dan non-struktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Untuk dapat mendesain bangunan dengan ketentuan tersebut, perencanaan bangunan tahan gempa harus juga dapat memperhitungkan dampak dari beban lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Sehingga struktur pada bangunan harus memiliki daktilitas

yang memadai pada daerah *joint* atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing, link, atau dinding geser.



Gambar 2.1 Tingkat Kinerja Struktur Bangunan FEMA 356
Sumber FEMA 356,2000

Dengan daktilitas yang memadai maka suatu struktur diharapkan mampu mengalami simpangan dalam kondisi pasca elastik hingga terjadinya keruntuhan.

Salah satu cara dalam mendesain suatu kapasitas struktur bangunan tahan gempa adalah dengan mengetahui skenario keruntuhan dari suatu struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Dengan memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan suatu struktur berdasarkan beban maksimum yang dialami struktur, elemen-elemen struktur di desain agar tidak sama kuat terhadap gaya yang direncanakan. Elemen-elemen struktur atau titik pada beberapa struktur di desain untuk lebih lemah dibandingkan dengan elemen-elemen yang lain dengan harapan pada elemen itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban gempa maksimum terjadi.

2.2 Perilaku Material Bangunan Tahan Gempa

Kriteria perencanaan struktur adalah memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan daktilitas. Faktor kekuatan terkait dengan besarnya tegangan yang mampu dipikul tanpa rusak, baik berupa deformasi (*yielding*) atau *fracture* (terpisah). Parameternya berupa tegangan leleh dan tegangan ultimate. Faktor kekakuan adalah besarnya gaya yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit deformasi, parameternya adalah Modulus Elastisitas (E). Faktor daktilitas terkait dengan besarnya deformasi sebelum keruntuhan (*failure*) terjadi pada bangunan.

Tabel 2.1 Properti Mekanik Bahan Material Konstruksi

Material	Berat Jenis	Modulus Elastisitas	Kuat (MPa)	
	(kg/m ³)	(MPa)	Leleh	Ultimate
Serat Karbon	1760	150.305	-	5.650
Baja A36	7850	200.000	250	400 - 500
Baja A992	7850	200.000	345	450
Aluminium	2723	68.947	180	200
Besi Cor	7000	190.000	-	200
Bambu	400	18.575	-	60*
Kayu	600	11.000	-	40*
Beton	2200	21.000 - 33.000	-	20 - 50

*Rittironk dan Elnieri (2008)

Berdasarkan parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas untuk pemilihan material konstruksi dapat dengan mudah ditentukan bahwa material baja adalah yang paling unggul dibandingkan dengan material lainnya.

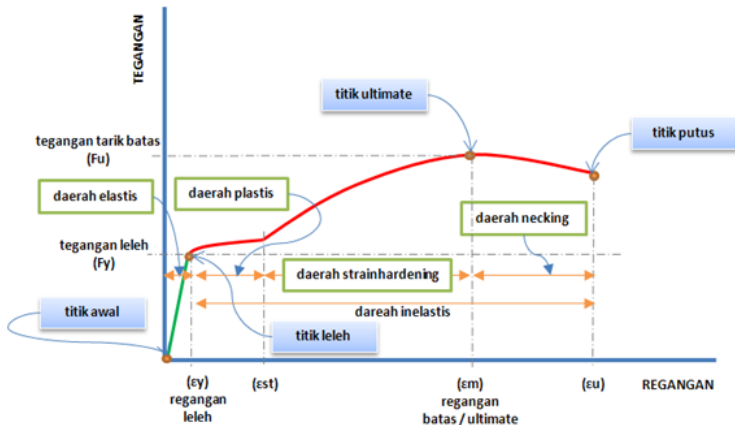
2.2.1 Sifat Material Baja

Baja adalah material yang paling daktil, dimana baja memiliki tegangan leleh yang tinggi dan regangan maksimumnya

besar. Karena tegangan (σ) dan regangan (ε) yang tinggi maka baja memiliki modulus elastisitas bahan yang tinggi, ini dapat dibuktikan dari perumusan :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Karena sifat baja yang sangat daktil, jika material baja diberi gaya (tarik, tekan, dan lentur) yang besar hingga memasuki kondisi plastis atau kondisi leleh (f_y) maka material baja mampu mengembangkan regangannya cukup besar dari pertama kali leleh hingga akhirnya putus (f_u). Semakin besar regangan yang terjadi, semakin daktil material tersebut.



Gambar 2.2 Diagram Regangan dan Tegangan pada Material Baja

2.3 Daktilitas dan Disipasi Energi Bangunan Tahan Gempa

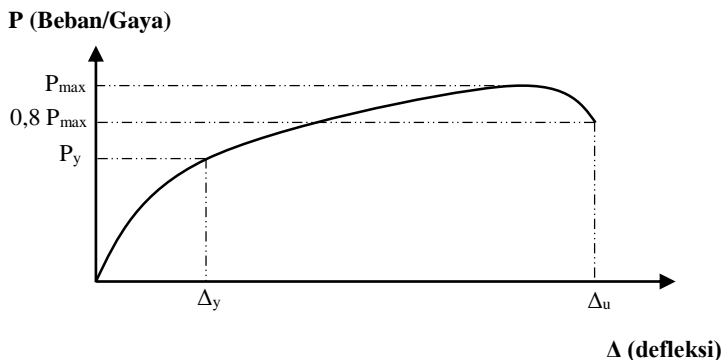
2.3.1 Daktilitas Struktur Bangunan

Daktilitas adalah kemampuan struktur gedung untuk mengalami deformasi *pasca elastik* yang besar secara berulang kali dan bersifat siklis (bolak-balik) akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi, sehingga struktur masih mampu mengalami deformasi yang cukup besar sebelum struktur mengalami keruntuhan.

Daktilitas dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara defleksi saat kondisi ultimit (Δ_u) dan defleksi saat leleh pertama kali (Δ_y) seperti persamaan berikut :

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

Dimana perbandingan nilai defleksi yang terjadi diperoleh pada Gambar 2.3

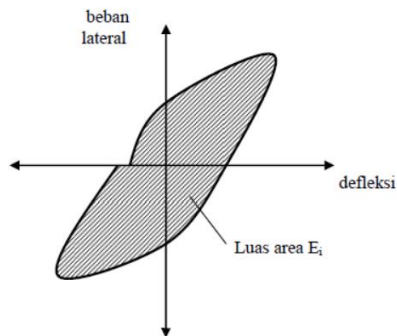


Gambar 2.3 Grafik Perbandingan Defleksi atau Daktilitas

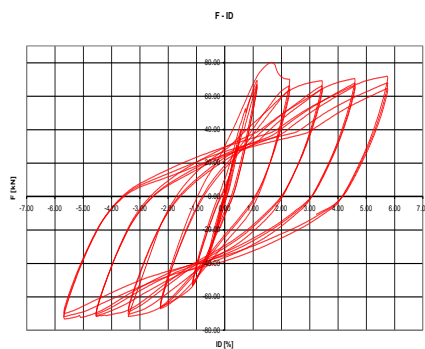
2.3.2 Disipasi Energi Struktur Bangunan

Kapasitas disipasi energi (E_d) merupakan parameter yang penting untuk struktur yang direncanakan dengan beban gempa dengan periode ulang yang lama. Pada struktur yang mendapat beban lateral siklik akan mengalami siklus disipasi energi, dimana semakin stabil dan besar suatu siklus disipasi energi bangunan maka semakin baik dalam mempertahankan kekakuan struktur.

Untuk menentukan besarnya disipasi energi (E_d) dapat mengitung dari luas area hysteresis loop seperti pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Nilai Disipasi Energi (E_d) dalam Satu Siklus



Gambar 2.5 Contoh Hasil Sikluls Disipasi Energi

2.4 Perkembangan Sistem Penahan Beban Lateral

2.4.1 Sistem Pengaku Bresing

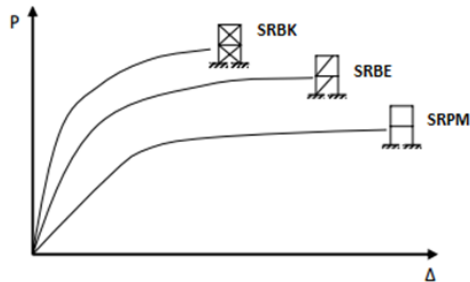
Struktur baja termasuk salah satu sistem struktur tahan gempa dengan kinerja yang bagus dikarenakan material pada struktur baja memiliki karakteristik yang unik dibanding material lainnya, yaitu karakteristik keruntuhan yang bersifat duktail dan kekutan yang tinggi. Dari hasil riset yang pernah dilakukan di dapatkan tiga sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan yaitu :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen (MRF),
2. Sistem Rangka Bresing Konsentrik (CBF),
3. Sistem Rangka Bresing Eksentris (EBF).

Sistem Rangka Pemikul Momen (MRF) mempunyai kemampuan disipasi energi yang cukup untuk dapat memberikan daktilitas yang diperlukan , selain itu sistem ini juga mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik tetapi memerlukan simpangan antar lantai yang cukup besar agar timbul sendi plastis pada setiap balok yang nantinya berfungsi menyerap gaya lateral. Namun simpangan yang besar menyebabkan kerugian pada sistem ini, akibatnya struktur menjadi tidak kaku dan berakibat kerusakan non-struktural yang besar. Pada sisi lain Sistem Rangka Bresing Konsentrik (CBF) secara efisien dapat memenuhi batas-batas lendutan melalui aksi rangkanya tetapi tidak memberikan suatu mekanisme yang stabil dalam disipasi energi.

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (EBF) merupakan pengembangan konsep dari dua sistem rangka yang ada sebelumnya yaitu sistem MRF dan CBF. Sistem MRF memiliki nilai daktilitas dan disipasi energi yang besar serta stabil namun mempunyai kekakuan yang lebih rendah dari pada CBF, sedangkan CBF sendiri tidak memiliki kapasitas disipasi energi sebaik sistem MRF namun memiliki kekakuan elastik yang tinggi. EBF mengkombinasikan kelebihan kedua struktur tersebut , sehingga sistem EBF memiliki elastisitas yang tinggi , respon inelastis yang baik saat terkena muatan lateral siklis , dan daktilitas serta kapisitas disipasi energi yang besar.

Pada Gambar 2.2 menjelaskan hubungan gaya lateral dengan perpindahan yang terjadi pada MRF, CBF dan EBF serta perilaku struktur yang terjadi pada saat gempa bekerja dalam bentuk kurva.

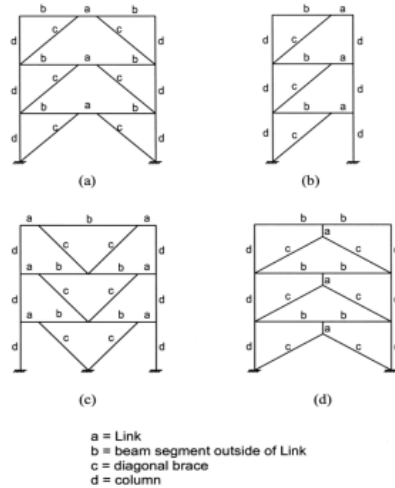


Gambar 2.6 Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja (Moestopo, 2006)

2.4.2 Eccentrically Braced Frame (EBF)

Seperti yang telah dijelaskan bahwa sistem rangka pengaku eksentrik (EBF) merupakan pengembangan dari sistem MRF dan CBF. Konsep desain tahan gempa EBF sendiri adalah suatu sistem rangka baja yang terdiri dari balok, kolom dan pengaku dimana pada bagian ujung pengakunya terdapat suatu elemen yang menggabungkan antar bagian dari sistem rangka yang disebut *link beam*.

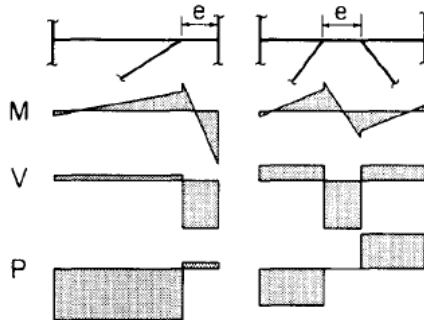
Link beam sendiri merupakan konsep utama dalam struktur EBF yang ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. *Link Beam* ini berfungsi untuk menyerap energi pada saat beban lateral (gempa) bekerja, elemen-elemennya didesain untuk berperilaku inelastis serta mampu untuk berdeformasi plastis yang besar saat beban lateral (gempa) terjadi. Kelelahan yang terjadi pada *link beam* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989;1992).



Gambar 2.7 Konfigurasi link pada beberapa sistem portal
(AISC, 2005)

Mekanisme leleh pada *link beam* tergantung dari panjang *link beam* yang akan digunakan. Jika panjang link beam lebih pendek, maka struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF dan jika panjang *link beam* lebih panjang, maka kekakuan struktur mendekati struktur MRF. Sehingga dalam perencanaannya elemen struktur diluar *link beam* harus didesain untuk berperilaku elastis sedangkan pada bagian *link beam* didesain untuk dapat berdeformasi inelastis pada saat terjadi beban lateral (gempa).

Dalam mendesain *link beam* harus memperhatikan gaya yang bekerja pada struktur seperti momen (M), Geser (V) dan axial (P) pada balok dan link. Pada sistem EBF gaya yang bekerja saat terkena beban lateral (gempa) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.8 Gaya yang bekerja pada *link beam* dan balok

Pada gambar 2.4, dapat diketahui bahwa link mendapatkan gaya geser yang tinggi di semua bagian link dan momen yang besar pada ujung-ujungnya. Jika *link* terlalu pendek, pada saat terjadi penambahan beban lateral *link* akan leleh terhadap geser namun momen yang terjadi relatif kecil pada ujung-ujungnya. Apabila *link* terlalu panjang, maka akan terjadi momen plastis pada sendi-sendi di ujung link tetapi sedikit atau tanpa mengalami leleh akibat geser. Sehingga bisa disimpulkan apabila *link* yang terlalu panjang disebut *link* momen, sedangkan *link* yang terlalu pendek disebut *link* geser.

Pada struktur EBF ini, elemen struktur diluar *link beam* (balok, kolom dan bresing) di desain berdasarkan kapasitas *link beam*. Dengan membuat *link beam* lebih lemah dari elemen struktur lainnya, sehingga diharapkan kehancuran daktail hanya terjadi pada *link beam* dan elemen- elemen diluar *link beam* hanya mengalami kehancuran non daktail.

2.4.3 Konsep Perencanaan Elemen Link (EBF)

Untuk dapat mendesain suatu Sistem Rangka Bresing Eksentrik (EBF) hal-hal yang harus diperhatikan agar menghasilkan kekuatan struktur yang baik adalah sebagai berikut :

1. Tiga Variabel utama dalam mendesain SRBE adalah konfigurasi pengaku, panjang link dan profil link yang dipakai (Becker, 1996).
2. Link adalah elemen terlemah dalam SRBE, dan elemen struktur yang lain seperti balok, kolom dan sambungan harus lebih kuat dari link (Engelhardt, 2007).
3. Dapat dipasang stiffener dan pengaku lateral untuk menunjang daktilitas (Engelhardt, 2007).
4. Cek link agar dapat memenuhi daktilitas yang diperlukan (Engelhardt, 2007).

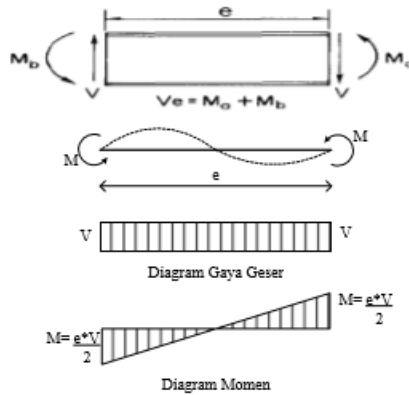
SRBE diharapkan dibangun dengan deformasi inelastis yang signifikan pada *link* saat subjek / struktur mengalami gaya yang dihasilkan oleh gaya gempa. Pengaku diagonal, kolom, dan bagian balok diluar elemen *link* harus didesain untuk memikul sisa tegangan elastis dibawah tegangan maksimum yang dihasilkan dari *link* pada saat leleh penuh dan saat mencapai tegangan tinggi (Bruneau,dkk, 1998).

2.3.3.1 Kuat Elemen Link Beam

Link beam merupakan elemen pada sistem EBF yang didesain untuk mengalami kelelahan lebih awal pada saat beban lateral (gempa) bekerja. Elemen ini memiliki perilaku sebagai balok pendek yang mengalami gaya geser pada kedua ujungnya dengan arah yang berlawanan. Karena adanya gaya geser pada kedua ujung link, maka momen yang dihasilkan pada kedua ujungnya memiliki besar dan arah yang sama.

Selain didesain lebih lemah dan harus mengalami kelelahan lebih awal dari pada elemen stuktur yang lain, *link beam* juga di desain untuk berperan dalam menyerap energi dengan stabil. Dalam menyerap energi link beam menggunakan mekanisme sendi plastik (*fully plastic hinge mechanism*), dimana link tidak diperbolehkan mengalami tekuk elastik dan tekuk

inelastik (*partially plastic buckling*) sebelum rotasi sendi plastik yang telah diatur dalam peraturan tercapai kapasitasnya.



Gambar 2.9 Gaya yang bekerja pada link
(Engelhart dan Popov,1988 ; Becker dan Isler, 1996)

Selain didesain lebih lemah dan harus mengalami kelelahan lebih awal dari pada elemen stuktur yang lain, *link beam* juga di desain untuk berperan dalam menyerap energi dengan stabil. Dalam menyerap energi link beam menggunakan mekanisme sendi plastik (*fully plastic hinge mechanism*), dimana link tidak diperbolehkan mengalami tekuk elastik dan tekuk inelastik (*partially plastic buckling*) sebelum rotasi sendi plastik yang telah diatur dalam peraturan tercapai kapasitasnya.

Oleh karena itu dalam pemilihan penampang *link* yang akan digunakan harus memenuhi peraturan yang berlaku, serta mendesain dengan memperhatikan batasan kelangsingan pada modulus elastisitas (E) dan mutu baja (f_y) yang akan dipakai.

2.3.3.2 Panjang Elemen Link Beam

Menentukan panjang elemen *link beam* merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendesain Sistem Rangka B्रेसing

Eksentrik (EBF). Panjang link (e) berfungsi untuk menentukan mekanisme kelelahan link, kapasitas energi disipasi *link* dan kegagalan *ultimate* pada elemen *link*. Selain itu panjang link (e) juga berfungsi mengontrol mekanisme leleh yang terjadi pada link serta menentukan perilaku inelastik elemen *link*. Persyaratan panjang *link* (e) disesuaikan dengan klasifikasi *link* berdasarkan perbedaan panjang pada AISC, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.

Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjangnya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). Untuk *link* geser (*short link*), perilaku inelastik dicapai terlebih dahulu oleh gaya geser sebelum momen lentur mencapai kapasitas plastisnya dan *link* mengalami leleh dalam geser. Sedangkan pada *link* lentur (*long link*) bersifat sebaliknya dari *link* geser (*short link*) dimana perilaku inelastik dicapai oleh momen terlebih dahulu sehingga kelelahan lentur terjadi lebih dahulu pada *link*.

2.3.3.3 Sudut Rotasi Elemen Link Beam

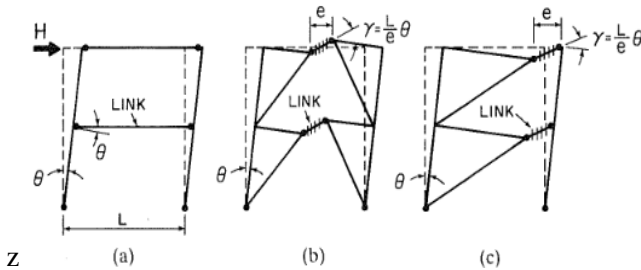
Sudut rotasi pada elemen *link beam* berfungsi menunjukkan adanya penyimpangan yang terjadi pada rangka, dengan terbentuknya sudut inelastis antara *link beam* dan balok di samping *link*. Sudut rotasi pada *link beam* terjadi ketika besarnya total *story drift* sama dengan desain *story drift*, θ . Dalam merencanakan struktur penahan gempa dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris besarnya rotasi pada *link beam* perlu untuk diperhitungkan, untuk menentukan besarnya rotasi akan lebih mudah dengan menggunakan mekanisme disipasi energi atau mekanisme kehancuran.

Pada Gambar 2.6 menjelaskan mekanisme kehancuran dari Sistem Rangka Bresing Eksentris dimana dalam design Sistem Rangka Bresing Eksentris besar dari kebutuhan rotasi link (γ) harus lebih besar dari θ , dengan perumusan sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta \quad (2.1)$$

Dimana :

- γ = Rotasi link
 L = Panjang balok
 e = Panjang link
 θ = Besar penyimpangan struktur



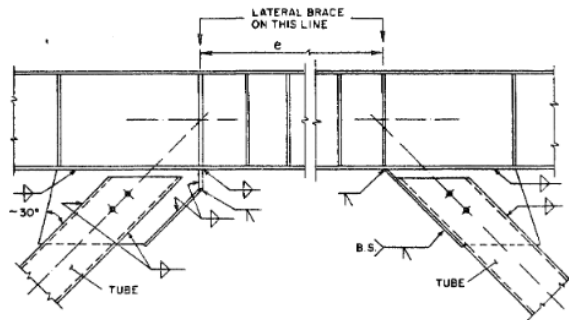
Gambar 2.10 Sudut Rotasi *Link Beam*
 (Sumber: Engelhart dan Popov, 1988)

2.3.3.4 Pendetaialan Elemen Link Beam

Pendetaialan pada elemen *link beam* bertujuan untuk memberi perkuatan pada link beam agar terkontrol dalam menerima beban lateral (gempa). Salah satu perkuatannya yaitu dengan memberikan *full depth stiffeners* pada ujung dan tengah-tengah link. *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung link untuk mentransfer gaya geser pada elemen penahan, sedangkan pada bagian tengah-tengah link (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional *buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain :

- Untuk panjang *link* $e \leq 1,6 M_p/V_p$, maka harus disediakan *intermediate web stiffeners* dengan jarak spasi interval tidak melebihi $30t_w - d/5$ untuk sudut rotasi *link* 0,08 radian atau $52t_w - d/5$ untuk sudut rotasi *link* 0,02 radian.
- Intermediate web stiffeners* harus *full depth*. Untuk tinggi penampang *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari t_w atau 3/8 inch (10 mm) (pilih yang terbesar) dan lebarnya tidak kurang dari $b_f/2 - t_w$.
- Syarat dari ketebalan dari *fillet weld* (las) yang menghubungkan pengaku dengan *link web* adalah $A_{st}f_y$ (LRFD), sedangkan untuk pengaku ke *link flange* adalah $A_{st}f_y/4$ (LRFD) yang mana A_{st} adalah area dari pengaku.



Gambar 2.11 Detailing Pada *Link Beam*
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

2.3.3.5 Klasifikasi Jenis Link

Berdasarkan ukuran panjang link (e), dikenal klasifikasi jenis link sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi *Link Beam*

Jenis Link	Syarat Link	Keterangan
Geser murni	$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh geser penuh
Dominan geser	$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh geser
Dominan lentur	$\frac{2,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada link didominasi oleh lentur
Lentur murni	$e \geq \frac{5M_p}{V_p}$	Leleh pada link disebabkan oleh lentur

Dimana :

- M_p = Momen plastis penampang link = $Z_x \cdot f_y$
- V_p = Gaya geser plastis penampang (badan) link
= $0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f)$
- f_y = Tegangan leleh nominal penampang
- Z_x = Modulus plastis penampang link.

Link geser atau link pendek memiliki kinerja yang baik dalam mendisipasi energi gempa melalui deformasi inelastik geser pada pelat badan link yang ditunjukkan dengan kurva histeresis yang ‘gemuk’ dan stabil. Dengan demikian, variasi panjang link akan menentukan tingkat kinerja SRBE. (Moestopo dan Yudi, 2006).

2.5 Pondasi

Pondasi merupakan elemen terpenting dalam sebuah perencanaan struktur, dimana merencanakan pondasi termasuk satu kesatuan dalam mendesain suatu struktur bangunan bertingkat tahan gempa. Posisi pondasi dalam struktur terletak di bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah serta berfungsi menahan gaya beban di atasnya dan meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Maka dari itu dalam perencanaannya pondasi harus di desain menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat dan stabil (*solid*).

Pada saat merencanakan pondasi suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Dalam pemilihan suatu tipe pondasi harus mengacu pada fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut. Selain dari segi fungsi bangunan, berat dari bangunan atas (*upper structure*), besarnya beban yang diterima, kondisi tanah dimana bangunan akan didirikan serta struktur bangunan ditinjau dari segi ekonomisnya termasuk beberapa faktor penting dalam pemilihan tipe pondasi yang akan digunakan.

Tipe Pondasi bangunan biasanya dibedakan menjadi dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Dalam menentukan suatu bangunan tersebut akan menggunakan pondasi dangkal atau dalam, dengan melihat letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar

pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi telapak

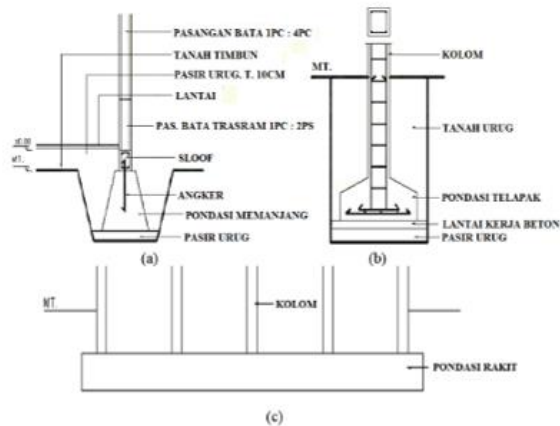
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.8 a)

b. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.8 b)

c. Pondasi rakit (raft foundation)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom- kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi- sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.8 c)



Gambar 2.12 Jenis Pondasi Dangkal
(Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

2. Pondasi dalam

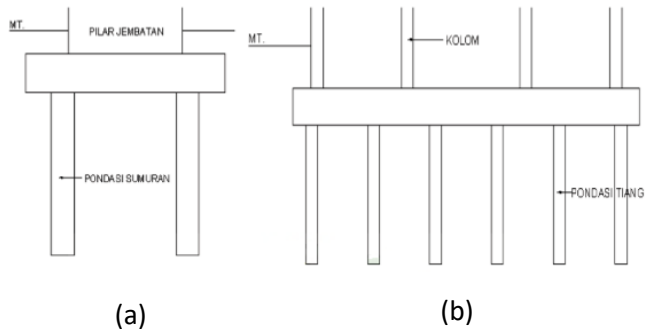
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$. (Gambar 2.9 a)

b. Pondasi tiang (*piled foundation*)

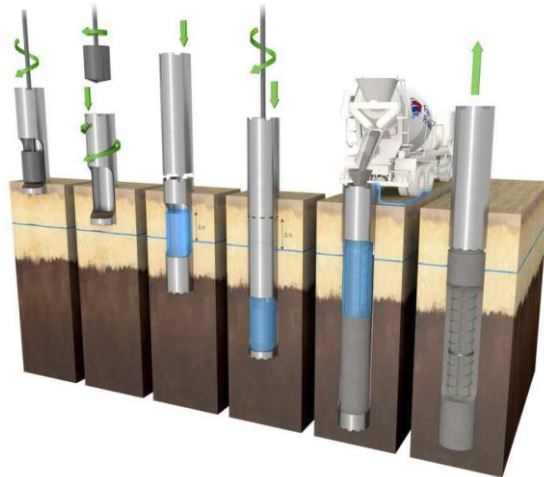
Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.9 b)



Gambar 2.13 Jenis Pondasi Dalam
(Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

c. Pondasi Tiang Bor (*bore pile foundation*)

Pondasi tiang bor merupakan salah satu alternatif pemakaian pondasi dalam selain pondasi tiang pancang. Istilah tiang bor dipakai ketika dalam pemasangan tiang tersebut, dibuat lubang pada tanah pada kedalaman tertentu dengan cara dibor, kemudian dimasukkan rangkaian tulangan dan selanjutnya dimasukkan adukan beton. Diameter tiang bor pada umumnya dipakai ≥ 75 cm, dan mutu beton yang digunakan rendah, berhubung sangat sulit dikontrol. (Untung, 2010).



Gambar 2.14 Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile
(sumber : <http://www.archiexpo.com>)

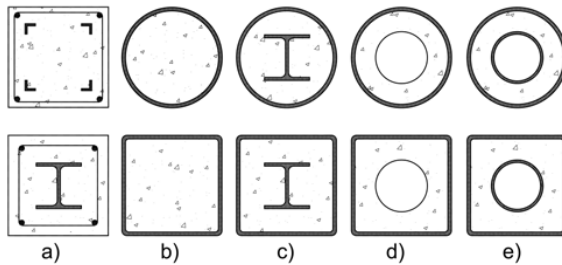
2.6 Kolom Concrete-Filled Steel Tube (CFT)

Kolom merupakan bagian yang paling vital dalam struktur karena kolom menerima beban aksial, beban lateral, dan momen yang terjadi akibat pembebanan. Beban yang telah diterima oleh kolom akan diteruskan menuju pondasi, sehingga tidak boleh terjadi kegagalan pada struktur kolom maupun hubungan balok-kolom (*beam column joint*) karena akan mengakibatkan keruntuhan (*collapse*) pada bangunan tersebut. Untuk menghindari terjadinya keruntuhan pada bangunan pemilihan material dan sistem kolom yang akan digunakan harus direncanakan dengan baik.

Dalam perencanaanya baja dan beton merupakan material yang sering digunakan dalam merencanakan struktur kolom. Material baja memiliki keunggulan berupa kekuatan tarik yang tinggi dan sangat daktail, sementara material beton memiliki

keunggulan dalam kekuatan dan kekakuan tekan yang baik. Seiring berjalannya waktu banyak dilakukan penelitian untuk menemukan sistem kolom baru yang lebih efektif dan efisien, salah satunya adalah kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT).

Kolom *Concrete-Filled Steel Tube* (CFT) adalah salah satu jenis kolom komposit yang memanfaatkan keunggulan kuat tarik yang tinggi dan daktilitas pada struktur baja, serta kekuatan dan kekakuan tekan pada sistem struktur beton. Bentuk kolom CFT sendiri terdiri dari pelat baja berongga melingkar atau persegi panjang yang diisi atau disentrifugasi tanpa perkuatan beton maupun diperkuat dengan beton.



Gambar 2. 15 Tipe-Tipe Kolom Komposit : *Concrete Encased Steel* (CES) (a), CFT (b), Kombinasi CES dan CFT (c), CFT dengan penampang baja berongga (d), dan penampang baja berongga pada bagian dalam dan luarnya.
 (Kuranovas, Kvedaras, 2007)

Kolom CFT memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa. Keunggulan utama pada kolom CFT adalah sebagai berikut :

a. Interaksi Antara Tabung Baja dan Beton

Tekuk lokal dari tabung baja tertunda dan penurunan kekuatan setelah tekuk lokal dapat dikendalikan karena ditahan oleh beton. Di sisi lain kekuatan beton

meningkat karena tabung baja berperan sebagai bekisting yang mengikat beton dan membatasi retak pada beton, sehingga kerusakan yang terjadi tidak terlalu parah. Terjadinya susut dan rangkak pada beton jauh lebih kecil jika dibandingkan kolom beton bertulang biasa.

b. Kemampuan Penampang

Penggunaan tabung baja pada kolom CFT lebih besar dalam menahan tekanan tinggi dan tekanan yang tidak terkendali jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa dan *Concrete Encased Steel* (CES). Letak tabung baja pada bagian luar kolom CFT memberikan dampak baja menjadi lebih plastis ketika menerima lentur.

c. Efisiensi Pada Saat Konstruksi

Penggunaan tenaga kerja untuk memasang bekisting dan merangkai tulangan bisa dikurangi dan pengecoran beton menggunakan pompa. Efisiensi penggunaan kolom CFT berdampak pada bersihnya pada saat pelaksanaan, pengurangan tenaga kerja, biaya konstruksi dan menghemat waktu konstruksi.

d. Ketahanan Terhadap Api

Adanya beton pada kolom CFT meningkatkan ketahanan terhadap api, sehingga penggunaan bahan tahan api dapat dikurangi atau dihilangkan pada kolom CFT.

e. Biaya Pelaksanaan

Karena beberapa keunggulan dan manfaat yang telah dijelaskan di atas, optimasi biaya pelaksanaan yang

lebih baik dapat diperoleh dengan mengganti kolom struktur baja dengan kolom CFT.

f. Ekologi Lingkungan

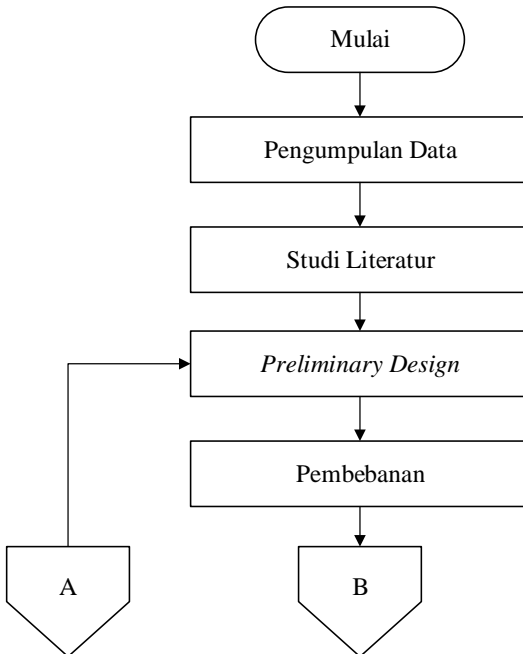
Penggunaan kolom CFT mengurangi penggunaan bekisting kayu dengan menggunakan tabung baja sebagai bekisting sehingga turut menjaga ekologi lingkungan. Beton yang digunakan pada kolom CFT menggunakan beton mutu tinggi dengan agregat daur ulang.

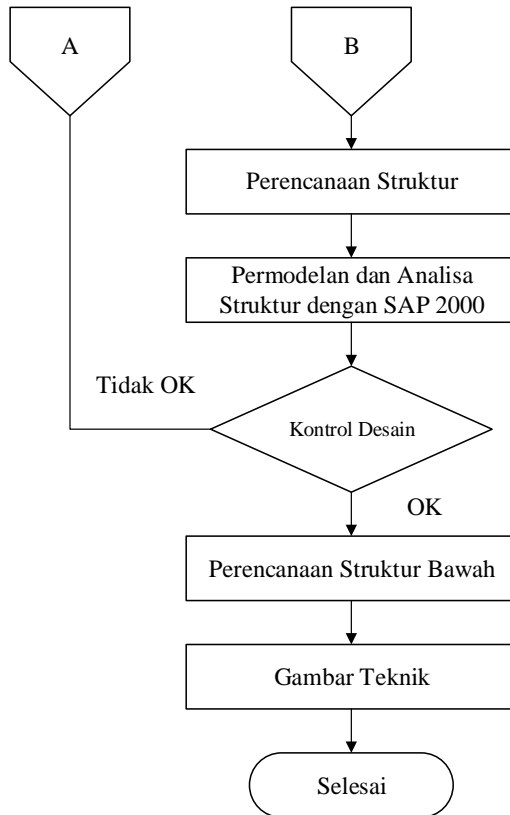
BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyelesaian Modifikasi Desain Bangunan

Untuk memodifikasi desain suatu struktur bangunan diperlukan metodologi atau langkah-langkah dalam memodifikasi desain bangunan agar pada saat pengerjaanya lebih sistematis dan terstruktur.

Langkah – Langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan modifikasi desain bangunan ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.2 Metodologi pengerjaan Modifikasi Desain Bangunan

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan Data

Sebelum memulai mendesain dan menganalisa dilakukan pengumpulan data yang valid seperti data umum bangunan , data tanah dimana lokasi bangunan akan di bangun serta data lain yang dapat membantu proses pengerjaan proposal tugas akhir. Pengumpulan data yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. Data umum bangunan :
1. Nama Gedung : Hotel Grand Dafam Kayoon
Surabaya
 2. Lokasi : Surabaya
 3. Fungsi : Hotel
 4. Jumlah Lantai : 20 Lantai
 5. Tinggi Gedung : 65,6 m
 6. Material Struktur : Beton bertulang
 7. Sistem struktur : Sistem ganda

Pada Proposal Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaanya menggunakan material baja dengan data sebagai berikut :

1. Nama Gedung : Hotel Grand Dafam Kayoon
Surabaya
 2. Lokasi : Surabaya
 3. Fungsi : Hotel
 4. Jumlah Lantai : 20 Lantai
 5. Tinggi Gedung : 65,6 m
 6. Material Struktur : Baja
 7. Sistem struktur : *Ecentrically Braced Frame (EBF)*
 8. Rencana Pondasi : Tiang pancang
- b. Data gambar bangunan :
- Data gambar berupa gambar arsitektur dan struktur bangunan. Gambar dapat dilihat pada lampiran.

- c. Data tanah :
Data tanah berupa grafik SPT. Data tanah dapat dilihat pada lampiran.

3.2.2 Studi Literatur

Dalam merencanakan desain struktur bangunan baja diperlukan studi terhadap literatur yang berkaitan mengenai struktur bangunan baja. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 1729:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
3. SNI 1729:2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
4. SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
5. Buku struktur baja 1 (Marwan Ibrahim dan Isdarmanu)
6. Buku Daya dukung pondasi dalam (Herman Wahyudi)
7. Buku Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD (Agus Setiawan)
8. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan SRBE

3.2.3 Preliminary Design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan, material struktur dan dimensi profil yang akan digunakan. Perkiraan yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan Struktur Sekunder meliputi :
 - Pelat lantai
 - Balok Anak
 - Tangga
 - Balok Penumpu Lift
- b. Perencanaan Struktur Utama meliputi :
 - *Link Beam*
 - Dimensi balok induk
 - Dimensi kolom
 - Dimensi pengaku

3.2.4 Analisa Pembebanan

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan beban- beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi yang mendekati keadaan yang sesungguhnya. Salah satu metode pendekatannya adalah dengan perhitungan beban struktur yang terdiri dari beberapa macam beban sebagai berikut :

1. Beban Mati (SNI 1729:2013 Pasal 3)
2. Beban Hidup (SNI 1729:2013 Pasal 4)
3. Beban Angin (SNI 1729:2013 Pasal 26)
4. Beban Gempa (SNI 1726:2012)
5. Kombinasi Pembebanan (SNI 1726:2013)

3.2.5 Konsep Perencanaan Struktur Baja

Melakukan langkah-langkah perhitungan dan perencanaan suatu struktur baja sesuai dengan dkonsep perencanaan dalam mendesain bangunan struktur baja.

- a. **Perencanaan Struktur Sekunder**
Melakukan desain struktur sekunder sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :
 - Pelat Lantai
 - Balok Anak
 - Tangga
 - Balok Penumpu Lift

- b. **Perencanaan Struktur Utama**
Melakukan desain struktur primer sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :
 - Desain Balok
 - Desain Kolom
 - Desain Elemen Link Beam

- c. **Perencanaan Sambungan**
Melakukan perencanaan sambungan sesuai dengan mutu bahan dan bentuk struktur agar tidak menimbulkan perilaku yang mempengaruhi struktur lain

3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur

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

3.2.7 Kontrol Desain Struktur Baja

Melakukan kontrol kemampuan semua struktur yang telah direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Kontrol kemampuan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.2.7.1 Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Desain elemen struktur utama dikontrol berdasarkan peraturan pada SNI 1729:2015 agar bangunan mampu memikul gaya-gaya yang diterima oleh struktur. Kontrol Struktur Utama meliputi :

a. Kolom

Kolom komposit CFT menerima beban kombinasi normal dan lentur maka syarat serta kontrolnya sebagai berikut :

- Kriteria untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan
 - Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.1)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.2)$$

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit
Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

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

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.3)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.4)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.5)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maks. yang diijinkan)} \quad (3.6)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton.

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.7)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.8)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.9)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.10)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c \left(A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.11)$$

Penampang persegi diisi beton,

- Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.12)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.13)$$

Ketrangan :

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

- P_{nr} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
 P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali B_1 untuk Efek $P - \delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.14)$$

dimana ,

- α = 1.00 (DFBK)
 C_m = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.15)$$

Dengan M_1 dan M_2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.

- P_{e1} = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.16)$$

dimana ,

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

E = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴

L = Panjang komponen struktur, mm

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

- Pengali B_2 untuk Efek $P - \Delta$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} \quad (3.17)$$

Dimana ,

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 pernaahan gaya lateral.

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

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.18)$$

Dimana ,

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

L = Tinggi tingkat, mm

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.

Δ_H = Simpangan tingkat dalam orde pertama.

H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk mengitung Δ_H , N

- Momen Nominal

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.19)$$

Keterangan :

M_u = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor tahanan = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

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

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.20)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.21)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.22)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.23)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left(3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.24)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.25)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.26)$$

- Persamaan Interaksi aksial momen

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

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

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.27)$$

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

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.28)$$

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

b. Balok

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (3.29)$$

Dimana ,

M_u	=	Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD
ϕ_b	=	Faktor ketahanan lentur, sebesar 0,9
M_n	=	Kuat lentur nominal balok ditinjau terhadap berbagai kondisi batas (material atau geometri) sesuai prosedur

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal- hal sebagai berikut:

a. Cek terhadap kelangsingan penampang Sayap (*flange*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{b}{t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.31)$$

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.32)$$

Badan (*web*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{d - 2(t_f + r)}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.28)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.29)$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

Jika $\lambda > \lambda_r$, maka penampang termasuk penampang langsing, dimana:

λ = faktor kelangsingan penampang

C	=	batas kelangsingan untuk penampang kompak
h	=	tinggi penampang
bf	=	lebar sayap
tw	=	tebal badan
tf	=	tebal sayap
fy	=	tegangan leleh baja
r	=	jari-jari kelengkungan
λ_r	=	batas kelangsingan untuk penampang non kompak
fr	=	tegangan residu, untuk penampang buatan pabrik 70 Mpa dan jika penampang buatan dilas 115 Mpa

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

- Penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (3.31)$$

$$M_p = F_y Z_x \quad (3.32)$$

c. Cek terhadap tekuk torsi lateral

- Bentang Pendek

Syarat bentang pendek: $L_b < L_p$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.33)$$

Kapasitas lentur: $M_n = M_p$

- Bentang menengah

Syarat bentang menengah: $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.34)$$

Dimana ,

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1ht_w}{6b_f t_f}\right)}} \quad (3.35)$$

$$C_w = \frac{1}{24} t_f b^3 (h - 2t_f)^2 \quad (3.36)$$

Kapasitas lentur:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.37)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3 \quad (3.38)$$

Keterangan:

- C_b = koefisin pengali momen tekuk lateral
- M_{\max} = harga absolute momen max pada segmen tanpa pengaku lateral pada sebuah balok (L_b).
- L_b = panjang bentang antara dua pengaku lateral

L_p	=	panjang bentang maksimum untuk balok yang dapat menerima beban plastis
L_r	=	panjang bentang minimum balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral
M_A	=	momen pada $\frac{1}{4}$ bentang L_b
M_B	=	momen pada $\frac{1}{2}$ bentang L_b
M_C	=	momen pada $\frac{3}{4}$ bentang L_b
E	=	Modulus elastisitas baja
r_y	=	jari-jari girasi terhadap sumbu y (sumbu lemah)
G	=	Modulus geser baja
J	=	konstanta puntir torsi
C_w	=	kostanta warping penampang
S_x	=	modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat
h_o	=	jarak antar titik elemen sayap

- Bentang panjang
Syarat bentang panjang: $L_b > L_r$

Kapasitas lentur: $M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.39)$$

d. Cek nominal geser

Kuat geser nominal, V_n pelat badan dari profil simetris tunggal atau ganda atau profil UNP, yang direncanakan tanpa memanfaatkan kekuatan pasca-tekuk, ditentukan dari kondisi batas akibat leleh dan tekuk akibat geser sebagai berikut :

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.40)$$

- Untuk badan profil I *hot-rolled* jika $\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$, maka

$$\phi_v = 1.0 \text{ dan } C_v = 1.0 \quad (3.41)$$

- Profil yang tidak memenuhi persyaratan diatas, tetapi simetris ganda atau tunggal maka C_v ditetapkan dari kelangsingan pelat badan atau rasio h/t_w dalam tiga kategori berikut :

$$1. \text{ Jika } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.42)$$

$$C_v = 1.0$$

$$2. \text{ Jika } 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.43)$$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.44)$$

$$3. \text{ Jika } \frac{h}{t_w} \geq 1,37 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad (3.45)$$

$$C_v = \frac{1,51k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.46)$$

Koefisien tekuk geser pelat badan, k_v ditentukan sebagai berikut :

- Untuk badan tanpa *pengaku transversal* dan dengan

$$\frac{h}{t_w} \leq 260, \quad \text{maka } k_v = 5,$$

kecuali untuk badan profil T dimana, $k_v = 1,2$

- Untuk badan dengan pengaku transversal , maka

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.47)$$

$$k_v = 5 \text{ bila } \frac{a}{h} > 3,0 \text{ atau } \frac{a}{h} > \left[\frac{260}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \right]^2 \quad (3.48)$$

Keterangan:

V_n = kapasitas nominal geser penampang

V_u = kapasitas geser perlu

A_w = luas pelat badan ($A_w = d.t_w$)

h = tinggi penampang

c. Desain Elemen Link Beam

1. Kuat Elemen Link

Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen link ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.49)$$

$$V_p = 0,6f_y(h - 2t_f)t_w \quad (3.50)$$

Dimana:

M_p	=	Momen plastis penampang
Z_x	=	Modulus plastis penampang
f_y	=	Tegangan leleh penampang
V_p	=	Gaya geser plastis penampang
h	=	Tinggi penampang
t_f	=	Tebal <i>flens</i>
t_w	=	Tebal <i>web</i>

2. Panjang Link Beam

Ketentuan mengenai panjang link (e) adalah sebagai berikut:

Link geser (short links):

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.51)$$

Link medium (intermediate links):

$$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.52)$$

Link lentur (short links):

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.53)$$

Dimana :

- M_p = momen plastis penampang link = $Z_x \cdot f_y$
 V_p = gaya geser plastis penampang (badan) link = $0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f)$
 Z_x = modulus plastis penampang link.

3. Sudut Rotasi Link Beam

Sudut rotasi link beam seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

- 0,08 radian untuk panjang *link* $e \leq 1,6M_p/V_p$
- 0,02 radian untuk panjang *link* $e \geq 2,6M_p/V_p$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link* $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$

d. Perencanaan Sambungan

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama (ϕR_n) menurut SNI 1729: 2015 Pasal J3.6 sebagai berikut :

$$R_n = F_n A_b \quad (3.52)$$

Dimana , $\phi = 0.75$

Keterangan :

- A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm²)
 F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nw} dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut SNI 1729 : 2015 Pasal J3.7 :

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3.53)$$

Dimana, $\phi = 0.75$

Keterangan :

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

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.54)$$

F_{nt} = tegangan tarik nominal dari Tabel 3.8-1, ksi (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari Tabel 3.8-1, ksi (MPa)

f_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban, ksi (MPa)

Tabel 3.1 Kekuatan tarik (F_{nt}), kekuatan geser (F_{nv})

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} , ksi (MPa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, F_{nv} , ksi (MPa) ^[b]
Baut A307	45 (310)	27 (188) ^[c]
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$

^[a] untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3
^[b] Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.
^[c] Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.
^[d] Ulir diizinkan pada bidang geser.

e. Kontrol Terhadap Gempa

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

1. Kontrol Partisipasi Massa
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%
2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%
3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental
Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.55)$$

Dimana nilai parameter untuk SRBE adalah:

$$\begin{aligned} C_t &= 0,0731 \\ x &= 0,75 \\ h_n &= \text{Tinggi gedung} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kinerja Struktur Gedung
Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 1726: 2012 Pasal 7.9.3

3.2.8 Perencanaan Struktur Bawah

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

3.2.8.1 Perencanaan Tiang Bor (Bore Pile)

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

1. Perhitungan Dimensi Penampang Tiang Bor (*Bore Pile*)

Penentuan diameter tiang (D_s) pada tiang bor dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{Q_w}{f'_c} = \frac{Q_w}{0,25f'_c}$$

$$\frac{1}{4}\pi D_s^2 = \frac{Q_w}{0,25f'_c} \rightarrow D_s = 2,257 \sqrt{\frac{Q_w}{f'_c}} \quad (3.56)$$

Dimana,

- A = luas penampang tiang bor
- Q_w = beban yang bekerja diatas tiang
- f'_c = jarak horizontal antar tulangan miring
- D_s = diameter tiang bor

2. Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor (*Bore Pile*)

Daya dukung tiang pada bore pile dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_u = Q_e + Q_f \text{ dan } \bar{Q} = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.57)$$

Dimana,

Q_u	=	daya dukung ultimate
\bar{Q}	=	daya dukung ijin
Q_e	=	daya dukung di ujung tiang
Q_f	=	daya dukung pada selimut tiang
SF	=	angka keamanan

- Daya Dukung di Ujung Tiang (Q_e)

- a. Untuk Jenis Tanah Pasir

$$Q_e = A_p q' (N_q^* - 1) \quad (3.58)$$

Dimana,

A_p	=	luas penampang pada ujung tiang
N_q^*	=	faktor daya dukung dari vesic
q'	=	tegangan efektif vertikal

- b. Untuk Jenis Tanah Liat

$$Q_e = A_p C_u N_c \quad (3.59)$$

Dimana :

N_c	=	9
C_u	=	<i>undrained cohesion</i>

- Daya Dukung Pada Selimut Tiang (Q_f)

$$Q_f = \int_0^L p f dz \quad (3.60)$$

Dimana,

- L = panjang tiang
- p = keliling tiang
- f = hambatan pelekat
- dz = luas diagram tekanan tanah pada tiang

a. Untuk Jenis Tanah Pasir ($C = 0$)

Dimana perhitungan rumusnya sebagai berikut :

$$Q_f = \int_0^L p f dz \quad f = (1 - \sin \theta) \sigma' t g \delta$$

(3.61)

$$Q_f = \pi D s (1 - \sin \phi) \int_0^L \sigma' t g \delta dz$$

dimana $\delta = \left(\frac{2}{3} \cdot \phi\right)$

(3.62)

$$Q_{net} = \frac{Q_e + Q_f}{SF} \quad (3.63)$$

b. Untuk Jenis Tanah Liat ($\phi = 0$ & $N_q = 1$)

Dimana perhitungan rumusnya sebagai berikut

$$Q_f = \sum_{L=0}^{L=i1} \alpha C u p \Delta l \rightarrow \alpha = 0,35 - 0,6$$

(3.64)

3. Penulangan Tiang Bor (*Bore Pile*)

- Menghitung Tulangan Utama

Untuk menghitung tulangan utama, maka menggunakan (SNI 2847-2014, Lampiran B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0,85 f'_c \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.65)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \rho_b &= \text{rasio tulangan berimbang} \\ f'_c &= \text{kuat tekan beton} \\ f_y &= \text{tegang leleh baja} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, pasal 10.2.7.3, untuk f'_c antara 17 dan 28 MPa, β_1 harus diambil sebesar 0,85. Untuk f'_c diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 Mpa diatas 28 MPa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

Rasio tulangan maksimum dibatasi sebesar:

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \quad (3.66)$$

Rasio tulangan minimum dibatasi sebesar :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \quad (3.67)$$

Dengan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad (3.68)$$

$$\rho_{perlu} = 0,5 \rho_b \quad (3.69)$$

$$R_n = 0,5 \rho_b f_y \left(1 - \frac{0,588 \rho_{perlu} f_y}{f'_c} \right) \quad (3.70)$$

Jika $b = \frac{Ag}{0,8 D}$ dan $d = 0,8 D$, maka luasan tulangan (As) dari ρ yang didapatkan :

$$A_{S_{perlu}} = \rho b d \quad (3.71)$$

- Menghitung Tulangan Geser

Menghitung tulangan geser dengan perencanaan lentur adalah (SNI 2847-2013, pasal 11.1.1)

$$\phi V_n > V_u \quad (3.72)$$

Dimana,

ϕV_n = kapasitas kuat geser penampang

V_u = geser ultimate yang ditahan oleh penampang

Berdasarkan SNI 2847-2013, pasal 11.4.7.3, bila pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral digunakan sebagai tulangan geser, maka V_s harus dihitung menggunakan persamaan 2.20 untuk struktur bulat, dimana d boleh diambil 16 kali diameter penampang beton.

A_v harus diambil sebagai dua kali luas batang tulangan pada pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral dengan spasi s , s diukur dalam arah parallel terhadap tulangan longitudinal dan f_{yt} adalah kekuatan leleh tulangan pengikat melingkar, sengkang tertutup, atau spiral yang disyaratkan.

$$V_n = V_s + V_c \quad (3.73)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3.74)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.75)$$

3.2.8.2 Perencanaan Poer

- Kontrol Tebal Minimum Poer

Menurut (SNI 2847: 2013) tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

- Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

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

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

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 3.6 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.

- Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.76)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.77)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3.78)$$

- Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.79)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.80)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.81)$$

$$V_c = 033 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.82)$$

Keterangan:

Bc	=	Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom
α	=	40 untuk kolom dalam
	=	30 untuk kolom tepi
	=	20 untuk kolom sudut
B0	=	Parameter penampang kritis
d	=	Tinggi manfaat pelat

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

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

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.83)$$

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.84)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.85)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.86)$$

3.2.9 Penggambaran Teknik

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur atas dan struktur bawah ke dalam gambar rencana. Gambar rencana dibuat menggunakan program Auto CAD.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Umum

Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur sekunder dibuat *typical*.

4.2 Perencanaan Pelat

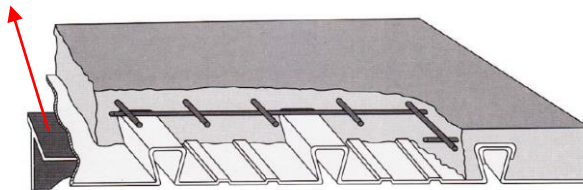
Perencanaan pelat lantai pada bangunan dibagi menjadi 5 bagian yaitu :

1. Perencanaan Pelat Atap
2. Perencanaan Pelat Parkir
3. Perencanaan Pelat Ballroom
4. Perencanaan Pelat Lantai Hunian
5. Perencanaan pelat Lantai Kantor

Seluruh struktur lantai didesain menggunakan bondek dengan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER STEEL INDAH. Pelat bondek yang akan digunakan berdasarkan borsur *Super Floor Deck* dengan keterangan sebagai berikut :

- Struktur lantai direncanakan tanpa menggunakan penyangga (*no props*) untuk bentang 1,75 – 2,5m, sedangkan untuk bentang 3 meter menggunakan penyangga.
- Tebal Bondek sendiri adalah 0.75 mm.
- Mutu Beton yang digunakan adalah $f'c$ 25 MPa.
- Mutu Baja Tulangan U-48
- Tulangan menggunakan Wiremesh dari PT.Union Metal

ELEMEN BALOK

**Gambar 4.1** Perencanaan Perletakan Lantai Komposit

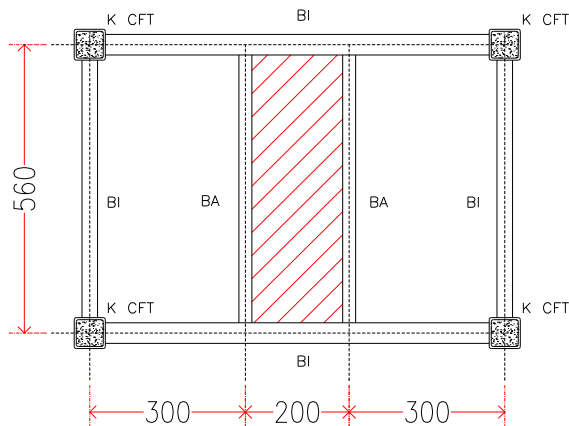
Super Flor Deck 0,75 mm		BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M ²		200		300		400		500		600		700		1000	
TIANG PENYANGGA PROPING	BENTANG SPAN m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1,50	9	0,59	9	0,73	9	0,85	9	0,98	9	1,11	9	1,31	9	1,65
	1,75	9	0,81	9	0,99	9	1,17	9	1,35	9	1,53	9	1,81	10	2
	2,00	9	1,07	9	1,31	9	1,55	9	1,79	9	2,03	9	2,39	10	2,65
	2,25	9	1,37	9	1,68	9	1,98	9	2,3	9	2,6	9	3,08	11	3,04
	2,50	9	1,71	9	2,09	9	2,48	9	2,86	9	3,25	10	3,39	14	2,92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2,75	9	2,09	9	2,25	9	3,02	10	3,11	11	3,18	12	3,39	15	3,33
	3,00	9	2,51	9	3,07	9	3,25	11	3,38	12	3,49	13	3,75		
	3,25	10	2,70	10	3,27	10	3,84	12	3,67	12	3,82	14	4,12		
	3,50	11	2,90	11	3,49	11	4,09	12	4,29	13	4,46	15	4,51		
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3,75	11	3,36	11	4,04	11	4,73	13	4,61	14	4,81				
	4,00	12	3,59	12	4,28	12	4,99	14	4,93	15	5,17				
	4,50	13	4,34	13	5,14	14	5,58	15	5,95						
	5,00	15	4,90	15	5,73	15	6,58								

Gambar 4.2 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex

Keterangan :

- *Tabel Perencanaan Praktis di dapatkan dari brosur PT SUPER STEEL INDAH*

4.2.1 Perencanaan Pelat Atap



Gambar 4.3 Pelat Lantai Atap

Beban Mati (q_D) :

- Berat plafon = 5 kg/m^2
- Berat penggantung = 10 kg/m^2
- Berat Ducting dan Plumbing = 20 kg/m^2
- Berat Spesi ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$

$$q_D \text{ Total} = 77 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (q_L) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- Lantai Atap ($0,96 \text{ kN/m}^2$) = $97,86 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 77 + 97,64$
 $= 174,86 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 200 kg/m²
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 1,07 cm²/m

Direncanakan tulangan negatif (\emptyset) :

- Diamter Tulangan = 6 mm
- As = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 = 28,2743 \text{ mm}^2 = 0,283 \text{ cm}^2$

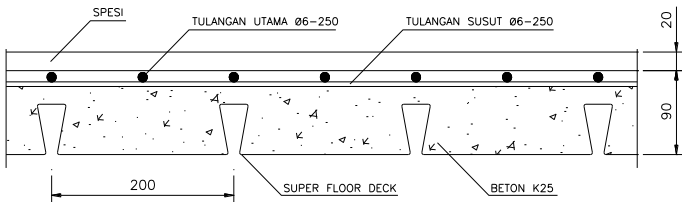
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- n = $\frac{1,07}{0,283} = 3,784$ Buah

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

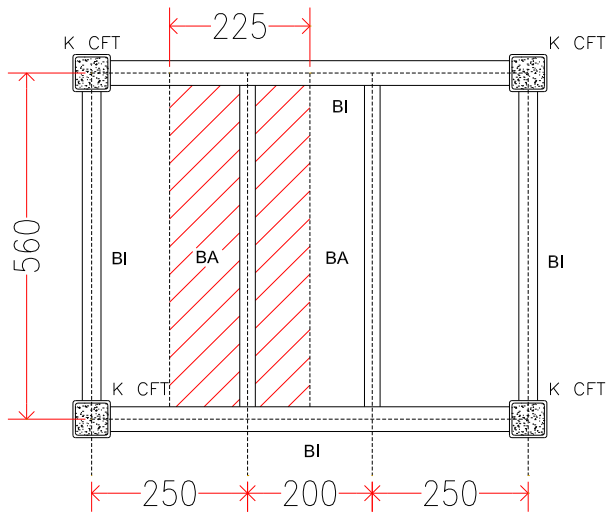
- s = $\frac{1000}{3,784} = 264,2 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran $\emptyset 6 - 250$



Gambar 4.4 Penulangan Pelat Atap

4.2.2 Perencanaan Pelat Parkir



Gambar 4.5 Pelat Lantai Parkir

Beban Mati (q_D) :

- Berat Aspal ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 14 \text{ kg/m}^2$ = 28 kg/m^2
- Berat Penggantung = 10 kg/m^2
- Berat Ducting dan Plumbing = 20 kg/m^2
- Berat Spesi ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2$ = 42 kg/m^2

$$q_D \text{ Total} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (q_L) (*PPIUG 1983 Tabel 3.1 hal 17*) :

- Lantai Parkir = 400 kg/m^2

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 100 + 400$
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \quad \approx \quad 500 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 500 kg/m²
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 1,79 cm²/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 6 mm
- $As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 = 28,274 \text{ mm}^2 = 0,283 \text{ cm}^2$

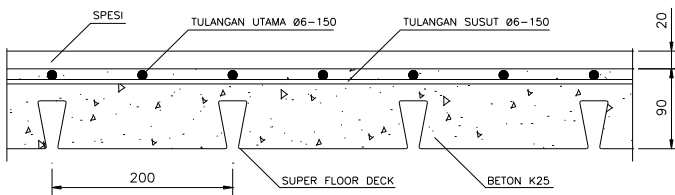
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $n = \frac{1,79}{0,283} = 6,331$ Buah

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

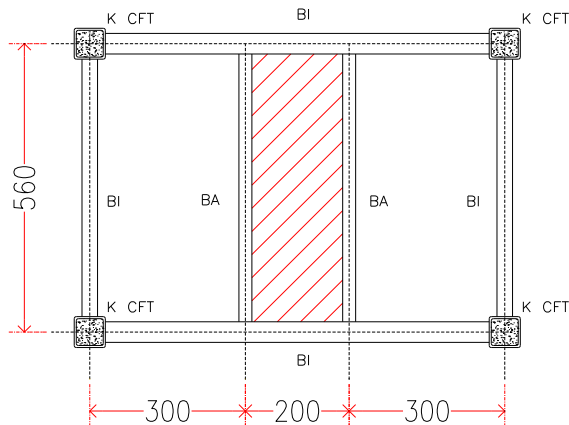
- $s = \frac{1000}{6,331} = 158 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 6 – 150



Gambar 4.6 Penulangan Pelat Parkir

4.2.3 Perencanaan Pelat Ballrom



Gambar 4.7 Pelat Lantai Ballrom

Beban Mati (q_D) :

- Berat Plafond = 5 kg/m^2
- Berat tegel ($t = 1\text{cm}$) = $1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$
- Berat Penggantung = 10 kg/m^2
- Berat Ducting dan Plumbing = 20 kg/m^2
- Berat Spesi ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$

$$q_D \text{ Total} = 101 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (q_L) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- Lantai Ballrom (4,79 kN/m^2) = 488,3 kg/m^2

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 101 + 488,3$
 $= 589,28 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 600 kg/m²
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 2.03 cm²/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm
- $As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$

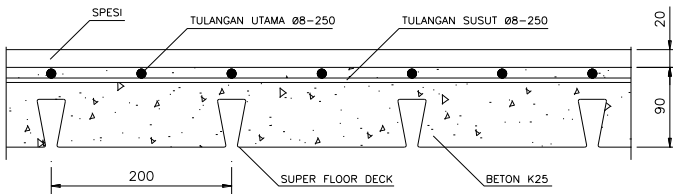
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $n = \frac{2,03}{0,503} = 4,039$ Buah

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

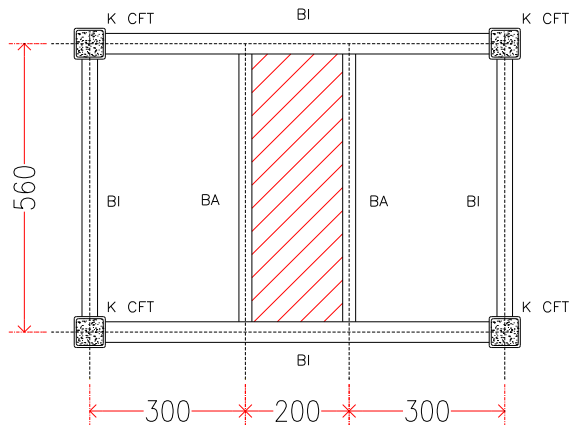
- $s = \frac{1000}{4,039} = 247,6 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 8 – 250



Gambar 4.8 Penulangan Pelat Balroom

4.2.4 Perencanaan Pelat Lantai Hunian



Gambar 4.9 Pelat Lantai Hunian

Beban Mati (q_D) :

- Berat Plafond = 5 kg/m^2
- Berat tegel ($t = 1\text{cm}$) = $1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$
- Berat Penggantung = 10 kg/m^2
- Berat Ducting dan Plumbing = 20 kg/m^2
- Berat Spesi ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$

$$q_D \text{ Total} = 104 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (q_L) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

- Lantai Hunian ($4,79 \text{ kN/m}^2$) = 488,3 kg/m^2

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 101 + 488,3$
 $= 589,28 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 600 kg/m²
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 2.03 cm²/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm
- $As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$

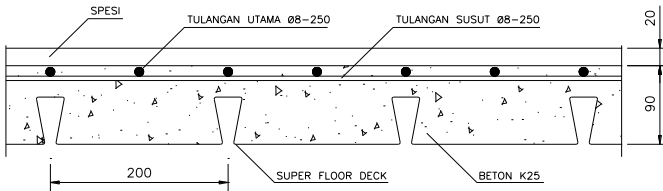
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $n = \frac{2,03}{0,503} = 4,039$ Buah

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

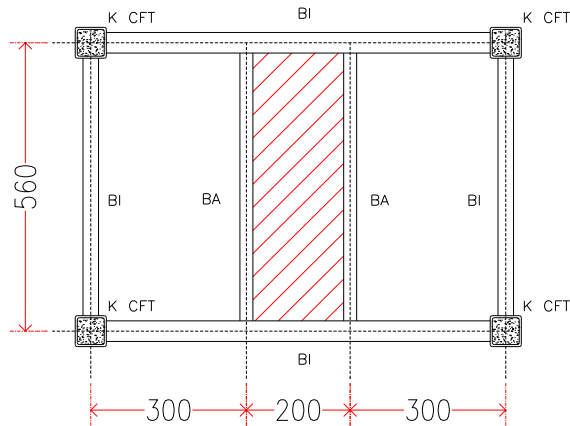
- $s = \frac{1000}{4,039} = 247,6 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 8 – 250



Gambar 4.10 Penulangan Pelat Lantai Hunian

4.2.5 Perencanaan Pelat Lantai Kantor



Gambar 4.11 Pelat Lantai Kantor

Beban Mati (q_D) :

- Berat Plafond = 5 kg/m^2
- Berat tegel ($t = 1\text{cm}$) = $1 \times 24 \text{ kg/m}^2$ = 24 kg/m^2
- Berat Penggantung = 10 kg/m^2
- Berat Ducting dan Plumbing = 20 kg/m^2
- Berat Spesi ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2$ = 42 kg/m^2

$$q_D \text{ Total} = 101 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (q_L) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Atap (2,40 kN/m^2) = 244,7 kg/m^2

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 101 + 244,7$
 $= 345,65 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,00 m
- Beban Berguna = 400 kg/m²
- Tebal Pelat = 9 cm
- Tulangan negatif = 1,55 cm²/m
- Tanpa penyangga

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm
- $As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$

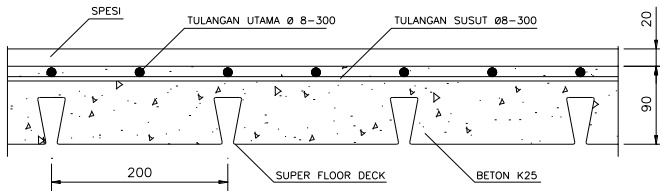
Jumlah Antar Tulangan (n) :

- $n = \frac{1,55}{0,503} = 3,084 \text{ Buah}$

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

- $s = \frac{1000}{3,084} = 324,3 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran Ø 8 – 300



Gambar 4.12 Penulangan Lantai Kantor

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Tebal dan Tulangan Pelat

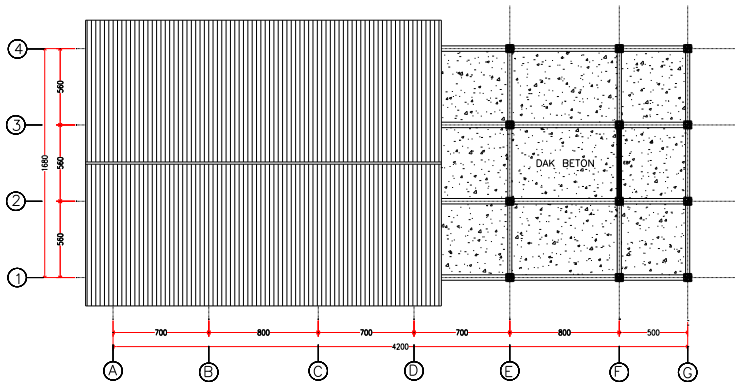
No	Bentang Pelat m	Fungsi	Beban Berguna kg/cm ²	Tebal Pelat cm	Tulangan Negatif
Lantai Atap					
1	2,00	Atap	200	9	Ø 6 - 250
2	2,50	Atap	200	9	Ø 8 - 300
3	3,00	Atap	200	9	Ø 8 - 200
Lantai 15					
1	1,75	Atap	200	9	Ø 6 - 350
2	2,00	Ruang Publik	600	9	Ø 8 - 250
3	2,50	Ruang Publik	600	9	Ø 10 - 250
4	3,00	Ruang Publik	600	12	Ø 10 - 200
Lantai 4 - 14					
1	1,75	Hunian	600	9	Ø 6 - 250
2	2,00	Hunian	600	9	Ø 8 - 300
3	2,50	Hunian	600	9	Ø 8 - 200
4	3,00	Hunian	600	12	Ø 8 - 150
Lantai 2 - 3					
1	1,75	Kantor	400	9	Ø 6 - 250
2	2,00	Kantor	400	9	Ø 8 - 300
3	2,50	Kantor	400	9	Ø 8 - 200
4	3,00	Kantor	400	10	Ø 8 - 150
Lantai MZ 1 - 1b					
1	1,75	Parkiran	500	9	Ø 6 - 200
2	2,00	Parkiran	500	9	Ø 6 - 150
3	2,50	Parkiran	500	9	Ø 8 - 200
4	3,00	Parkiran	500	11	Ø 8 - 150

Keterangan :

- *Tebal Pelat yang paling besar digunakan sebagai acuan ketebalan pada lantai tersebut untuk mempermudah pemasangannya.*

4.3 Perencanaan Atap Rangka Baja

Atap rangka baja direncanakan menggunakan rangka kaku, dengan penutup atap adalah seng gelombang. Atap rangka baja diletakkan di daerah ballroom seperti pada gambar 4.11 sebagai berikut :



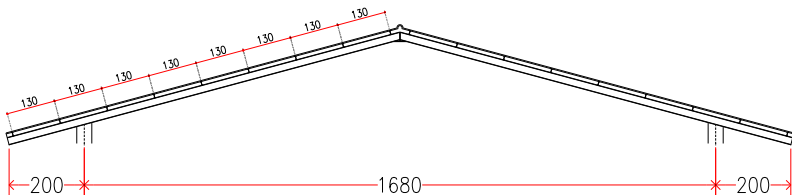
Gambar 4.13 Posisi Atap Baja Pada Grand Dafam

Direncanakan Penutup Atap dengan menggunakan data sebagai berikut :

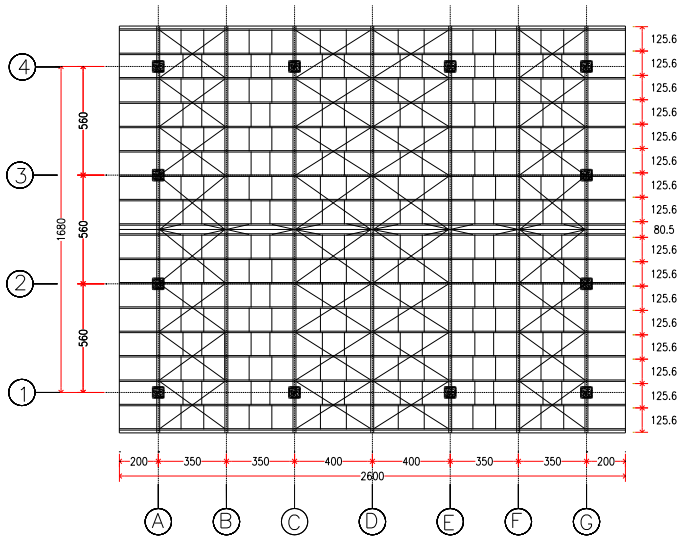
- Jenis Penutup Atap = *Sarana Roof Deck*
- Tebal = 0,5 mm
- Bentang Tengah Max = 1,7 m
- Bentang Tepi Max = 1,3 m
- Kantilever Max = 0,3 m
- Berat = 5 kg/m²
- Sudut Kemiringan Atap (α) = 15°
- Tekanan Angin (w) = 25 kg/m²

Data Bangunan yang akan di pasang Rangka Atap Baja adalah sebagai berikut :

- Jarak Antar Kolom (B_1) = 5,6 m
- Bentang Kuda-Kuda (L_y) = 16,8 m
- Sudut atap (α) = 15 °
- Bentang Miring Kuda-Kuda = $\frac{0,5 \times L_y}{\cos \alpha}$
 $= \frac{0,5 \times 16,8}{\cos 15^\circ} = 8,7 \text{ m}$
- Jumlah Gording = $\frac{8,7}{1,3} = 6,69 \approx 7,0 \text{ Buah}$
- Jumlah Gording Total
 - a. 7,0 Buah + 2 Buah = 9,0 Buah
 - b. 9,0 Buah x 2 = 18 Buah
- Jarak Miring Gording (b) = 1,30 m
- Jarak Mendatar Gording (L_n) = 1,26 m
- Jarak Antar Kuda-Kuda (L_x)
 - a. $L_{x1} = 3,5 \text{ m}$
 - b. $L_{x2} = 4,0 \text{ m}$



Gambar 4.14 Potongan A - A



Gambar 4.15 Denah Rangka Atap Baja

Maka, Total Gording pada satu portal adalah 18 buah, dengan jarak antar gording 1,30 meter.

4.3.1 Perencanaan Dimensi Gording

Pada rangka atap baja, direncanakan gording menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dengan data sebagai berikut :

d	$=$	100	mm	i_x	$=$	3,98	cm
bf	$=$	50	mm	i_y	$=$	1,12	cm
tf	$=$	7	mm	Z_x	$=$	42	cm ³
tw	$=$	5	mm	Z_y	$=$	9	cm ³
A	$=$	11,2	cm ²	S_x	$=$	37,5	cm ³
w	$=$	9,3	kg/m	S_y	$=$	5,9	cm ³
I_x	$=$	187	cm ⁴	r	$=$	8	cm
I_y	$=$	14,8	cm ⁴	h	$=$	70	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan kuat putus (f_u) 410 MPa.

Beban yang bekerja :

Beban Mati (q_D)

- Beban Atap	$5 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m}$	= 6,5	kg/m
- Berat sendiri profil		= 9,3	kg/m
		<hr/>	
		= 15,8	kg/m
- Berat Pengikat, dll (10%)		= 1,58	kg/m
		<hr/>	
	q_D	= 17,38	kg/m

Beban Hidup (q_L)

Beban Hidup Terbagi Rata (Hujan)

$$\begin{aligned} q_L &= 40 - 0,8 a \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\ &= 40 - 0,8 15^\circ \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\ &= 28 \text{ kg/m}^2 \leq 20 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Maka, diambil beban hujan sebesar 20 kg/m^2

$$\begin{aligned} q_{LH} &= q_L \times b \\ &= 20 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m} = 26,0 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

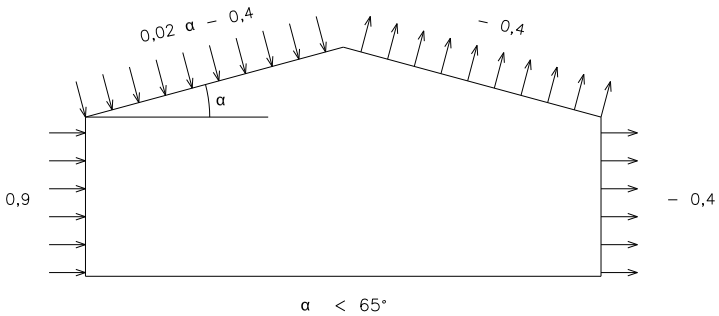
Beban Hidup Terpusat

Beban Hidup Terpusat diambil sebesar 100 kg

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

Keterangan :

- *Beban Hidup Hujan* PPIUG 1983 pasal 3.2 2a hal 13
- *Beban Hidup Terpusat* PPIUG 1983 pasal 3.2 2b hal 13

Beban Angin (qW)

Gambar 4.16 Koefisien Angin Gedung tertutup ($\alpha < 65^\circ$) pada Tabel 4.1 PPIUG 1983

$$\text{Tekanan Angin } (w) = 25 \text{ kg/m}^2$$

Atap Sisi Kiri

$$\begin{aligned} \text{Koef. Angin } C &= 0,02 a - 0,4 \\ &= 0,02 \cdot 15^\circ - 0,4 \\ &= -0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qW &= c \times w \times b \\ &= -0,1 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m} \\ &= -3,3 \text{ kg/m} \end{aligned} \quad (\text{Angin Hisap})$$

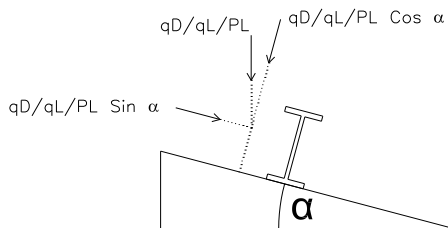
Atap Sisi Kanan

$$\begin{aligned} \text{Koef. Angin } C &= -0,4 \\ qW &= c \times w \times b \\ &= -0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,30 \text{ m} \\ &= -13 \text{ kg/m} \end{aligned} \quad (\text{Angin Hisap})$$

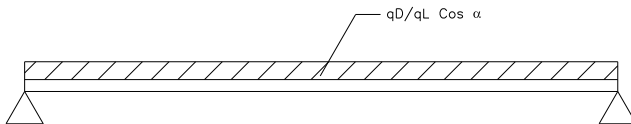
$$\begin{aligned}
 qD + qL &> qW \text{ (Angin Hisap)} \\
 17,38 + 26,00 &> -13 \text{ kg/m} \\
 43,38 \text{ kg/m} &> -13 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka, beban angin hisap tidak diperhitungkan karena beban mati dan beban hidup lebih berat.

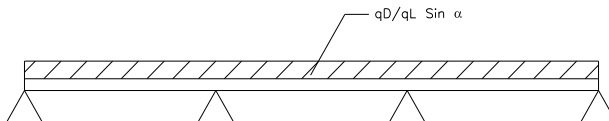
Perhitungan Momen :



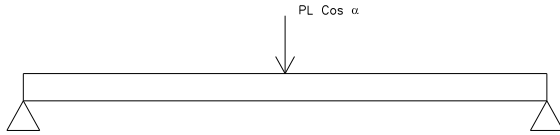
Arah Pembebanan Pada Gording Atap Baja



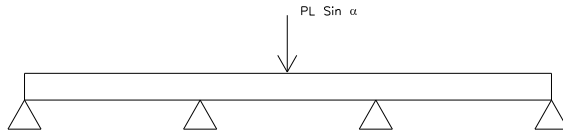
Pembebanan Merata Arah X



Pembebanan Merata Arah Y



Pembebanan Terpusat Arah X



Pembebanan Terpusat Arah Y

a. Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned} M_{xD} &= \frac{1}{8} \times qD \times \cos \alpha \times L_x^2 = \frac{1}{8} \times 17,38 \times \cos 15^\circ \times 4,0^2 \\ &= 33,58 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yD} &= \frac{1}{8} \times qD \times \sin \alpha \times \frac{L_y^2}{3} = \frac{1}{8} \times 17,38 \times \sin 15^\circ \times \frac{4,0^2}{3} \\ &= 1,00 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (qL)

Terpusat

$$\begin{aligned} M_{xL} &= \frac{1}{4} \times PL \times \cos \alpha \times L_x = \frac{1}{4} \times 100 \times \cos 15^\circ \times 4,0 \\ &= 24,15 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yL} &= \frac{1}{4} \times PL \times \sin \alpha \times \frac{L_y}{3} = \frac{1}{4} \times 100 \times \sin 15^\circ \times \frac{4,0}{3} \\ &= 8,63 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Merata

$$\begin{aligned} MxL &= \frac{1}{4} \times qL \times \cos \alpha \times L_x^2 = \frac{1}{4} \times 26,00 \times \cos 15^\circ \times 4,0^2 \\ &= 50,23 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MyL &= \frac{1}{4} \times qL \times \sin \alpha \times \frac{L_y^2}{3} = \frac{1}{4} \times 26,00 \times \sin 15^\circ \times \frac{4,0^2}{3} \\ &= 1,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

c. Momen Terfaktor (Mu)

$$\begin{aligned} Mux &= 1,2 MxD + 1,6 MxL + 0,5 Mw \\ &= 1,2 \cdot 59,08 + 1,6 \cdot 50,23 + 0,5 \cdot 0 \\ &= 151,26 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,2 MyD + 1,6 MyL + 0,5 Mw \\ &= 1,2 \cdot 1,76 + 1,6 \cdot 1,50 + 0,5 \cdot 0 \\ &= 4,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

d. Geser Ultimate (Vu)

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 \cdot 17,38 + 1,6 \cdot 26,00 = 78,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$PL = 100 \text{ kg}$$

Maka, pehitungan geser ultimatanya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times \cos \alpha \times qU \times L + \frac{1}{2} \times \cos \alpha \times PL \\ &= \frac{1}{2} \times \cos 15^\circ \times 78,3 \times 4,0 + \frac{1}{2} \times \cos 15^\circ \times 100 \\ &= 168,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

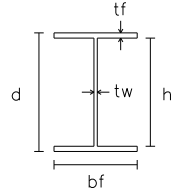
- Pada perhitungan momen digunakan nilai L yang paling besar dengan asumsi nilai momen semakin besar jika semakin besar nilai L nya.

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14,00$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{14} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$14,00 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$3,57 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 104488 \text{ kg.cm} = 1004,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times F_y \\ &= 9 \times 2500 \\ &= 21906 \text{ kg.cm} = 219,1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_{ux} & < & \emptyset M_{nx} \\ 120,7 & < & 0,9 \times 1004,9 \\ 120,7 & < & 940,39 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} M_{uy} & < & \emptyset M_{ny} \\ 3,6 & < & 0,9 \times 219,1 \\ 43,6 & < & 197,16 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

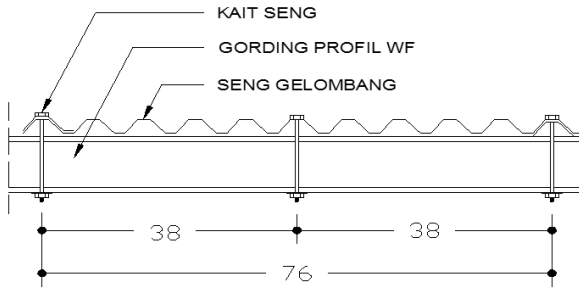
Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\emptyset = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada gambar 4.15. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 38 \text{ cm}$$



Gambar 4.17 Panjang Antar Shear Connector pada Atap Seng Gelombang

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 1,12 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 55,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 38 < 55,75 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 104488 \text{ kg.cm} = 1004,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \times F_y$$

$$= 9 \times 2500$$

$$= 21906 \text{ kg.cm} = 219,1 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lcl} \text{Mux} & < & \emptyset \text{ Mnx} \\ 120,7 & < & 0.9 \times 1004,9 \\ 120,7 & < & 940,39 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Muy} & < & \emptyset \text{ Mny} \\ 3,6 & < & 0.9 \times 219,1 \\ 43,6 & < & 197,16 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{70}{5} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$14,0 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 11,9 \times 1,0 = 17775 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 169 & < & 0,9 \times 17775 \\ 169 & < & 15997,5 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lendutan :

Gording diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{180}$, berikut perhitungannya :

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{180} = \frac{400}{180} = 2,22 \text{ cm}$$

Lendutan Arah X

Beban Mati

$$- f_{x1} = \frac{5 \times qD \times \text{Cos } \alpha \times Lx^4}{384 \times E \times Ix}$$

$$= \frac{5 \times 0,174 \times \cos 15^\circ \times 400^4}{384 \times 2000000 \times 187} = 0,150 \text{ cm}$$

Beban Hidup Terpusat

$$\begin{aligned} - \quad f_{x2} &= \frac{1 \times PL \times \cos \alpha \times Lx^3}{48 \times E \times Ix} \\ &= \frac{1 \times 100 \times \cos 15^\circ \times 400^3}{48 \times 2000000 \times 187} = 0,344 \text{ cm} \end{aligned}$$

Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned} - \quad f_{x2} &= \frac{5 \times qL \times \cos \alpha \times Lx^4}{384 \times E \times Ix} \\ &= \frac{5 \times 0,260 \times \cos 15^\circ \times 400^4}{384 \times 2000000 \times 187} = 0,224 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka, nilai f_x sebagai berikut :

$$f_x = 0,150 + 0,344 = 0,494 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} f_x &< f_{\text{maks}} \\ 0,494 &< 2,22 \\ 0,494 &< 2,22 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Lendutan Arah Y

Beban Mati

$$- \quad f_{y1} = \frac{5 \times qD \times \sin \alpha \times \frac{Lx^4}{3}}{384 \times E \times Iy}$$

$$= \frac{5 \times 0,174 \times \sin 15^\circ \times \frac{400^4}{3}}{384 \times 2000000 \times 15} = 0,0063 \text{ cm}$$

Beban Hidup Terpusat

$$- \text{ fy2} = \frac{1 \times PL \times \sin \alpha \times \frac{Lx^3}{3}}{48 \times E \times Iy}$$

$$= \frac{1 \times 100 \times \sin 15^\circ \times \frac{400^3}{3}}{48 \times 2000000 \times 15} = 0,0432 \text{ cm}$$

Beban Hidup Merata

$$- \text{ fy2} = \frac{5 \times qL \times \sin \alpha \times \frac{Lx^4}{3}}{384 \times E \times Iy}$$

$$= \frac{5 \times 0,260 \times \sin 15^\circ \times \frac{400^4}{3}}{384 \times 2000000 \times 15} = 0,0094 \text{ cm}$$

Maka, nilai fx sebagai berikut :

$$\text{fy} = 0,0063 + 0,0432 = 0,0494 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{l} \text{fx} < \text{f}_{\text{maks}} \\ 0,049 < 2,22 \\ 0,049 < 2,22 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

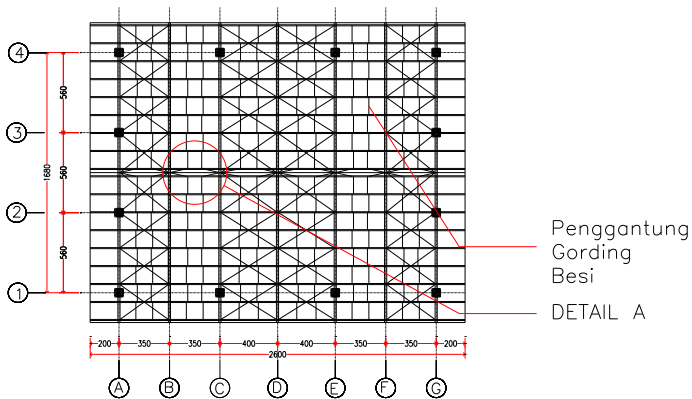
Keterangan :

- fx dan fy (diambil yang terbesar dari beban hidup)

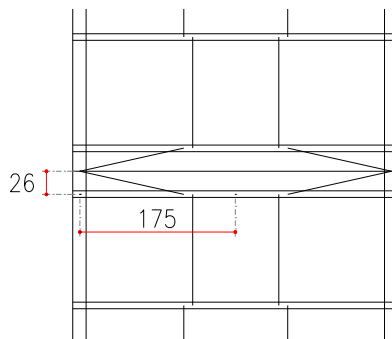
Sehingga Profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dapat digunakan sebagai gording pada rangka atap baja.

4.3.2 Perencanaan Dimensi Penggantung Gording

Penggantung Gording direncanakan menggunakan tulangan polos (\emptyset) dengan perencanaan pada gambar 4.16 serta dengan perencanaan sebagai berikut :

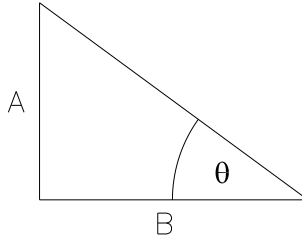


Gambar 4.18 Penggantung Gording



Gambar 4.19 Detail A

Maka, perhitungan sudutnya (θ) adalah sebagai berikut :



Keterangan :

- A = 260 mm = 0,26 m
- B = 1750 mm = 1,75 m
- Jumlah Penggantung = 9 Buah

$$\tan \theta = \frac{A}{B} = \frac{0,26}{1,75} = 0,149 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,149 = 8,45^\circ$$

Perencanaan Pembebanan

- a. Beban Mati (qD) = 17,38 kg/m
- b. Beban Hidup (qL)
 - Beban Merata = 26,00 kg/m
 - Beban Terpusat = 100 kg/m
- c. Pembebanan Arah X
 - qD Arah X = $qD \sin \alpha$
= $17,38 \sin 15^\circ = 4,50 \text{ kg/m}$
 - qD Terpusat = $4,50 \text{ kg/m} \times B$
= $4,50 \text{ kg/m} \times 1,75 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 &= 7,87 \text{ kg} \\
 - \text{ qL Terpusat} &= P \sin \alpha \\
 &= 100 \sin 15^\circ = 25,88 \text{ kg} \\
 \\
 - \text{ qL Merata Arah X} &= \text{qL} \sin \alpha \\
 &= 26,00 \sin 15^\circ = 6,73 \text{ kg/m} \\
 \text{qL Terpusat} &= 6,73 \text{ kg/m} \times B \\
 &= 6,73 \text{ kg/m} \times 1,75 \text{ m} \\
 &= 11,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Beban Ultimate (Pu)

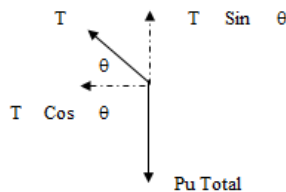
$$\begin{aligned}
 \text{Pu} &= 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL} \\
 &= 1,2 \cdot 7,87 + 1,6 \cdot 25,88 = 50,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pu Total} &= \text{Pu} \times \text{Jumlah Penggantung Gording} \\
 &= 50,86 \text{ kg} \times 9 \\
 &= 457,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Nilai qL diambil yang terbesar dari qL merata dan Terpusat

e. Gaya Tarik Pada Penggantung Gording Pertama



Gambar 4.20 Arah Gaya Tarik Pada Penggantung Gording

$$- T = \frac{Pu \text{ Total}}{\sin \theta} = \frac{457,72}{0,147} = 3114,6 \text{ kg}$$

Kontrol Batang Tarik Penggantung Gording

Dari perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut :

$$- Pu = T = 3114,6 \text{ kg} \\ = 31146 \text{ N}$$

$$- \emptyset = 16 \text{ mm}$$

a. Kondisi Leleh Tarik

$$Ag = 0,25 \times \emptyset^2 \\ = 0,25 \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$Pn = Fy \times Ag \\ = 250 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2 \\ = 50265,5 \text{ N}$$

Cek Persyarat Desain

$$\begin{array}{rcl} Pu & < & \emptyset Pn \\ 31146 & < & 0,9 \times 50265,5 \\ 31146 & < & 45238,9 \text{ N} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

b. Kondisi Runtuh Tarik

$$Ae = An \times U \\ = 201,062 \times 1 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$Pn = Fu \times An \\ = 410 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2 \\ = 82435,4 \text{ N}$$

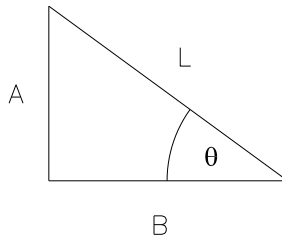
Cek Persyarat Desain

$$\begin{array}{rcl}
 P_u & < & \phi P_n \\
 31146 & < & 0.9 \times 82435,4 \\
 31146 & < & 74191,9 \text{ N} \rightarrow \dots \text{OK}
 \end{array}$$

Keterangan :

- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $A_n = A_g$ (Pasal B4.3 ayat 3b SNI 1729:2015)
- $U = 1$ (Pada Tabel D3.1 SNI 1729:2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

c. Kontrol Kelangsingan



Keterangan :

- Tinggi (A) = 260 mm = 26 cm
- Lebar (B) = 1750 mm = 175 cm
- Jari – jari Girasi (r) = 16 mm = 1,6 cm

Panjang Penggantungan Gording (L)

$$- L = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{26^2 + 175^2} = 176,92 \text{ cm}$$

Cek Kelangsingan

$$\frac{L}{r} \leq 500$$

$$\frac{176,92}{1,6} \leq 500$$

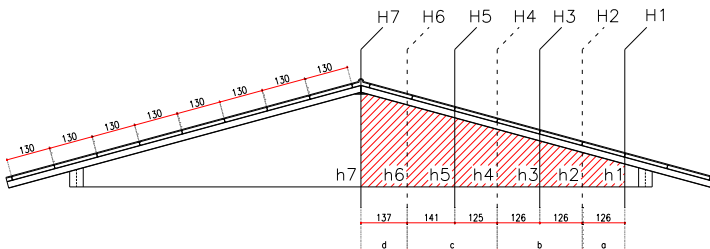
$$110,58 \leq 500 \rightarrow \dots OK$$

Maka, penggantung Gording dengan diameter (\emptyset) 16 mm dapat digunakan sebagai penggantung gording.

4.3.3 Perencanaan Ikatan Angin

Ikatan angin pada atap rangka baja direncanakan dengan data perencanaan sebagai berikut :

- a. Jarak Antar Kuda – Kuda
 - $L_1 = 3,5$ m
 - $L_2 = 4,0$ m
- b. Tekanan Angin = 25 kg/m²
- c. Mutu Baja BJ 41 :
 - $F_y = 250$ MPa
 - $F_u = 410$ MPa



Gambar 4.21 Jarak Antara Ikatan Angin

➤	H1 – H2	=	1,26	m
➤	H2 – H3	=	1,26	m
➤	H3 – H4	=	1,26	m
➤	H4 – H5	=	1,25	m
➤	H5 – H6	=	1,41	m
➤	H6 – H7	=	1,37	m
➤	a	=	1,26	m
➤	b	=	2,52	m
➤	c	=	2,66	m
➤	d	=	1,37	m

Pembebanan Ikatan Angin :

- Tekanan Angin (w) = 25 kg/m²
- Koef. Angin (c) = 0,9
- Sudut Atap (α) = 15°

- Tinggi Bidang

$$\begin{aligned}
 h1 &= 0,66 \text{ m} && = 0,66 \text{ m} \\
 h2 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) && = 1,00 \text{ m} \\
 h3 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) && = 1,34 \text{ m} \\
 h4 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) && = 1,68 \text{ m} \\
 h5 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) && = 2,01 \text{ m} \\
 h6 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) && = 2,39 \text{ m} \\
 h7 &= 0,66 + (1,26 \times \tan 15^\circ) && = 2,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Luasan Bidang

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{h1+h2}{2} \times a = \frac{0,66+1,00}{2} \times 1,26 \\
 &= 1,048 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$A_2 = \frac{h_2 + h_4}{2} \times b = \frac{1,00 + 1,68}{2} \times 2,52$$

$$= 3,372 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{h_4 + h_6}{2} \times c = \frac{1,68 + 2,39}{2} \times 2,66$$

$$= 5,406 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \frac{h_6 + h_7}{2} \times d = \frac{2,39 + 2,76}{2} \times 1,37$$

$$= 3,524 \text{ m}^2$$

- Gaya yang Bekerja

$$R_1 = 0,5 \times c \times w \times A_1 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 1,05$$

$$= 11,791 \text{ kg}$$

$$R_2 = 0,5 \times c \times w \times A_2 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 3,37$$

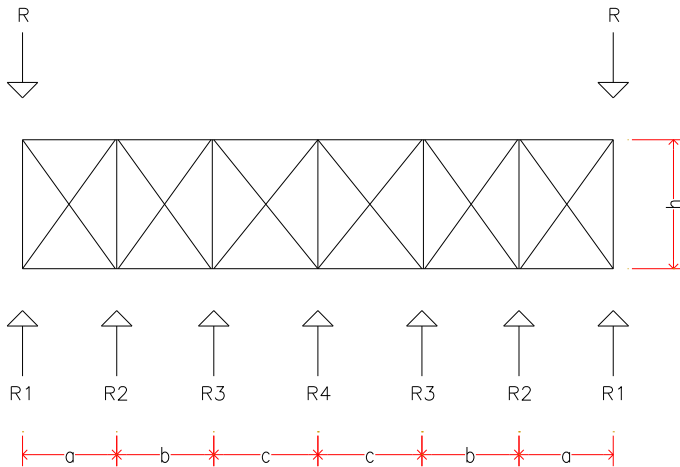
$$= 37,939 \text{ kg}$$

$$R_3 = 0,5 \times c \times w \times A_3 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 5,41$$

$$= 60,814 \text{ kg}$$

$$R_4 = 0,5 \times c \times w \times A_4 = 0,5 \times 0,9 \times 25 \times 3,52$$

$$= 39,643 \text{ kg}$$



Gambar 4.22 Letak Beban pada Ikatan Angin

- Perhitungan Nilai (R)

$$\sum V = 0$$

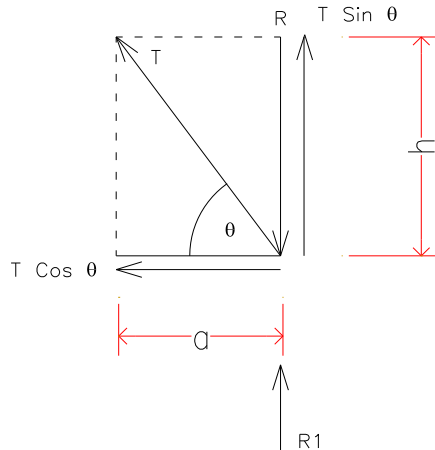
$$0 = -R + R_1 + R_2 + R_3 + (R_4/2)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + (R_4/2)$$

$$= 11,791 + 37,939 + 60,814 + (39,643/2)$$

$$= 130,365 \text{ kg}$$

- Gaya Tarik pada Ikatan Angin (T)



Keterangan :

- $h = 4,00 \text{ m}$
- $a = 2,52 \text{ m}$

$$\tan \theta = \frac{a}{h} = \frac{2,52}{4,00} = 0,63 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,63 = 32,2^\circ$$

Maka nilai gaya tariknya dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$T = \frac{R - R_1}{\sin \theta} = \frac{130,365 - 11,791}{\sin 15^\circ} = 225,45 \text{ kg}$$

Kontrol Batang Tarik Ikatan Angin

Dari perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut :

- $P_u = T = 222,45 \text{ kg}$
 $= 2224,5 \text{ N}$
- $\emptyset = 16 \text{ mm}$

a. Kondisi Leleh Tarik

$$A_g = 0,25 \times \emptyset^2$$

$$= 0,25 \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$P_n = F_y \times A_g$$

$$= 250 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2$$

$$= 50265,5 \text{ N}$$

Cek Persyarat Desain

$$P_u < \emptyset P_n$$

$$2224,5 < 0,9 \times 50265,5$$

$$2224,5 < 45238,9 \text{ N} \rightarrow \dots OK$$

b. Kondisi Runtuh Tarik

$$A_e = A_n \times U$$

$$= 201,062 \times 1 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$P_n = F_u \times A_n$$

$$= 410 \text{ N/mm}^2 \times 201,062 \text{ mm}^2$$

$$= 82435,4 \text{ N}$$

Cek Persyarat Desain

$$P_u < \emptyset P_n$$

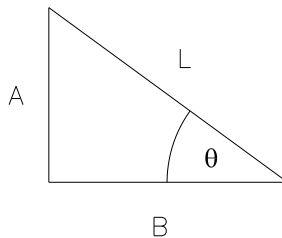
$$2224,5 < 0,9 \times 82435,4$$

$$2224,5 < 74191,9 \text{ N} \rightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $An = Ag$ (Pasal B4.3 ayat 3b SNI 1729:2015)
- $U = 1$ (Pada Tabel D3.1 SNI 1729:2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

c. Kontrol Kelangsingan



Keterangan :

- Tinggi (A) = 4,00 m = 400 cm
- Lebar (B) = 2,52 m = 252 cm
- Jari – jari Girasi (r) = 16 mm = 1,6 cm

Panjang Ikatan Angin (L)

$$- L = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{400^2 + 252^2} = 476,76 \text{ cm}$$

Cek Kelangsingan

$$\frac{L}{r} \leq 500$$

$$\frac{472,8}{1,6} \leq 500$$

$$295,48 \leq 500 \rightarrow \dots OK$$

Maka, ikatan angin dengan diameter (\emptyset) 16 mm dapat digunakan sebagai ikatan angin.

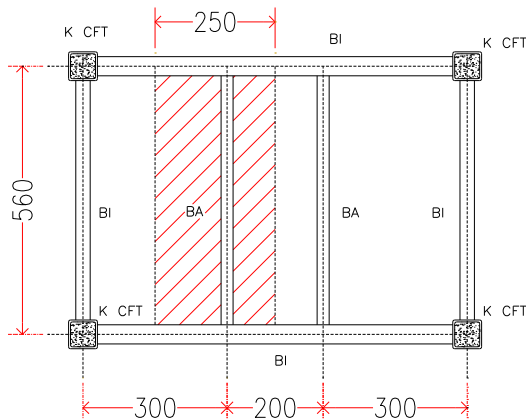
4.4 Perencanaan Balok Anak

4.4.1 Perencanaan Balok Anak Atap

Pada lantai atap, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dengan data profil sebagai berikut :

d =	244	mm	ix =	10.4	cm
bf =	175	mm	iy =	4.18	cm
tf =	11	mm	Zx =	535	cm ³
tw =	7	mm	Zy =	168	cm ³
A =	56,2	cm ²	Sx =	502	cm ³
w =	44.1	kg/m	Sy =	113	cm ³
Ix =	6120	cm ⁴	r =	16	cm
Iy =	984	cm ⁴	h =	190	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



Gambar 4.23 Denah Balok Anak Lantai Atap

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (q_D) :

- Beban Mati Pelat Lantai = 77 kg/m²

$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Bondex} && = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Berat Pelat Beton} && 0,09 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 & && \underline{qD_1} && = 216 \text{ kg/m}^2 \\
 & && && = 303,1 \text{ kg/m}^2 \\
 \\
 & \text{- Beban Mati Merata} && \\
 & qD_1 \times L_y && = 303,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} && = 757,8 \text{ kg/m} \\
 \\
 & \text{- Berat Profil} && && = 44,1 \text{ kg/m} \\
 & && && \underline{\hspace{1.5cm}} \\
 \\
 & && qD \text{ Total} && = 801,9 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

maka, nilai qD Total adalah 765,3 kg/m

Beban Hidup (qL) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

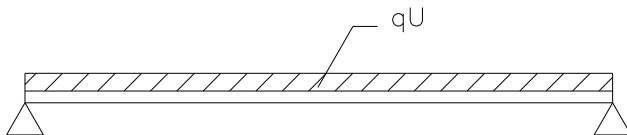
$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Lantai Atap} && \\
 & && 97,86 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} && = 244,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai qL adalah 244.7 kg/m

Beban Terfaktor (qU)

$$\begin{aligned}
 & - qU = 1.2 qD + 1.6 qL \\
 & && = 1.2 \times 801,9 + 1.6 \times 244,7 && = 1353,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1353,7 \times 5,6^2 \\
 &= 5306,3 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

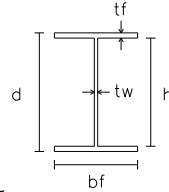
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 1353,7 \times 5,6 \\ &= 3790,2 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{244}{7} = 34,86$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 34,86 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 7,95 &< 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369.3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 5306,3 &< 0.9 \times 13369.3 \\ 5306,3 &< 12032.37 \text{ Kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,18 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 208,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 208,08 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369.3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 5306,3 & < & 0.9 \times 13369.3 \\ 5306,3 & < & 12032.37 \text{ Kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{190}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$27,1 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 17,1 \times 1,0 = 25620 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$3790,2 < 0,9 \times 25620$$

$$3790,2 < 23058 \text{ Kg} \rightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{10,47 \times 560^4}{2000000 \times 6120} = 1,09 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 1,09 & < & 1,556 \\
 1,09 & < & 1,556 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap.

4.4.2 Perencanaan Balok Anak Parkir

Pada lantai parkir, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data profil sebagai berikut :

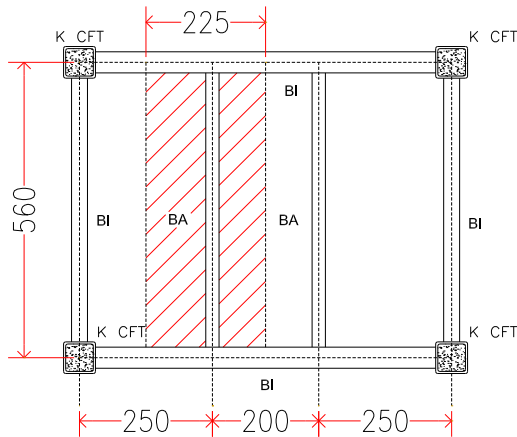
d =	294	mm	ix =	12,49	cm
bf =	200	mm	iy =	4,7	cm
tf =	12	mm	Zx =	823	cm ³
tw =	8	mm	Zy =	240	cm ³
A =	72,4	cm ²	Sx =	769	cm ³
w =	56,8	kg/m	Sy =	160	cm ³
Ix =	11300	cm ⁴	r =	18	cm
Iy =	1600	cm ⁴	h =	234	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (q_D) :

- Beban Mati Pelat Lantai	=	100	kg/m ²	
- Berat Bondex	=	10,1	kg/m ²	
- Berat Pelat Beton 0,11 x 2400	kg/m ²	=	264	kg/m ²
q_{D1}		<hr/>	<hr/>	
			= 374,1	kg/m ²



Gambar 4.24 Denah Balok Anak Parkir

- Beban Mati Merata
 $q_{D1} \times L_y = 374,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} = 841,7 \text{ kg/m}$
- Berat Profil 56,8 kg/m
- $q_D \text{ Total} = 898,6 \text{ kg/m}$

maka, nilai $q_D \text{ Total}$ adalah 898,6 kg/m

Beban Hidup (q_L) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

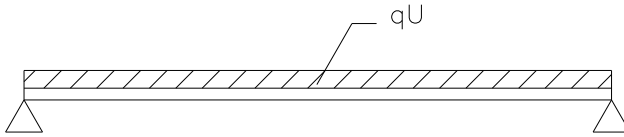
- Berat Lantai Parkir
 $400 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} = 900 \text{ kg/m}$

Maka, nilai q_L adalah 900 kg/m

Beban Terfaktor (q_U)

- $q_U = 1.2 q_D + 1.6 q_L$
 $= 1.2 \times 898,6 + 1.6 \times 900 = 2518,3 \text{ kg/m}$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2518,3 \times 5,0^2 \\ &= 7869,5 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

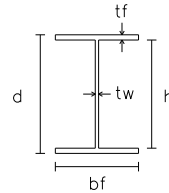
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 2518,3 \times 5,0 \\ &= 6295,6 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{294}{8} = 36,75$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$36,75 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 823 \times 2500$$

$$= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565,0 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$7869,5 < 0,9 \times 20565,0$$

$$7869,5 < 18508,5 \text{ Kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565,0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_u & < & \phi M_n \\ 7869,5 & < & 0,9 \times 20565,0 \\ 7869,5 & < & 18508,5 \text{ Kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{234}{8} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 29,3 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 23,5 \times 1,0 = 35280 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} V_u &< \phi V_n \\ 6295,6 &< 0,9 \times 35280 \\ 6295,6 &< 31752 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{17,986 \times 500^4}{2000000 \times 11300} = 0,65 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,389 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 0,65 & < & 1,389 \\
 0,65 & < & 1,389 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

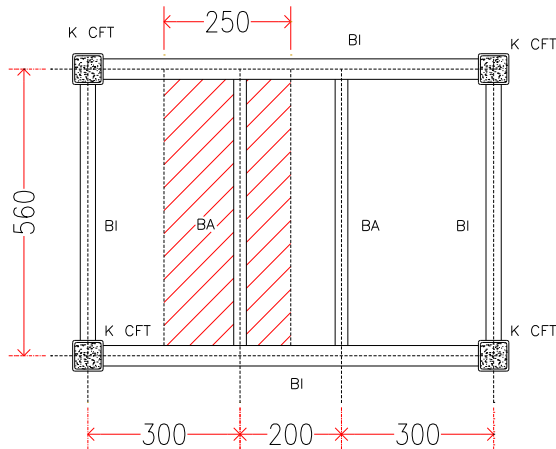
Sehingga Profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai Parkir.

4.4.3 Perencanaan Balok Anak Balroom

Pada lantai balroom, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data profil sebagai berikut :

$d =$	294	mm	$i_x =$	12,49	cm
$bf =$	200	mm	$i_y =$	4,7	cm
$tf =$	12	mm	$Z_x =$	823	cm ³
$tw =$	8	mm	$Z_y =$	240	cm ³
$A =$	72,4	cm ²	$S_x =$	769	cm ³
$w =$	56,8	kg/m	$S_y =$	160	cm ³
$I_x =$	11300	cm ⁴	$r =$	18	cm
$I_y =$	1600	cm ⁴	$h =$	234	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



Gambar 4.25 Denah Balok Anak Lantai Balroom

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (q_D) :

- Beban Mati Pelat Lantai $= 101 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Bondex} && = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Berat Pelat Beton} && = 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 & \qquad \qquad \qquad qD_1 && = \frac{288}{399,1} \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Beban Mati Merata} && \\
 & \qquad qD_1 \times L_y && = 399,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 997,75 \text{ kg/m} \\
 & \text{- Berat Profil} && = 56,8 \text{ kg/m} \\
 & \qquad \qquad \qquad qD \text{ Total} && = 1054,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

maka, nilai qD Total adalah 1062,1 kg/m

Beban Hidup (qL) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

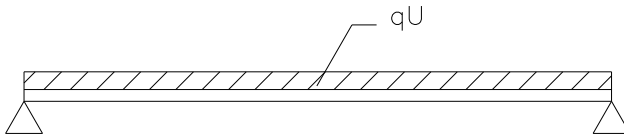
$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Lantai Balroom} \\
 & \qquad 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} && = 1220,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai qL adalah 1220,7 kg/m

Beban Terfaktor (qU)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } qU = 1.2 qD + 1.6 qL \\
 & \qquad = 1.2 \times 1054,6 + 1.6 \times 1220,7 && = 3218,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3218,6 \times 5,6^2 \\
 &= 12616,9 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 3218,6 \times 5,6 \\ &= 9012,1 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

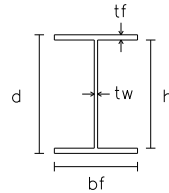
$$\frac{h}{tw} = \frac{294}{8} = 36,75$$

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

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$



Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 36,75 &< 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 8,33 &< 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 12616,9 & < & 0,9 \times 20565 \\ 12616,9 & < & 18508,5 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 12056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 12616,9 & < & 0,9 \times 20565 \\ 12616,9 & < & 18508,5 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{234}{8} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$29,3 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 23,5 \times 1,0 = 35280 \quad \text{kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$9012,1 < 0,9 \times 35280$$

$$9012,1 < 31752 \text{ Kg} \longrightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{22,753 \times 560^4}{2000000 \times 11300} = 1,29 \quad \text{cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{l} f < f_{\text{maks}} \\ 1,29 < 1,556 \\ 1,29 < 1,556 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Sehingga Profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai balroom.

4.4.4 Perencanaan Balok Anak Lantai Hunian

Pada lantai hunian, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data profil sebagai berikut :

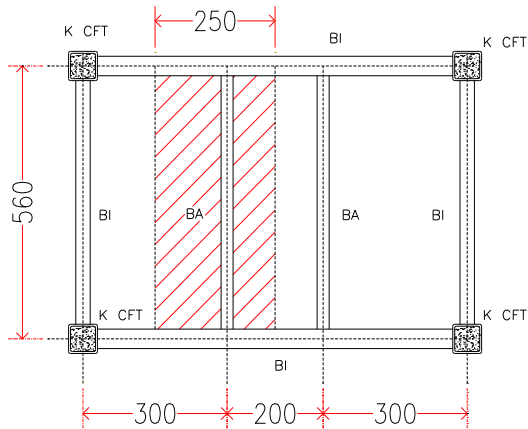
d =	294	mm	ix =	12,49	cm
bf =	200	mm	iy =	4,7	cm
tf =	12	mm	Zx =	823	cm ³
tw =	8	mm	Zy =	240	cm ³
A =	72,4	cm ²	Sx =	769	cm ³
w =	56,8	kg/m	Sy =	160	cm ³
Ix =	11300	cm ⁴	r =	18	cm
Iy =	1600	cm ⁴	h =	234	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

$$\begin{array}{r} - \text{Beban Mati Pelat Lantai} = 101 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat Bondex} = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat Pelat Beton } 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\ \text{qD}_1 = \frac{288}{399,1} \text{ kg/m}^2 \\ = 399,1 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$



Gambar 4.26 Denah Balok Anak Lantai Hunian

- Beban Mati Merata
 $qD_1 \times Ly = 399.1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 997,35 \text{ kg/m}$
- Berat Profil $= 56,8 \text{ kg/m}$
- $qD \text{ Total} = 1054,6 \text{ kg/m}$

maka, nilai qD Total adalah 1062,1 kg/m

Beban Hidup (qL) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

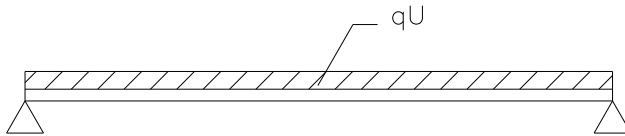
- Berat Lantai Balroom
 $488,28 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 1220,7 \text{ kg/m}$

Maka, nilai qL adalah 1220,7 kg/m

Beban Terfaktor (qU)

- $qU = 1.2 qD + 1.6 qL$
 $= 1.2 \times 1054,6 + 1.6 \times 1220,7 = 3218,6 \text{ kg/m}$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3218,6 \times 5,6^2 \\ &= 12616,9 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

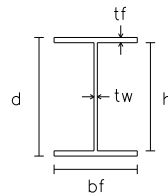
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 3218,9 \times 5,6 \\ &= 9012,9 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{294}{8} = 36,75$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$36,75 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 823 \times 2500$$

$$= 2056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$12616,9 < 0.9 \times 20565$$

$$12616,9 < 18508,5 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK}$$

Keterangan :

- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 823 \times 2500 \\ &= 12056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 12616,9 &< 0,9 \times 20565 \\ 12616,9 &< 18508,5 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{234}{8} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 29,3 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 23,5 \times 1,0 = 35280 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u &<& \phi V_n \\ 9012,1 &<& 0,9 \times 32580 \\ 9012,1 &<& 31752 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{22,753 \times 560^4}{2000000 \times 11300} = 1,29 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 f &< f_{\text{maks}} \\
 1,29 &< 1,556 \\
 1,29 &< 1,556 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{aligned}$$

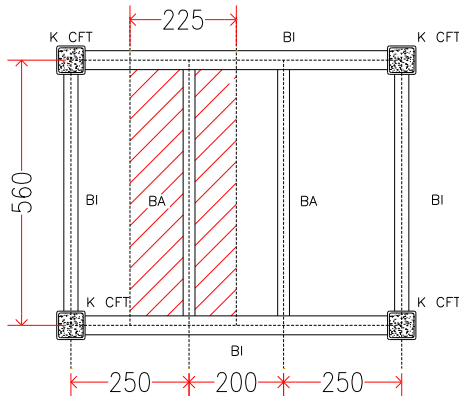
Sehingga Profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai hunian.

4.4.5 Perencanaan Balok Anak Kantor

Pada lantai hunian, balok anak diencanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dengan data profil sebagai berikut :

$d =$	300	mm	$i_x =$	12,4	cm
$bf =$	150	mm	$i_y =$	3,29	cm
$tf =$	9	mm	$Z_x =$	522	cm ³
$tw =$	6,5	mm	$Z_y =$	101	cm ³
$A =$	46,8	cm ²	$S_x =$	481	cm ³
$w =$	36,7	kg/m	$S_y =$	68	cm ³
$I_x =$	7210	cm ⁴	$r =$	13	cm
$I_y =$	508	cm ⁴	$h =$	256	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



Gambar 4.27 Denah Balok Anak Lantai Kantor

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (q_D) :

- Beban Mati Pelat Lantai = 101 kg/m²

$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Bondex} && = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Berat Pelat Beton} && 0,10 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 & && \frac{\quad}{qD_1} && = \frac{240}{351,1} \text{ kg/m}^2 \\
 & && && = 351,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{- Beban Mati Merata} && \\
 & qD_1 \times L_y && = 351,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} && = 789,98 \text{ kg/m} \\
 & \text{- Berat Profil} && && = \underline{36,7 \text{ kg/m}} \\
 & && qD \text{ Total} && = 826,68 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

maka, nilai qD Total adalah 826,68 kg/m

Beban Hidup (qL) (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*) :

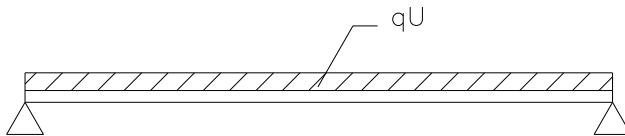
$$\begin{aligned}
 & \text{- Berat Lantai Hunian} \\
 & 244,65 \text{ kg/m}^2 \times 2,25 \text{ m} && = 550,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai qL adalah 440,37 kg/m

Beban Terfaktor (qU)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } qU && = 1,2 qD + 1,6 qL \\
 & && = 1,2 \times 826,68 + 1,6 \times 550,46 && = 1872,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1872,7 \times 5,6^2 \\
 &= 7341,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

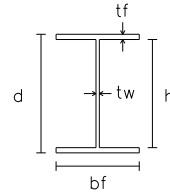
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 1872,7 \times 5,6 \\ &= 5243,7 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6} = 39,38$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 36,75 &< 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 8,33 &< 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 522 \times 2500 \\ &= 1305191 \text{ kg.cm} = 13051,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n & & \\ 7435,8 < 0,9 \times 13051,9 & & \\ 7435,8 < 11746,72 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,7 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 233,97 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 522 \times 2500 \\ &= 1305191 \text{ kg.cm} = 13051,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 7435,8 & < & 0.9 \times 13051,9 \\ 7435,8 & < & 11746,72 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{256}{6,5} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \end{aligned}$$

$$29,3 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 19,5 \times 1,0 = 29250 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{lll} V_u & < & \phi V_n \\ 5311,3 & < & 0,9 \times 29250 \\ 5311,3 & < & 26325 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$\begin{aligned} - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{13,77 \times 560^4}{2000000 \times 7210} = 1,22 \quad \text{cm} \\ - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1,556 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} f & < & f_{\text{maks}} \\ 1,22 & < & 1,556 \\ 1,22 & < & 1,556 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK} \end{array}$$

Sehingga Profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai kantor.

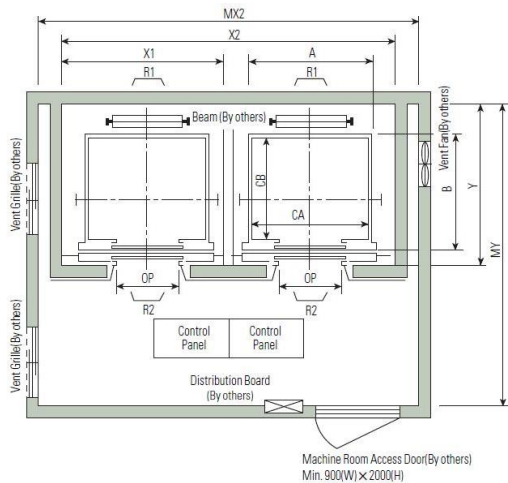
Tabel 4.2 Rekapitulasi Profil WF pada Balok Anak

No	Bentang Pelat (m)		Fungsi	qU kg/m	Mu kg.m	Vu kg	f _{maks} cm	ϕ Mn kg.m	ϕ Vn kg	f cm	Kontrol			Profil Yang Dipakai
	Ly	Lx									Momen	Geser	Lendutan	
LANTAI ATAP														
1	5,60	2,50	Atap	1353,66	5306,34	3790,24	1,56	13369,30	75870,00	1,09	OK	OK	OK	WF 250.175.7.11
2	5,60	2,25	Atap	1223,58	4796,45	3426,03	1,56	13369,30	75870,00	0,99	OK	OK	OK	WF 250.175.7.11
3	5,60	1,75	Atap	963,44	3776,67	2697,62	1,56	13369,30	75870,00	0,78	OK	OK	OK	WF 250.175.7.11
LANTAI 15														
1	5,60	2,50	Ruang Publik	3218,57	12616,79	9011,99	1,56	20565,00	97740,00	1,29	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
2	5,60	2,25	Ruang Publik	2903,53	11381,83	8129,88	1,56	20565,00	97740,00	1,16	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
3	5,60	1,75	Ruang Publik	2273,45	8911,91	6365,65	1,56	20565,00	97740,00	0,91	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
LANTAI 4 - 14														
1	5,60	2,50	Hunian	3218,57	12616,79	9011,99	1,56	20565,00	97740,00	1,29	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
2	5,60	2,25	Hunian	2903,53	11381,83	8129,88	1,56	20565,00	97740,00	1,16	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
3	5,60	1,75	Hunian	2273,45	8911,91	6365,65	1,56	20565,00	97740,00	0,91	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
LANTAI 2 - 3														
1	5,60	2,50	Kantor	2075,93	8137,66	5812,61	1,56	13051,91	97740,00	1,36	OK	OK	OK	WF 300.150.6.5.9
2	5,60	2,25	Kantor	1872,74	7341,16	5243,68	1,56	13051,91	97740,00	1,22	OK	OK	OK	WF 300.150.6.5.9
3	5,60	1,75	Kantor	1466,37	5748,15	4105,82	1,56	13051,91	97740,00	0,96	OK	OK	OK	WF 300.150.6.5.9
LANTAI MZ 1 - 1b														
1	5,60	2,50	Parkir	2790,46	10938,60	7813,29	1,56	20565,00	97740,00	1,13	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
2	5,60	2,25	Parkir	2518,23	9871,46	7051,04	1,56	20565,00	97740,00	1,02	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
3	5,60	1,75	Parkir	1973,77	7737,18	5526,56	1,56	20565,00	97740,00	0,80	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
4	5,00	2,25	Parkir	2518,23	7869,47	6295,58	1,39	20565,00	97740,00	0,65	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12
5	5,00	1,75	Parkir	1973,77	6168,03	4934,43	1,39	20565,00	97740,00	0,51	OK	OK	OK	WF 300.200.8.12

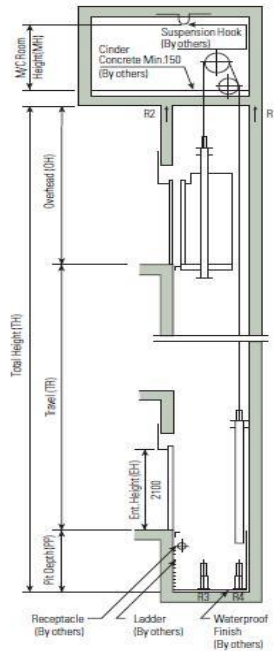
4.5 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin 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 : 24 Orang /1600 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 5200 x 2450 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 2000 x 1750 mm²
 - Eksternal : 2100 x 1920 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 5400 x 4300 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 - $R_1 = 8500 \text{ kg}$
 - $R_2 = 6800 \text{ kg}$



Gambar 4.28 Denah Lift



Gambar 4.29 Potongan Melintang Lift

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

d	=	350	mm	i_x	=	14,7	cm
bf	=	175	mm	i_y	=	3,95	cm
tf	=	11	mm	Z_x	=	841	cm ³
tw	=	7	mm	Z_y	=	169	cm ³
A	=	63,1	cm ²	S_x	=	775	cm ³
w	=	49,6	kg/m	S_y	=	160	cm ³
I_x	=	13600	cm ⁴	r	=	14	cm
I_y	=	984	cm ⁴	h	=	300	cm

Mutu Baja : BJ 41

- $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$
- $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Panjang Balok Lift (L) = 2,8 m

Pembebanan pada Balok Lift :

Beban Mati (qD) :

- Berat Profil Balok Lift = 49,6 kg/m
 - Berat Sambungan, dll (10%) = 4,96 kg/m
- | | |
|----|--------------|
| qD | = 54,56 kg/m |
|----|--------------|

Beban Terfaktor (qU) :

- $q_U = 1,4 \times q_D$
- = $1,4 \times 54,56$ = 76,38 kg/m

Beban Terpusat Lift (Pu) :

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 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 unit tenaga-driven, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

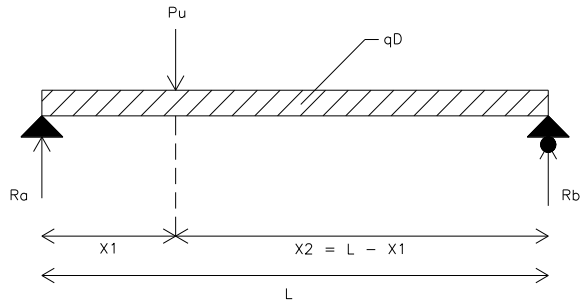
Beban Reaksi Ruang Mesin dari Brosur Lift :

- $R_1 = 8500 \text{ kg}$
- $R_2 = 6800 \text{ kg}$

Beban Reaksi setelah *Impact Load* :

- $R_A = R_1 \times (1 + 0,5) = 8500 \times (1 + 0,5) = 12750 \text{ kg}$
- $R_B = R_2 \times (1 + 0,5) = 6800 \times (1 + 0,5) = 10200 \text{ kg}$

Gaya dalam yang bekerja pada balok lift :



Gambar 4.30 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

a. Berat Mesin (P_u)

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ - (R_B \times L) + (P_u \times X_1) &= 0\end{aligned}$$

$$P_u \times X_1 = R_B \times L$$

$$P_u = \frac{10200 \times 2,8}{X_1}$$

$$P_u = \frac{28560}{X_1} \quad \dots \text{Persamaan 1}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ (R_A \times L) - (P_u \times X_2) &= 0 \\ (R_A \times L) - (P_u \times (L - X_1)) &= 0\end{aligned}$$

$$12750 \times 2.8 = \frac{28560}{X_1} \times (2,8 - X_1)$$

$$35700 = \frac{79968}{X_1} - 28560$$

$$64260 = \frac{79968}{X_1}$$

$$X_1 = \frac{79968}{64260} = 1,24 \text{ m}$$

$$X_2 = L - X_1$$

$$= 2,8 \text{ m} - 1,24 \text{ m} = 1,56 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{28560}{X_1} = \frac{28560}{1,24} = 22950 \text{ kg}$$

$$R_a = \frac{P_u \times X_2}{L} = \frac{22950 \times 1,556}{2,8} = 12750 \text{ kg}$$

$$R_b = \frac{P_u \times X_1}{L} = \frac{22950 \times 1,244}{2,8} = 10200 \text{ kg}$$

b. Momen Maksimum (M_u)

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

$$= \frac{22950 \times 1,24 \times 1,56}{2,8} + \frac{1}{8} \times 76,38 \times 2,8^2$$

$$= 15942 \text{ kg.m}$$

c. Gaya Geser (V_u)

$$V_u = \frac{1}{2} \times qU \times L + R_a$$

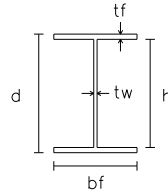
$$= \frac{1}{2} \times 76,38 \times 2,8 + 12750$$

$$= 12857 \text{ kg}$$

Kontrol Penampang :Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,86$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,86 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\
 &= 841 \times 2500 \\
 &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 M_u & < & \phi M_n \\
 15941,5 & < & 0,9 \times 21021,2 \\
 15941,5 & < & 18919,1 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok sendiri yaitu 280 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 280 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{\frac{20000000}{2500}} = 196,63 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left((2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\
 &= \frac{1}{3} \left((2 \times 175 \times 11^3) + ((350 - 2 \times 11) \times 7^3) \right) \\
 &= 192784,67 \text{ mm}^4 = 19,278 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{ht_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{300 \times 7}{175 \times 11} \right)}}$$

$$= 46,47 \text{ mm} = 4,647 \text{ cm}$$

$$h_o = d - t_f = 350 - 11 = 339 \text{ mm} = 33,9 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

$$= 1,95 \times 4,64 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{19,3 \times 1}{775 \times 33,9} + \sqrt{\left(\frac{19,3 \times 1}{775 \times 33,9} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}}$$

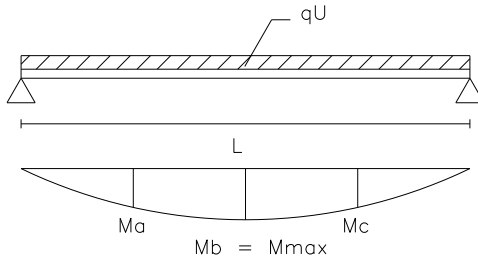
$$= 397,43 \text{ cm}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

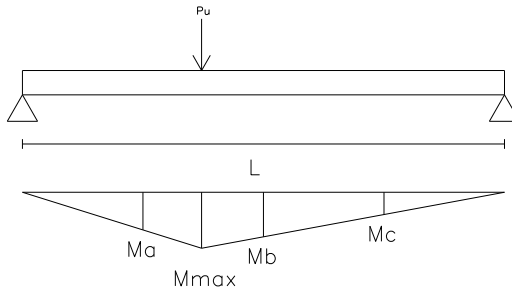
$$\begin{array}{lclclcl} L_p & < & L_b & < & L_r \\ 196,63 & < & 280 & < & 397,3 \rightarrow \text{Bentang Menengah} \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1465 \times 2500 \\ &= 3661875 \text{ kg.cm} = 36618,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.31 Pembagian Momen pada Beban Merata



Gambar 4.32 Pembagian Momen pada Beban Terpusat

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

Beban Merata

$$M_a = \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 76,384 \times 2,8^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 56,1422 \quad \text{kg.m}$$

Beban Terpusat

$$M_a = Ra \times \frac{L}{4} = 12750 \times \frac{2,8}{4} = 8925 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{a \text{ Total}} = 56,1422 + 8925 = 8981,14 \quad \text{kg.m}$$

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

Beban Merata

$$M_b = \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 76,384 \times 2,8^2 \right)$$

$$= 74,856 \quad \text{kg.m}$$

Beban Terpusat

$$M_b = Rb \times \frac{L}{2} = 10200 \times \frac{2,8}{2} = 14280 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{b \text{ Total}} = 74,856 + 14280 = 14354,86 \quad \text{kg.m}$$

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

Beban Merata

$$M_c = \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 76,384 \times 2,8^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 56,1422 \quad \text{kg.m}$$

Beban Terpusat

$$M_c = Rb \times \frac{L}{4} = 10200 \times \frac{2,8}{4} = 7140 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{c \text{ Total}} = 56,1422 + 7140 = 7196,14 \quad \text{kg.m}$$

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

$$= \frac{12,5 \times 15941,52}{2,5 \times 15941,52 + 3 \times 8981,14 + 4 \times 14354,86 + 3 \times 7196,14}$$

$$= 1,367$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= C_b \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 1,37 \left[2102118 - (2102118 - 0.7 \times 2500 \times 775) \left(\frac{280 - 196,6}{397,4 - 196,6} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 2449707,95 \text{ kg.cm} \leq Mp \\
 &= 24497,08 \text{ kg.m} \leq 21021,2
 \end{aligned}$$

Karena nilai Mn Bentang Menengah melebihi nilai Mp, maka nilai yang diambil adalah nilai Mp sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 Mu & < & \emptyset Mn \\
 15941,5 & < & 0.9 \times 21021,2 \\
 15941,5 & < & 18919,06 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1, I$ Simetris (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

$$Vn = 0,6 fy Aw Cv$$

Nilai Cv dihitung dengan harga Kv = 5 untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{tw} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$42,86 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 24,5 \times 1,0 = 36750 \quad \text{kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$12856,9 < 0,9 \times 36750$$

$$12856,9 < 33075 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{211,819 \times 280^4}{2000000 \times 20400} = 0,40 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{280}{360} = 0,778 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{l} f < f_{\text{maks}} \\ 0,40 < 0,778 \\ 0,40 < 0,778 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Sehingga Profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok lift.

4.6 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

4.6.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Data Perencanaan :

- Tinggi Antar Lantai (h)	=	360	cm
- Panjang Bordes	=	350	cm
- Tinggi Bordes	=	180	cm
- Lebar Bordes	=	140	cm
- Lebar Tangga	=	165	cm
- Tinggi Injakan (t)	=	18	cm
- Lebar Pegangan Tangga	=	20	cm
- Lebar Injakan (i)	=	28	cm
- Berat Jenis Baja	=	7850	kg/m ³
- BJ 41			
Fy	=	250	MPa
Fu	=	410	MPa
E	=	200000	MPa

Perencanaan Jumlah Injakan Tangga

Persyaratan Jumlah Injakan Tangga :

1. $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
2. $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$

Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

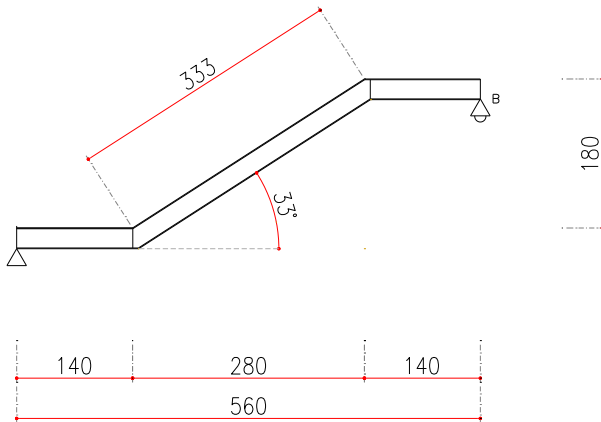
- | | | | |
|----------------------|---|---|------|
| - Tinggi Injakan (t) | = | 18 | cm |
| - Jumlah Tanjakan | = | $\frac{h/2}{t} = \frac{360/2}{18} = 10$ | Buah |

- Jumlah Injakan (n) = 10 Buah – 1 = 9 Buah
- Panjang Tangga (x) = 280 cm
- Kemiringan Tangga (a)

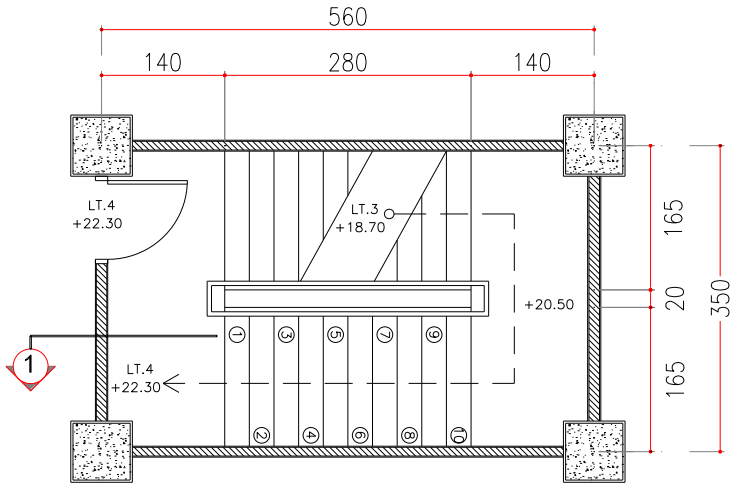
$$a = \text{arc tg } \frac{h/2}{x} = \text{arc tg } \frac{360/2}{280} = 32,74^\circ$$

Cek Persyaratan :

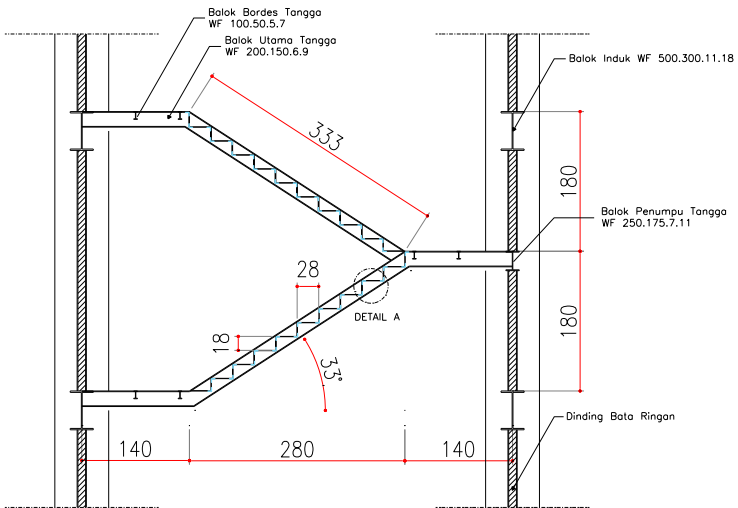
1. $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq (2 \times 18 + 28) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq (64) \leq 65 \text{ cm} \dots \text{OK!}$
2. $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 32,74^\circ \leq 40^\circ \dots \text{OK!}$



Gambar 4.33 Posisi Perletakan Senid – Rol pada Tangga

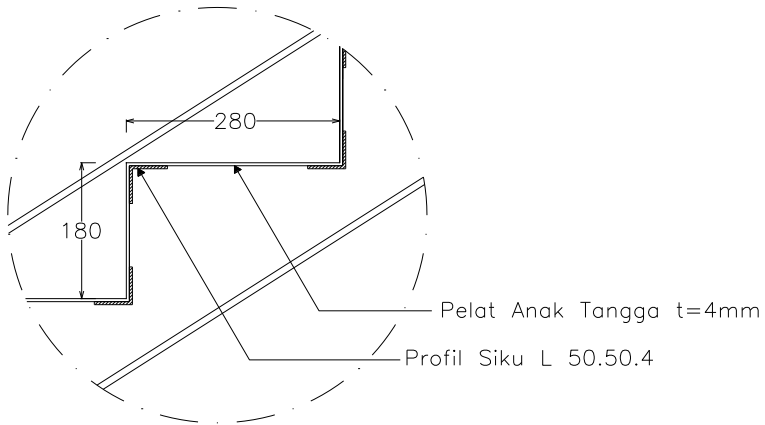


Gambar 4.34 Perencanaan Denah Tangga



Gambar 4.35 Tampak Potongan Melintang Tangga

4.6.2 Perencanaan Anak Tangga

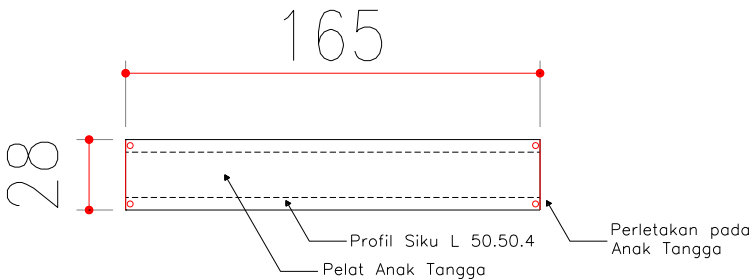


Gambar 4.36 Rencana Anak Tangga

a. Perencanaan Pelat Anak Tangga

Data Perencanaan

- Tebal Pelat Pelat Tangga = 4 mm
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m³



Gambar 4.37 Perletakan pada Anak Tangga Pelat

- Mutu Baja BJ 41

$f_y = 250 \text{ MPa}$	$= 2500 \text{ kg/m}^2$
$f_u = 410 \text{ MPa}$	$= 4100 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pembebanan

Beban Mati q_D

- Berat Pelat $= 0.004 \times 1,65 \times 7850 = 51,81 \text{ kg/m}$
 - Alat Penyambung dll. (10%) $= 5,18 \text{ kg/m}$
- $$q_D = 56,99 \text{ kg/m}$$

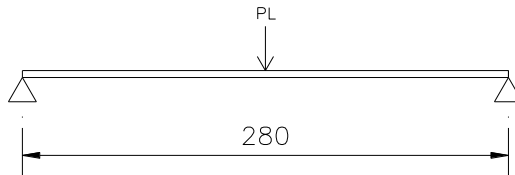
Beban Hidup q_L

- Beban Hidup Tangga (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*)

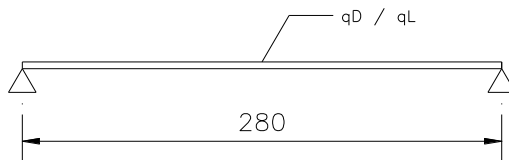
$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 1,65$	$= 805,66 \text{ kg/m}$
$PL = 135,88 \text{ kg}$	$= 135,88 \text{ kg}$

$$q_{\text{Total}} = 56,99 \text{ kg/m} + 805,66 \text{ kg/m} = 862,65 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Momen



Beban Terpusat pada Pelat Anak Tangga



Beban Merata pada Pelat Anak Tangga

Beban Mati (M_D)

$$M_D = \left(\frac{1}{8} \times qD \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 57,0 \times 0,28^2 \right)$$

$$= 0,56 \text{ kg.m}$$

Beban Hidup (M_L)

$$M_L = \left(\frac{1}{8} \times qL \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 805,7 \times 0,28^2 \right)$$

$$= 7,90 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \left(\frac{1}{4} \times P_L \times L \right) = \left(\frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,28 \right)$$

$$= 9,49 \text{ kg.m} \quad (\text{Menentukan})$$

Momen Ultimate (M_u)

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

$$= 1,2 \times 0,56 + 1,6 \times 9,49 = 15,85 \text{ kg.m}$$

Kontrol Kuat Lentur Pelat

$$Z_x = \left(\frac{1}{4} \times b \times h^3 \right) = \left(\frac{1}{4} \times 165 \times 0,4^3 \right) = 6,60 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 6,6 \times 2500$$

$$= 16500 \text{ kg.cm} = 165 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain

M_u	<	$\emptyset M_n$
15,9	<	0,9 x 165
15,9	<	148,5 Kg \rightarrowOK

Kontrol Lendutan Pelat

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \times b \times h^3 \right) = \left(\frac{1}{12} \times 165 \times 0,4^3 \right) = 0,88 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{8,6 \times 28^4}{2000000 \times 0,88} = 0,039 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{28}{360} = 0,078 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$f < f_{\text{maks}}$$

$$0,039 < 0,078$$

$$0,039 < 0,078 \text{ cm} \longrightarrow \dots OK$$

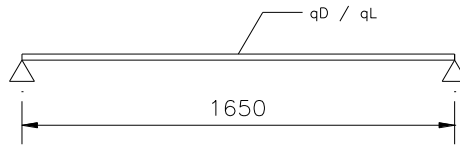
Sehingga Pelat Anak Tangga dengan Tebal 0,04 m , dapat digunakan.

b. Perencanaan Pengaku Anak Tangga

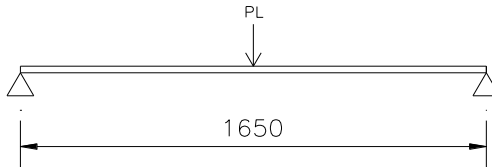
Direncanakan menggunakan profil siku $50 \times 50 \times 4$ dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} b & = 50 \text{ mm} & I_x & = 9,1 \text{ cm}^4 & i_y & = 1,53 \text{ cm} \\ t_w & = 4 \text{ mm} & I_y & = 9,1 \text{ cm}^4 & i_x & = 1,53 \text{ cm} \\ w & = 3,06 \text{ kg/m} & A & = 3,9 \text{ cm}^2 & & \end{array}$$

Perencanaan Pembebanan



Beban Merata pada Pengaku anak Tangga



Beban Terpusat pada Pengaku anak Tangga

Beban Mati (q_D)		<i>(1/2 Lebar Injakan)</i>	
- Berat Pelat $0,14 \times 0,004 \times 7850$	=	4,40	kg/m
- Berat Profil	=	3,06	kg/m
	=	<u>7,456</u>	kg/m
- Alat Penyambung dll (10%)	=	0,75	kg/m
	=	<u>8,202</u>	kg/m
Beban Hidup (q_L)		<i>(1/2 Lebar Injakan)</i>	
- Beban Hidup Tangga		<i>(Tabel 4.1 SNI 1727:2013)</i>	
$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times \frac{0,28}{2}$	=	68,36	kg/m
$PL = 135,88 \text{ kg}$	=	135,88	kg
$q_{\text{Total}} = 8,20 \text{ kg/m} + 68,36 \text{ kg/m}$	=	76,56	kg/m

Perhitungan Momen

Beban Mati (M_D)

$$M_D = \left(\frac{1}{8} \times qD \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 8,2 \times 1,65^2 \right)$$

$$= 2,79 \text{ kg.m}$$

$$V_D = \left(\frac{1}{2} \times qD \times L \right) = \left(\frac{1}{2} \times 8,2 \times 1,65 \right)$$

$$= 7,38 \text{ kg}$$

Beban Hidup (M_L)

$$M_L = \left(\frac{1}{8} \times qL \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 68,4 \times 1,65^2 \right)$$

$$= 23,26 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \left(\frac{1}{4} \times P_L \times L \right) = \left(\frac{1}{4} \times 135,6 \times 1,65 \right)$$

$$= 55,93 \text{ kg.m} \quad (\text{Menentukan})$$

$$V_L = \left(\frac{1}{2} \times qL \times L \right) = \left(\frac{1}{2} \times 68,4 \times 1,65 \right)$$

$$= 56,40 \text{ kg}$$

$$V_L = \left(\frac{1}{2} \times P_L \right) = \left(\frac{1}{2} \times 135,6 \right)$$

$$= 67,79 \text{ kg} \quad (\text{Menentukan})$$

Momen Ultimate (M_u)

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 2,79 + 1,6 \times 55,93 = 92,83 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Geser Ultimate (V_u)

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= 1,2 \times 7,38 + 1,6 \times 67,69 = 117,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang

a. Kontrol Kuat Lentur

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{tf} = \frac{50}{4} = 12,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,27$$

$$\lambda_r = 0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,91 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 25,74$$

Cek Persyaratan

$$\begin{aligned} \lambda_{pf} &> \lambda < \lambda_r \\ 15,27 &> 12,5 < 25,74 \quad \text{Penampang Kompak} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= \left(\frac{1}{2} \times d \times (tf \times d) \right) + \left(\frac{1}{2} \times tf \times (tf \times (b - tf)) \right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 5 \times (0,4 \times 5) \right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,4 \times (0,4 \times (5 - 0,4)) \right) \\ &= 5,368 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 5,368 \times 2500 \\ &= 13420 \text{ kg.cm} = 134,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

Mu	<	ϕ Mn	
92,8	<	0.9 x 134.2	
92,8	<	120.78 Kg	→OK

Keterangan :

- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

b. Kontrol Kuat Geser

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

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

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

$$\frac{d - t_w}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{46}{4} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$11,5 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 1,8 \times 1,0 = 2760 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_n \\
 117,3 & < & 0.9 \times 2760 \\
 117,3 & < & 2484 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK}
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

c. Kontrol Lenturan

Pengaku Anak Tangga diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{240}$, berikut perhitungannya :

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{240} = \frac{165}{240} = 0,688 \text{ cm}$$

Beban Mati

$$\begin{aligned}
 - f_1 &= \frac{5}{384} \times \frac{qD \times Lx^4}{E \times Ix} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,082 \times 165^4}{2000000 \times 9} = 0,04 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup Terpusat

$$\begin{aligned}
 - f_2 &= \frac{1}{48} \times \frac{PL \times Lx^3}{E \times Ix} \\
 &= \frac{1}{48} \times \frac{135,76 \times 165^3}{2000000 \times 9} = 0,44 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned}
 - f_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{qL \times Lx^4}{E \times Ix} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,684 \times 165^4}{2000000 \times 37} = 0,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

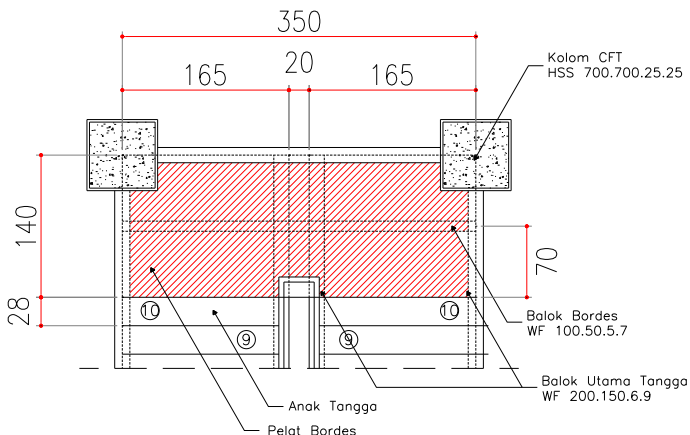
Maka, nilai f sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f &= f_1 + f_2 \\
 f &= 0,04 + 0,44 = 0,48 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 f &< f_{\text{maks}} \\
 0,48 &< 0,68 \text{ cm} \rightarrow \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

4.6.3 Perencanaan Bordes



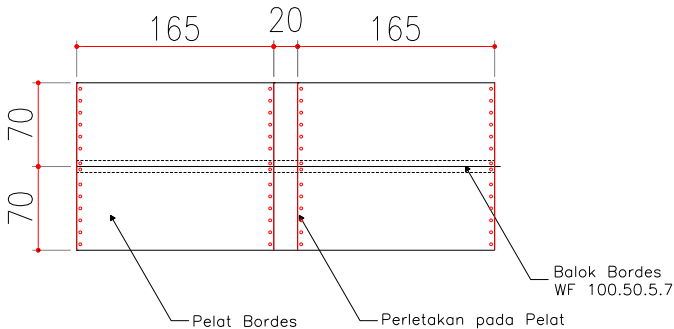
Gambar 4.38 Denah rencana bordes tangga

a. Perencanaan Pelat Bordes

Data Perencanaan

- Tebal Pelat Pelat Tangga = 7 mm

- Lebar Pelat Bordes = 140 cm
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m³



Gambar 4.39 Perletakan pada Pelat Bordes

- Mutu Baja BJ 41
 - $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/m}^2$
 - $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pembebanan

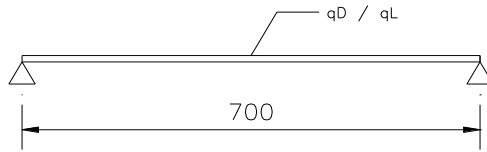
Beban Mati q_D

- Berat Pelat = $0.007 \times 0,7 \times 7850 = 38,47 \text{ kg/m}$
- Alat Penyambung dll. (10%) = $3,85 \text{ kg/m}$
- $q_D = \underline{42,32 \text{ kg/m}}$

Beban Hidup q_L

- Beban Hidup Tangga (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*)
 - $q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 0,7 = 341,79 \text{ kg/m}$
- $q_{\text{Total}} = 42,32 \text{ kg/m} + 341,79 \text{ kg/m} = 384,11 \text{ kg/m}$

Perhitungan Momen



Beban Merata pada Pelat Bordes

Beban Mati (M_D)

$$M_D = \left(\frac{1}{8} \times q_D \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 42,3 \times 0,7^2 \right)$$

$$= 2,59 \text{ kg.m}$$

Beban Hidup (M_L)

$$M_L = \left(\frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 341,8 \times 0,7^2 \right)$$

$$= 20,93 \text{ kg.m}$$

Momen Ultimate (M_u)

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

$$= 1,2 \times 2,59 + 1,6 \times 20,93 = 36,61 \text{ kg.m}$$

Kontrol Kuat Lentur Pelat

$$Z_x = \left(\frac{1}{4} \times b \times h^3 \right) = \left(\frac{1}{4} \times 165 \times 0,7^3 \right) = 20,21 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 20,21 \times 2500$$

$$= 50531 \text{ kg.cm} = 505,3 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain

M_u	<	ϕM_n
36,6	<	$0,9 \times 505,3$
36,6	<	454,8 Kg \rightarrowOK

Kontrol Lendutan Pelat

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \times b \times h^3 \right) = \left(\frac{1}{12} \times 165 \times 0,7^3 \right) = 4,72 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,84 \times 70^4}{2000000 \times 4,72} = 0,127 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{70}{360} = 0,194 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$f < f_{\text{maks}}$$

$$0,127 < 0,194 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK}$$

Sehingga Pelat Bordes dengan Tebal 0,07 m , dapat digunakan.

b. Perencanaan Balok Bordes

Pada Bordes Tangga, balok diencanakan menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dengan data profil sebagai berikut :

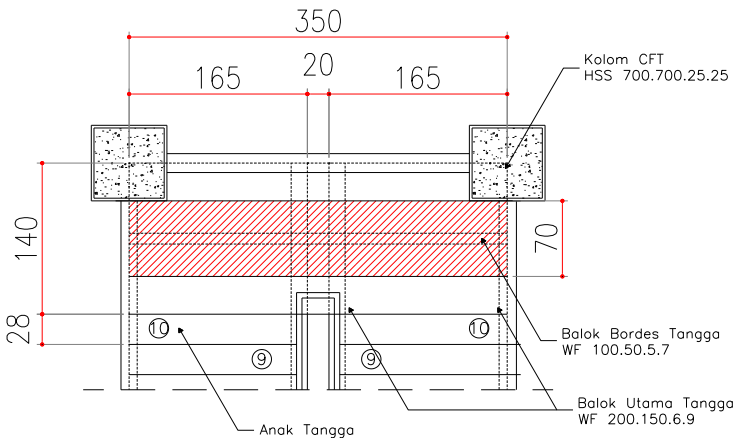
d	=	100	mm	ix	=	3,98	cm
bf	=	50	mm	iy	=	1,12	cm
tf	=	7	mm	Zx	=	42	cm ³
tw	=	5	mm	Zy	=	9	cm ³
A	=	11,9	cm ²	Sx	=	37,5	cm ³
w	=	9,3	kg/m	Sy	=	5,9	cm ³
Ix	=	187	cm ⁴	r	=	8	cm
Iy	=	14,8	cm ⁴	h	=	70	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (fy) 250 MPa dan beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :

Perencanaan Pembebanan

Beban Mati (q_D)

- Berat Pelat = $0.007 \times 0,7 \times 7850$ = 38,47 kg/m
- Berat Profil = 9,3 kg/m
- = 47,77 kg/m
- Alat Penyambung dll. (10%) = 4,78 kg/m
- q_D = 52,55 kg/m



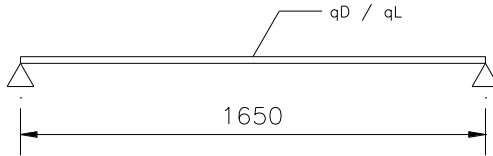
Gambar 4.40 Pembebanan pada balok bordes

Beban Hidup (q_L)

- Beban Hidup Tangga (*Tabel 4.1 SNI 1727:2013*)

$$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 0,7 = 341,79 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Momen dan Geser

*Beban Merata pada Balok Bordes*

Perhitungan Momen

Beban Mati (M_D)

$$M_D = \left(\frac{1}{8} \times q_D \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 55,524 \times 1,65^2 \right)$$

$$= 17,88 \text{ kg.m}$$

$$V_D = \left(\frac{1}{2} \times q_D \times L \right) = \left(\frac{1}{2} \times 55,54 \times 1,65 \right)$$

$$= 43,35 \text{ kg}$$

Beban Hidup (M_L)

$$M_L = \left(\frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 341,79 \times 1,65^2 \right)$$

$$= 116,32 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \left(\frac{1}{2} \times q_L \times L \right) = \left(\frac{1}{2} \times 341,8 \times 1,65 \right)$$

$$= 281,98 \text{ kg}$$

Momen Ultimate (M_u)

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

$$= 1,2 \times 17,88 + 1,6 \times 116,32 = 207,56 \text{ kg.m}$$

Geser Ultimate (V_u)

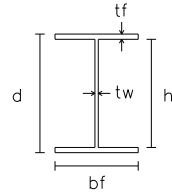
$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= 1,2 \times 43,35 + 1,6 \times 281,98 = 503,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14,0$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{14} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$14,00 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$3,57 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 104488 \text{ kg.cm} = 1044,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n & & \\ 207,6 < 0,9 \times 1044,9 & & \\ 207,6 < 940,38 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok sendiri yaitu 165 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 165 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 1,76 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 110,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left((2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \left((2 \times 50 \times 7^3) + ((100 - 2 \times 7) \times 5^3) \right) \\
 &= 15016,67 \text{ mm}^4 = 1,502 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{ht_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{50}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{70 \times 5}{50 \times 7} \right)}} \\
 &= 13,363 \text{ mm} = 1,336 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 100 - 7 = 93 \text{ mm} = 9,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\
 &= 1,95 \times 1,336 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{1,5 \times 1}{38 \times 9,3} + \sqrt{\left(\frac{1,5 \times 1}{38 \times 9,3} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\
 &= 276,44 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$\begin{array}{lcl}
 L_p & < & L_b & > & L_r \\
 55,75 & < & 165 & > & 276,4 \rightarrow \text{Bentang Menengah}
 \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times F_y \\
 &= 42 \times 2500 = 104488 \text{ kg.cm} = 1004,48 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

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

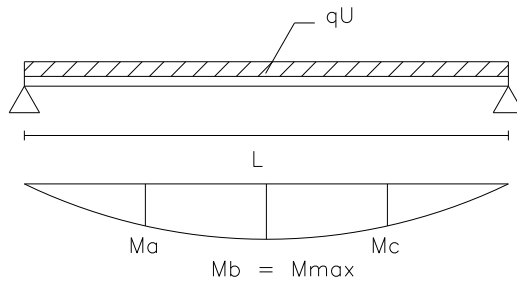
$$M_a = \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 609,92 \times 1,65^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 155,67 \quad \text{kg.m}$$

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

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_b &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 609,92 \times 1,65^2 \right) \\ &= 207,56 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.41 Pembagian Momen pada Balok Bordes

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

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_c &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 609,92 \times 1,65^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 155,67 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 207,56}{2,5 \times 207,56 + 3 \times 155,67 + 4 \times 207,56 + 3 \times 155,67} \\ &= 1,136 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 1,136 \left[104488 - (104488 - 0.7 \times 2500 \times 38) \left(\frac{165 - 55,8}{276,4 - 55,8} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 96874,78 \quad \text{kg.cm} \quad \leq \quad M_p \\
 &= 968,75 \quad \text{kg.m} \quad \leq \quad 1004,9
 \end{aligned}$$

Karena nilai M_n Bentang Menengah kurang dari nilai M_p , maka nilai yang diambil adalah nilai M_n sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

M_u	$<$	ϕM_n	
207,6	$<$	$0.9 \times 968,7$	
207,6	$<$	$871,87 \quad \text{kg.m}$	$\rightarrow \dots OK$

Keterangan :

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1, I$ Simetris (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{70}{5} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$14,00 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 1,0 = 7500 \quad \text{kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$503,2 < 0,9 \times 7500$$

$$503,2 < 6750 \quad \text{Kg} \longrightarrow \text{.....OK}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

Balok Bordes diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lentutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$, berikut perhitungannya :

$$- f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,943 \times 165^4}{2000000 \times 187} = 0,102 \text{ cm}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{165}{360} = 0,458 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$f < f_{\text{maks}}$$

$$0,102 < 0,458$$

$$0,102 < 0,458 \text{ cm} \longrightarrow \dots OK$$

Sehingga Profil WF 100 x 50 x 5 x 7, dapat digunakan sebagai Balok Bordes.

4.6.4 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan spesifikasi sebagai berikut :

d	=	194	mm	ix	=	8,3	cm
bf	=	150	mm	iy	=	3,6	cm
tf	=	9	mm	Zx	=	296	cm ³
tw	=	6	mm	Zy	=	101	cm ³
A	=	39,0	cm ²	Sx	=	277	cm ³
w	=	30,6	kg/m	Sy	=	68	cm ³
Ix	=	2690	cm ⁴	r	=	13	cm
Iy	=	507	cm ⁴	h	=	150	cm

Perencanaan Pembebanan

Pembebanan Anak Tangga (qU₁)

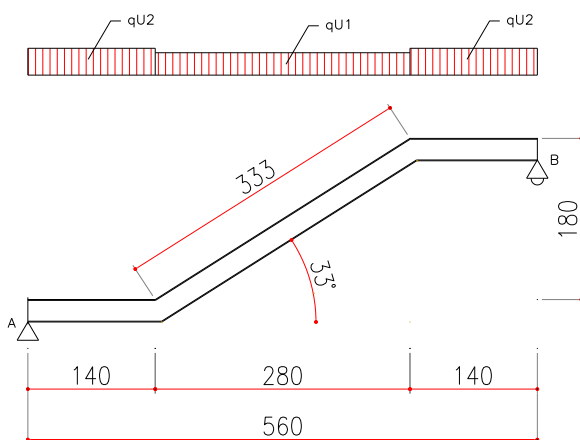
Beban Mati (qD)

$$- \text{Berat Pelat } 0,004 \times (1,65 \times 0,5) \times 7850 = 25,91 \text{ kg/m}$$

- Berat Profil Balok $30,6 / \cos 32,74^\circ = 36,4 \text{ kg/m}$
- Berat Profil Siku

$$\frac{3,06 \text{ kg} \times 2 \text{ Buah} \times 9 \text{ Anak Tangga} \times 0,83}{3,33} = 13,7 \text{ kg/m}$$
- Alat Penyambung dll (10%)

$$= 75,934 \text{ kg/m}$$
- $= 7,59 \text{ kg/m}$
- $qD = 83,524 \text{ kg/m}$



Gambar 4.42 Perencanaan Pembebanan Balok Utama Tangga

Beban Hidup (qL)

$$qL = 482,82 \text{ kg/m}^2 \times 0,825 = 402,28 \text{ kg/m}$$

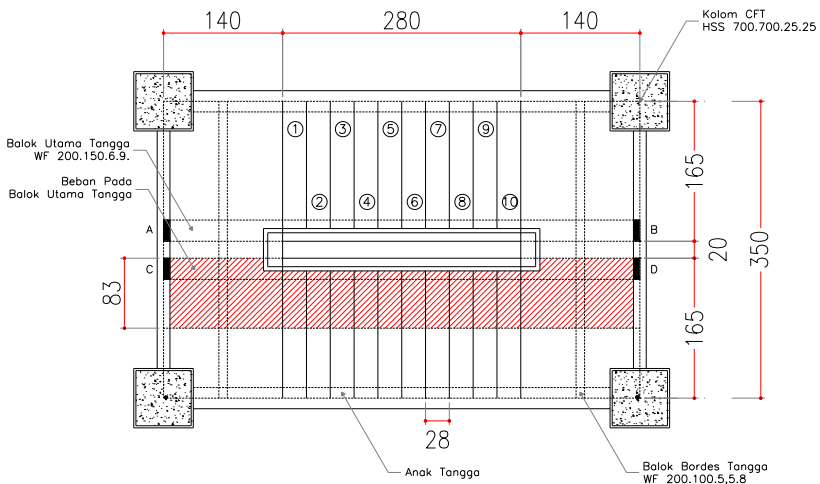
Beban Ultimate (qU_1)

$$\begin{aligned} qU_1 &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 \times 83,5 + 1,6 \times 478,9 = 866,45 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Pembebanan Bordes (qU_2)

Beban Mati (qD)

- Berat Pelat $0,007 \times (1,65 \times 0,5) \times 7850 = 45,33 \text{ kg/m}$
- Berat Profil Balok $= 29,6 \text{ kg/m}$
- Berat Profil Balok $\frac{9,3 \text{ kg} \times 0,83}{1,40} = 5,5 \text{ kg/m}$
- Alat Penyambung dll (10%) $= 80,414 \text{ kg/m}$
- $8,04 \text{ kg/m}$
- $qD = 88,456 \text{ kg/m}$



Gambar 4.43 Denah Perencanaan Balok Utama Tangga

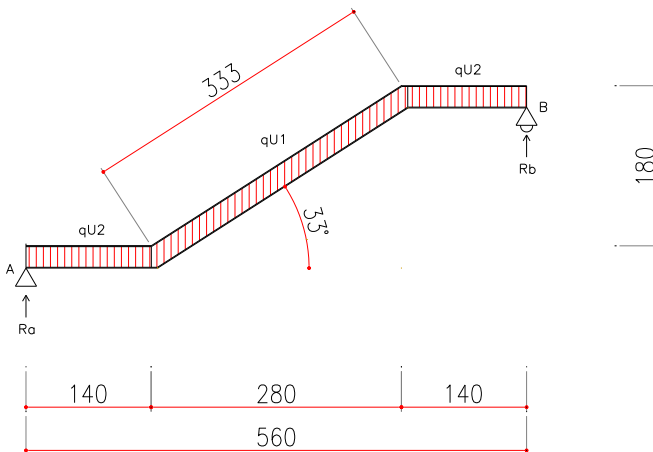
Beban Hidup (q_L)

$$q_L = 482,82 \text{ kg/m}^2 \times 0,825 \text{ m} = 402,28 \text{ kg/m}$$

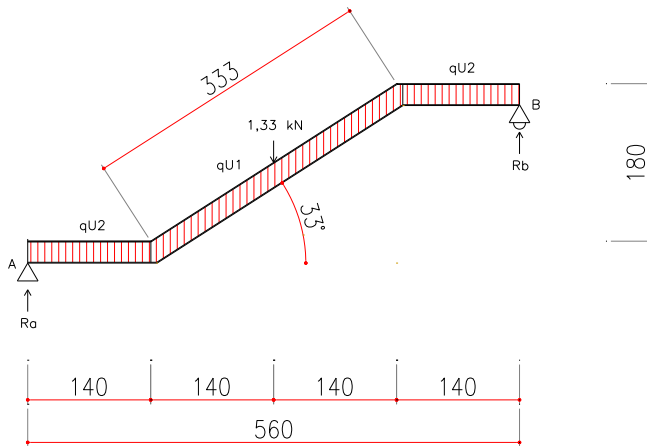
Beban Ultimate (q_{U_2})

$$\begin{aligned} q_{U_2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 88,456 + 1,6 \times 402,8 = 750,67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Selain itu berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5.4 mengenai beban pada tangga tetap, pada 1 rangkaian harus terdapat tambahan beban minimum 1.33 kN setiap jarak 3.048 m dari tinggi tangga. Pada perencanaan ini beban sebesar 1.33 kN ditempatkan pada tengah bentang dari balok utama tangga, sehingga sketsa pembebanan mejadi seperti berikut :

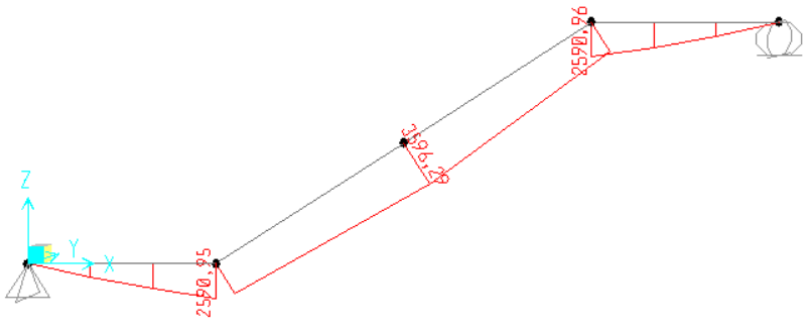


Gambar 4.44 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

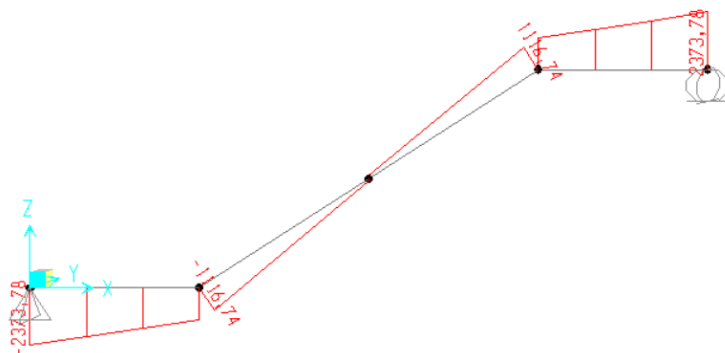


Gambar 4.45 Sketsa Pembeban dengan Tambahan Beban Terpusat pada Balok Utama Tangga

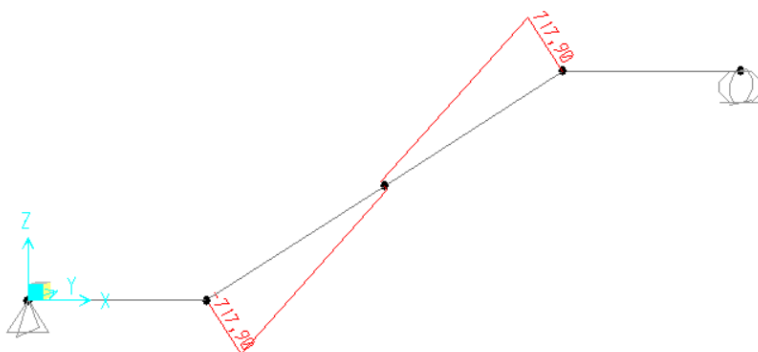
Dengan program bantu SAP2000 v14.2 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :



Gambar 4.46 Bidang M Balok Tangga Utama



Gambar 4.47 Bidang D Balok Tangga Utama



Gambar 4.48 Bidang N Balok Tangga Utama

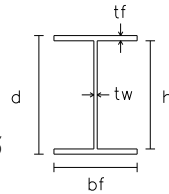
Maka rekapitulasi dari hasil Output SAP2000 v14.2 adalah sebagai berikut :

- $M_u = 3596,29$ kg.m
- $V_u = 2373,77$ kg
- $N_u = 717,9$ kg

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25,00$$

$$\lambda_{pw} = 3,76\sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76\sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38\sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$25,00 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,93 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y = 296 \times 2500$$

$$= 740535 \quad \text{kg.cm} = 7405,4 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} \mu < \phi M_n & & \\ 3596,3 < 0,9 \times 7405,4 & & \\ 3596,3 < 6664,82 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang berupa pengaku dari anak tangga dengan jarak vertikal 18 cm dan jarak horizontal adalah 28 cm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$L_b = \sqrt{18^2 + 28^2} = 33,3 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 3,61 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 179,71 \text{ cm}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 33,3 < 179,71 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 296 \times 2500 \\ &= 740535 \text{ kg.cm} = 7405,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} \mu & < & \phi M_n \\ 3596,3 & < & 0,9 \times 7405,4 \\ 3596,3 & < & 6664,8 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{150}{6} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$25,00 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 11,6 \times 1,0 = 17460 \quad \text{kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi V_n$$

$$2373,8 < 0,9 \times 17460$$

$$2373,8 < 15717,4 \text{ Kg} \quad \longrightarrow \text{.....OK}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Interaksi Tekan - Lentur :

$$L = \sqrt{180^2 + 280^2} = 332,9 \quad \text{cm}$$

$$K_c = 0,5 \text{ (Jepit - Jepit)}$$

$$\frac{K_c \times L}{r_{\min}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{0,5 \times 332,9}{3,61} \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$46,103 \leq 133,22$$

maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} f_y = 0,658^{\frac{250}{928,7}} \times 250 \\ &= 223,360 \text{ MPa} = 2233,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan f_e , sebagai berikut :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{2 \times 3329}{36,1}\right)^2} = 928,7 \text{ MPa}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times F_{cr} \\ &= 39,0 \times 2233,6 = 87132,92 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 87132,92 = 74062,99 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{716,63}{74062,99} = 0,0097 < 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 2* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{717,9}{2 \times 74062,99} + \left(\frac{3596,29}{6664,8} + 0 \right) \leq 1,0$$

$$0,54 \leq 1,0 \quad \dots OK$$

Kontrol Lentutan :

Balok Utama Tangga diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lentutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{(2 \times 140) + \sqrt{(280^2 + 180^2)}}{360} \\ &= 2,55 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui lentutan yang terjadi beban rencana yang digunakan adalah beban tidak terfaktor, beban yang sudah direncanakan pada pembebanan balok utama tangga diatas yang sudah dikalikan dengan faktor sehingga pada kontrol lentutan faktor dihilangkan.

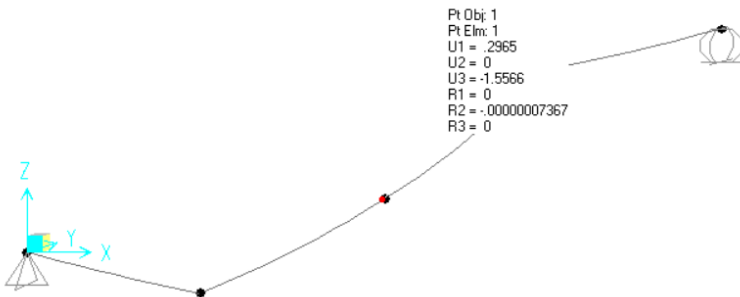
Pembebanan untuk balok utama tangga miring :

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1 q_D + 1 q_L \\ &= 83,5 + 478,9 \\ &= 562,41 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Pembebanan untuk balok utama tangga bordes :

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1 q_D + 1 q_L \\ &= 89,56 + 402,8 \\ &= 492,38 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Selain itu berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5.4 mengenai beban pada tangga tetap, pada 1 rangkaian harus terdapat tambahan beban minimum 1.33 kN setiap jarak 3.048 m dari tinggi tangga. Pada perencanaan ini beban sebesar 1.33 kN ditempatkan pada tengah bentang dari balok utama tangga.



Gambar 4.49 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 1,556 & < & 2,55 \\
 1,556 & < & 2,55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 200 x 150 x 6 x 9 , dapat digunakan sebagai balok utama tangga.

4.6.5 Perencanaan Balok Penumpu

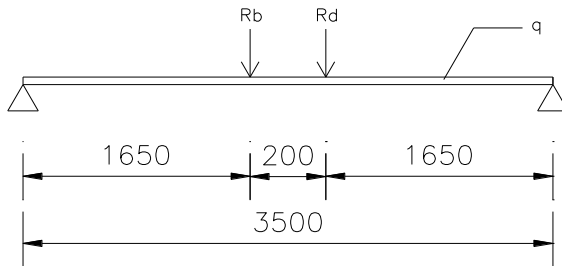
Balok Penumpu di rencanakan dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari balok utama tangga. Balok penumpu direncanakan menggunakan profil WF 250 × 175 × 7 × 11, dengan spesifikasi sebagai berikut :

d	=	250	mm	ix	=	10,4	cm
bf	=	175	mm	iy	=	4,18	cm
tf	=	11	mm	Zx	=	535	cm ³
tw	=	7	mm	Zy	=	168	cm ³
A	=	56,2	cm ²	Sx	=	502	cm ³
w	=	44,1	kg/m	Sy	=	113	cm ³
Ix	=	6120	cm ⁴	r	=	16	cm
Iy	=	984	cm ⁴	h	=	190	cm

Data Perencanaan :

- Berat Bata Ringan	=	600	kg/m ²
- Lebar Pegangan Tangga	=	0,2	m
- Panjang Balok Penumpu	=	3,5	m
- BJ 41			
Fy = 250 MPa	=	2500	kg/cm ²
Fe = 210 MPa	=	2100	kg/cm ²
E = 20000 MPa	=	2000000	kg/cm ²

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Rb) dan (Rd) 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 4.50 Sketsa Pembebanan pada Balok Penumpu Tangga

Perencanaan Pembebanan :

Beban Mati (qD)

- Berat Profil	=	44,1	kg/m
- Beban Dinding 1,8 x 600	=	1080	kg/m
	=	1124,1	kg/m
Berat Sambungan dll (10%)	=	112,41	kg/m
qD	=	1236,5	kg/m

Beban Ultimate (qU)

$$qU = 1,4 qD$$

$$= 1,4 \times 1236,5 \text{ kg/m} = 1731,114 \text{ kg/m}$$

Reaksi Perletakan :

Beban Terpusat

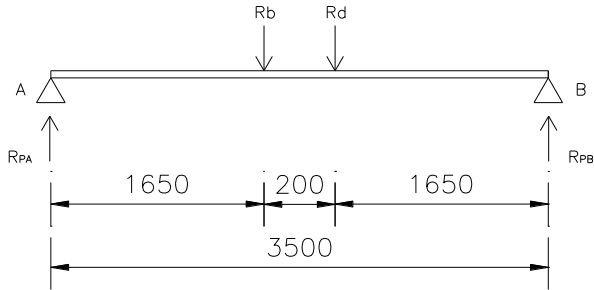
$$Rb = Rd = 2373,78 \text{ kg} \quad \text{*Hasil Output SAP 2000}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$-R_{PB} \times 3,5 + Rb \times 1,65 + Rd \times 1,85 = 0$$

$$R_{PB} = \frac{Ra \times 1,65 + Rb \times 1,85}{3,5}$$

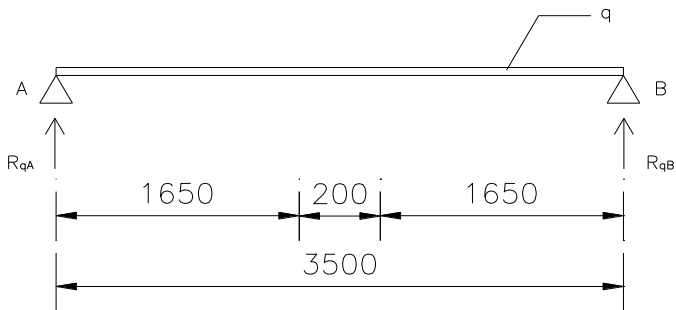
$$\begin{aligned}
 &= \frac{2373,78 \times 1,65 + 2373,78 \times 1,85}{3,5} \\
 &= 2373,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Pembebanan Terpusat Pada Balok Bordes

Maka nilainya adalah $R_{PB} = R_{PA} = 2373,78 \text{ kg}$

Beban Merata



Pembebanan beban Merata pada Balok Bordes

$$\begin{aligned}
 R_{qA} = R_{qB} &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 1731,11 \times 3,5 \\
 &= 3029,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Gaya Dalam :

a. Momen Maksimum (Mu)

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= Ra \times 1,65 + \frac{1}{8} \times qU \times L^2 \\ &= 2373,78 \times 1,65 + \frac{1}{8} \times 1731,1 \times 3,5^2 \\ &= 6567,51 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

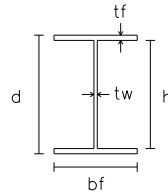
b. Gaya Geser (Vu)

$$\begin{aligned} \text{Vu} &= \text{Rq} + \text{Rp} \\ &= 2373,78 + 3029,45 = 5403,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{190}{7} = 27,143 \\ \lambda_{pw} &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35 \end{aligned}$$



Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{175}{22} = 7,95 \\ \lambda_{pf} &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 27,143 &< 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 6567,5 &< 0,9 \times 13369,3 \\ 6567,5 &< 12032,37 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang dari balok yang dikekang oleh balok utama tangga yaitu 165 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 165 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,18 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 208,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left((2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left((2 \times 175 \times 11^3) + ((244 - 2 \times 11) \times 7^3) \right) \\ &= 180665,33 \text{ mm}^4 = 18,067 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{150}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{190 \times 7}{175 \times 11} \right)}} \\ &= 47,839 \text{ mm} = 4,784 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 244 - 11 = 233 \text{ mm} = 23,3 \text{ cm}$$

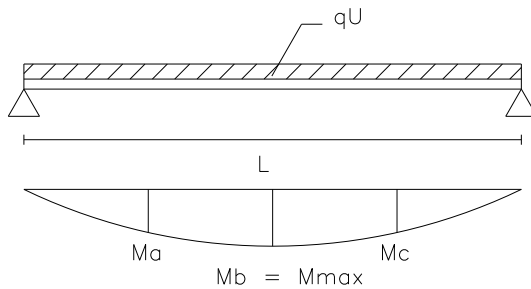
$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1,95 \times 3,944 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{18,07 \times 1}{502 \times 23,3} + \sqrt{\left(\frac{18,07 \times 1}{502 \times 23,3} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 595,05 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

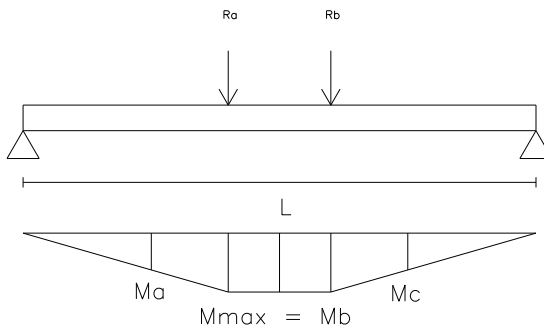
$$\begin{array}{lclclcl} L_p & < & L_b & < & L_r \\ 208,08 & < & 165 & < & 593,05 \end{array} \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \times 2500 \\ &= 1336930 \text{ kg.cm} = 13369,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.51 Pembagian Momen pada Beban Merata



Gambar 4.52 Pembagian Momen pada Beban Terpusat

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

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_a &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 1731,11 \times 3,5^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 1988,08 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Beban Terpusat

$$M_a = Rp \times \frac{L}{4} = 2373,78 \times \frac{3,5}{4} = 2077,06 \text{ kg.m}$$

$$M_{a \text{ Total}} = 1988,08 + 2077,06 = 4065,13 \text{ kg.m}$$

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

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_b &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 1731,11 \times 3,5^2 \right) \\ &= 2650,77 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Beban Terpusat

$$\begin{aligned} M_b &= Rp \times \frac{L}{2} - Ra \times 0,10 \\ &= 2373,78 \times \frac{3,5}{2} - 2373,78 \times 0,10 \\ &= 3916,74 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{b \text{ Total}} = 2650,77 + 3916,74 = 6567,51 \text{ kg.m}$$

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

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_c &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 1731,11 \times 3,5^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 1988,08 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Beban Terpusat

$$M_c = R_p \times \frac{L}{4} = 2369,45 \times \frac{3,5}{4} = 2073,27 \text{ kg.m}$$

$$M_{c \text{ Total}} = 1988,07 + 2077,06 = 4065,13 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 6567,51}{2,5 \times 6567,51 + 3 \times 4065,13 + 4 \times 6567,51 + 3 \times 4065,13} \\ &= 1,224 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1,22 \left[1336930 - (1336930 - 0.7 \times 2500 \times 502) \left(\frac{165 - 208}{593,1 - 208,1} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1692956,5 \text{ kg.cm} \leq M_p \\ &= 16989,6 \text{ kg.m} \leq 13369,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Karena nilai M_n Bentang Menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang diambil adalah nilai M_p sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_u & < & \phi M_n \\ 6567,5 & < & 0,9 \times 13369,3 \\ 6567,5 & < & 12032,37 \text{ kg.m} \rightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1, I$ Simetris (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{190}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}}$$

$$27,14 \leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 17,1 \times 1,0 = 25620 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

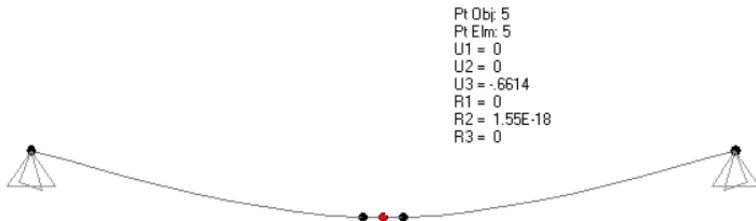
V_u	<	ϕV_n
5403,2	<	0.9×25620
5403,2	<	23058 Kg \rightarrowOK

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lendutan :

Balok Penumpu Tangga diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$, berikut perhitungannya :



Gambar 4.53 Hasil Lendutan Balok Bordes dengan Program Bantu SAP 2000

Dari Hasil Output SAP 2000, didapatkan nilai lendutan sebesar :

$$f = 0,662 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{165}{360} = 0,972 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{maks} \\
 0,662 & < & 0,972 \\
 0,662 & < & 0,972 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

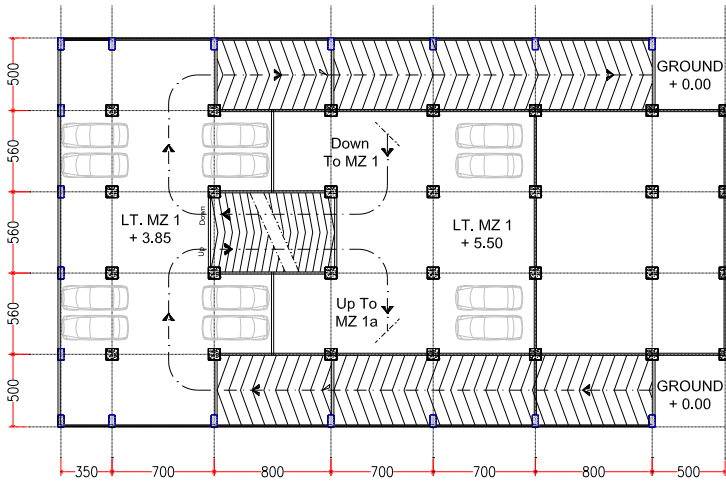
Sehingga Profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok bordes.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Profil Tangga

No	Fungsi	Ukuran Profil
1	Pelat Anak Tangga	Tebal 4 mm
2	Pelat Bordes	Tebal 7 mm
3	Pengaku Anak Tangga	L 50 x 50 x 4
4	Balok Bordes	WF 100 x 50 x 7 x 5
5	Balok Utama Tangga	WF 200 x 150 x 6 x 9
6	Balok Penumpu Tangga	WF 250 x 175 x 7 x 11

4.7 Perencanaan Ramp

Ramp Merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada Gedung Hotel Grand Dafam Kayoon, fungsi Ramp sebagai akses keluar dan masuknya kendaraan bermotor.



Gambar 4.54 Denah Ramp pada Lantai Ground – Lantai MZ 1

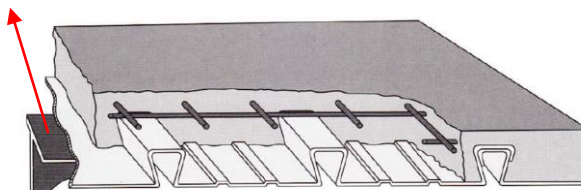
4.7.1 Perencanaan Pelat Ramp

Pelat Ramp direncanakan menggunakan bondek dengan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER STEEL INDAH. Pelat bondek yang akan digunakan berdasarkan borsur *Super Floor Deck* dengan keterangan sebagai berikut :

- Struktur lantai direncanakan tanpa menggunakan penyangga (*no props*) untuk bentang 1,75 – 2,5m, sedangkan untuk bentang 3 meter menggunakan penyangga.
- Tebal Bondek sendiri adalah 0.75 mm.
- Mutu Beton yang digunakan adalah $f'c$ 25 MPa.

- Mutu Baja Tulangan U-48
- Tulangan menggunakan Wiremesh dari PT.Union Metal

BALOK PENGAKU



Gambar 4.55 Perencanaan Perletakan Pelat Ramp

Super Flor Deck 0,75 mm		BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M2		200		300		400		500		600		700		1000	
TIANG PENYANGGA PROPING	BENTANG SPAN m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1,50	9	0,59	9	0,73	9	0,85	9	0,98	9	1,11	9	1,31	9	1,65
	1,75	9	0,81	9	0,99	9	1,17	9	1,35	9	1,53	9	1,81	10	2
	2,00	9	1,07	9	1,31	9	1,55	9	1,79	9	2,03	9	2,39	10	2,65
	2,25	9	1,37	9	1,68	9	1,98	9	2,3	9	2,6	9	3,08	11	3,04
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2,50	9	1,71	9	2,09	9	2,48	9	2,86	9	3,25	10	3,39	14	2,92
	2,75	9	2,09	9	2,25	9	3,02	10	3,11	11	3,18	12	3,39	15	3,33
	3,00	9	2,51	9	3,07	9	3,25	11	3,38	12	3,49	13	3,75		
	3,25	10	2,70	10	3,27	10	3,84	12	3,67	12	3,82	14	4,12		
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3,50	11	2,90	11	3,49	11	4,09	12	4,29	13	4,46	15	4,51		
	3,75	11	3,36	11	4,04	11	4,73	13	4,61	14	4,81				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4,00	12	3,59	12	4,28	12	4,99	14	4,93	15	5,17				
	4,50	13	4,34	13	5,14	14	5,58	15	5,95						
	5,00	15	4,90	15	5,73	15	6,58								

Gambar 4.56 Tabel Perencanaan Praktis Bentang Bondex

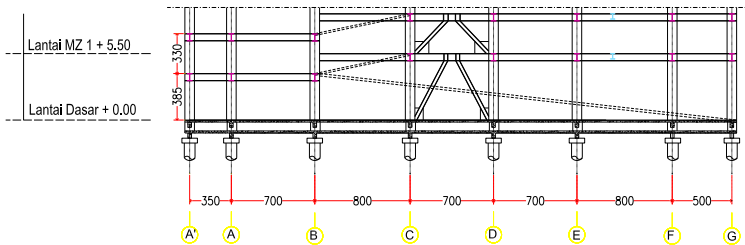
Keterangan :

- Tabel Perencanaan Praktis di dapatkan dari brosur PT SUPER STEEL INDAH

Data Perencanaan :

- Tinggi Lantai (y) = 385 cm
- Panjang Ramp (x) = 3300 cm
- Lebar Ramp = 560 cm
- Kemiringan Ramp (α)

$$a = \text{arc tg } \frac{y}{x} = \text{arc tg } \frac{385}{3300} = 6,65^\circ$$
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/cm³
- BJ 41
 - $f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$
 - $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$
 - $E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4.57 Tampak Potongan dari Rencana Ramp

Perencanaan pembebanan pelat ramp :

Beban Mati (qD) :

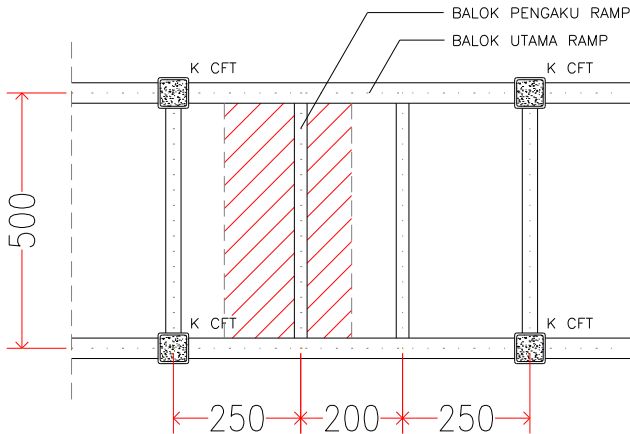
- Berat Aspal (t = 2cm) = $2 \times 14 \text{ kg/m}^2 = 28 \text{ kg/m}^2$
 - Berat Spesi (t = 2cm) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
-
- qD Total = 70 kg/m²

Beban Hidup (qL) (PPIUG 1983 Tabel 3.1) :

- Lantai Ramp (800 kg/m²) = 800 kg/m²

Beban Berguna :

$$\begin{aligned}
 - q_U &= q_D + q_L \\
 &= 70 + 800 = 870 \text{ kg/m}^2 \quad \approx 1000 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4.58 Denah Rencana Pelat Ramp

Perencanaan Pelat dan Bondex menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2,5 m
- Beban Berguna = 1000 kg/m²
- Tebal Pelat = 14 cm
- Tulangan negatif = 2,92 cm²/m

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diamter Tulangan = 8 mm

$$\begin{aligned}
 - \text{As} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,2655 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

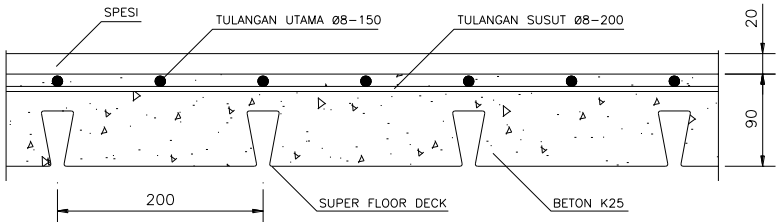
Jumlah Antar Tulangan (n) :

$$- n = \frac{2,92}{0,503} = 5,809 \text{ Buah}$$

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

$$- s = \frac{1000}{5,809} = 172,1 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran $\emptyset 8 - 200$



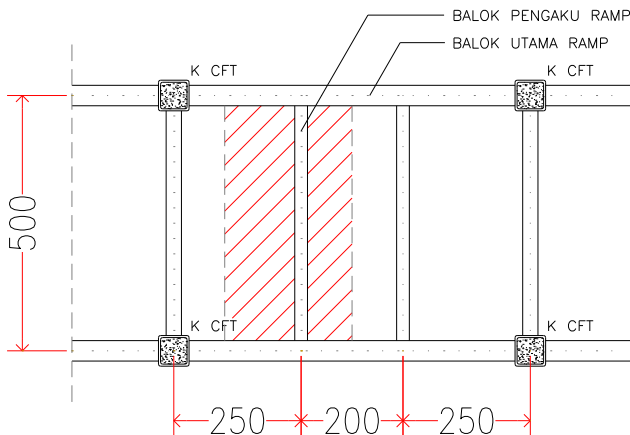
Gambar 4.59 Penulangan Pelat Ramp

4.7.2 Perencanaan Balok Pengaku Ramp

Pada Lantai Ramp, balok pengaku diencanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dengan data profil sebagai berikut :

d	=	350	mm	ix	=	14,7	cm
bf	=	175	mm	iy	=	3,95	cm
tf	=	11	mm	Zx	=	841	cm ³
tw	=	7	mm	Zy	=	169	cm ³
A	=	63,1	cm ²	Sx	=	775	cm ³
w	=	49,6	kg/m	Sy	=	112	cm ³
Ix	=	13600	cm ⁴	r	=	14	cm
Iy	=	984	cm ⁴	h	=	300	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan bentang beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



Gambar 4.60 Pembebanan Balok Pengaku Ramp

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

- Beban Mati Pelat Lantai	= 70 kg/m ²
- Berat Bondex	= 10,1 kg/m ²
- Berat Pelat Beton 0.14 x 2400 kg/m ²	= 336 kg/m ²
	<hr/>
	= 416,1 kg/m ²
- Alat Penyambung dll (10%)	= 41,61 kg/m ²
	<hr/>
qD ₁	= 457,71 kg/m ²

- Beban Mati Merata	
qD ₁ x Ly = 457,71 kg/m ² x 2,5 m	= 1144,3kg/m
- Berat Profil	= 49,6 kg/m
	<hr/>
qD Total	= 1193,9 kg/m

maka, nilai qD Total adalah 1193,9 kg/m

Beban Hidup (qL) (PPIUG 1983 Tabel 3.1) :

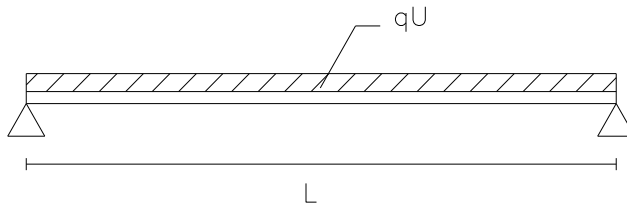
- Berat Lantai	
800 kg/m ² x 2,5 m	= 2000 kg/m

Maka, nilai qL adalah 2000 kg/m

Beban Terfaktor (qU)

- qU = 1.2 qD + 1.6 qL	
= 1.2 x 1193,9 + 1.6 2000	= 4632,7 kg/m

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Pengaku :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \times 4632,7 \times 5^2 \\ &= 14477 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

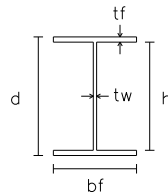
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 4632,7 \times 5 \\ &= 11581,6 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{11} = 42,857$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,857 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 841 \times 2500$$

$$= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$14477 < 0,9 \times 21021,2$$

$$14477 < 18919,06 \text{ Kg.m} \quad \longrightarrow \textit{.....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{\frac{20000000}{2500}} = 196,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 196,63 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 841 \times 2500 \\ &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_u & < & \phi M_n \\ 14477 & < & 0,9 \times 21021,2 \\ 14477 & < & 18919,06 \text{ Kg.m} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{300}{7} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,86 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,5 \times 1,0 = 36750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{ll} V_u &< \quad \phi V_n \\ 11581,6 &< \quad 0,9 \times 36750 \\ 11581,6 &< \quad 33075 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{31,9 \times 500^4}{2000000 \times 13600} = 0,96 \text{ cm} \\
 - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,389 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 0,96 & < & 1,389 \\
 0,96 & < & 1,389 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

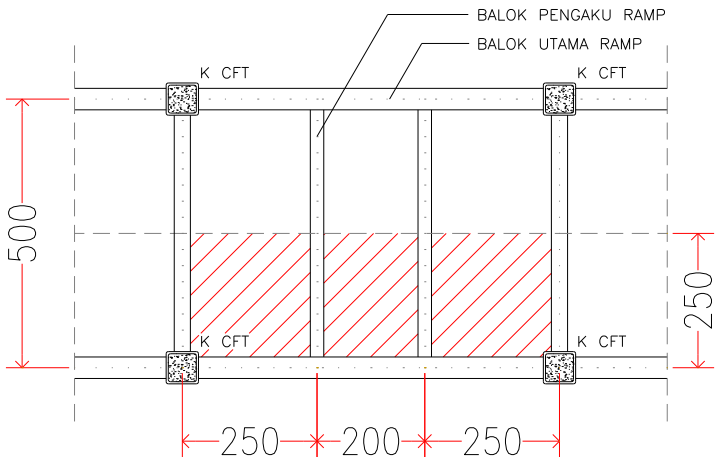
Sehingga Profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dapat digunakan sebagai balok pengaku pada pelat Ramp.

4.7.3 Perencanaan Balok Utama Ramp

Pada Utama Ramp, balok diencanakan menggunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dengan data profil sebagai berikut :

d	=	450	mm	i_x	=	16,8	cm
bf	=	200	mm	i_y	=	4,54	cm
tf	=	14	mm	Z_x	=	1826	cm ³
tw	=	9	mm	Z_y	=	260	cm ³
A	=	96,8	cm ²	S_x	=	1190	cm ³
w	=	76,0	kg/m	S_y	=	1174	cm ³
I_x	=	33500	cm ⁴	r	=	16	cm
I_y	=	1740	cm ⁴	h	=	342	cm

Mutu Baja yang dipakai adalah BJ 41, dengan kuat leleh (f_y) 250 MPa dan beban yang ditumpu seperti gambar di bawah :



Gambar 4.61 Pembebanan pada balok utama ramp

Perencanaan Pembebanan

Beban Mati (qD)

- Beban mati pelat	=	70	kg/m ²
- Berat Bondek	=	10,1	kg/m ²
- Berat Pelat 0.09 x 2400 kg/cm ³	=	336	kg/m ²
	=	416,1	kg/m ²
- Alat Penyambung dll. (10%)	=	41,61	kg/m ²
	qD ₁	=	457,71 kg/m ²

- Beban Mati Merata
 $qD_1 \times L_y = 457,71 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 1144,28 \text{ kg/m}$

- Balok Pengaku

$$\frac{49,6 \times 2 \times 2,5}{7,0} = 35,43 \text{ kg/m}$$

- Berat Sendiri profil

$$qD = \frac{76,0}{1} = 76,0 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1225,8 \text{ kg/m}$$

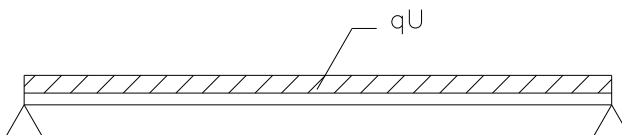
Beban Hidup (qL)

- Beban Hidup Tangga (*PPIUG 1983 Tabel 3.1*)
 $qL = 800 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 = 2000 \text{ kg/m}$

Beban Ultimate (qU)

$qU = 1,2 qD + 1,6 qL$
 $= 1,2 \cdot 1225,8 + 1,6 \cdot 2000 = 4706,8 \text{ kg/m}$

Perhitungan Gaya Dalam pada Balok Utama Ramp



$$M_U = \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 4706,8 \times 7^2 \right)$$

$$= 2829,4 \text{ kg.m}$$

$$V_U = \left(\frac{1}{2} \times qU \times L \right) = \left(\frac{1}{2} \times 4706,8 \times 7 \right)$$

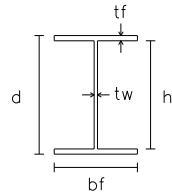
$$= 16474 \text{ kg}$$

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{374}{14} = 26,714$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{28} = 7,14$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$26,714 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,143 < 10,75 \quad \longrightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 1621 \times 2500 \\ &= 4053723 \text{ kg.cm} = 40537,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 28829,4 &< 0,9 \times 40537,2 \\ 28829,4 &< 36483,5 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \text{....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*
-

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang dari balok yang dikekang lateral oleh balok pengaku ramp yaitu 250 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 250 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,4 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 219,03 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left((2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left((2 \times 200 \times 14^3) + ((450 - 2 \times 14) \times 9^3) \right) \\ &= 468412,67 \text{ mm}^4 = 46,841 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{374 \times 9}{200 \times 14} \right)}} \\ &= 52,697 \text{ mm} = 5,27 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 450 - 14 = 436 \text{ mm} = 43,6 \text{ cm}$$

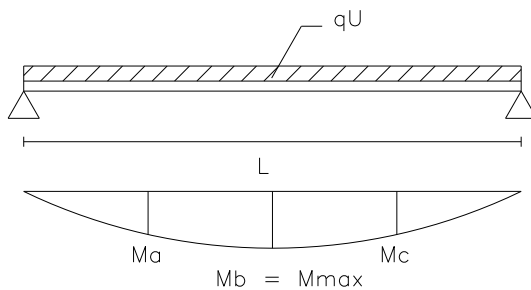
$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1,95 \times 5,33 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{46,84 \times 1}{1490 \times 43,6} + \sqrt{\left(\frac{46,84 \times 1}{1490 \times 43,6} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 446,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$\begin{array}{lcl} L_p & < & L_b & > & L_r \\ 219,03 & < & 250 & > & 446,77 \rightarrow \text{Bentang Menengah} \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1621 \times 2500 \\ &= 4053723 \text{ kg.cm} = 40537,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.62 Pembagian Momen pada Balok Bordes

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

$$\begin{aligned} M_a &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 4706,84 \times 7^2 \right) \times \frac{3}{4} \\ &= 21622,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

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

Beban Merata

$$\begin{aligned} M_b &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) = \left(\frac{1}{8} \times 4706,84 \times 7^2 \right) \\ &= 28829,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

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

Beban Merata

$$M_c = \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{8} \times 4706,84 \times 7^2 \right) \times \frac{3}{4}$$

$$= 21622,07 \text{ kg.m}$$

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

$$= \frac{12,5 \times 28829,42}{2,5 \times 28829,42 + 3 \times 21622,07 + 4 \times 28829,42 + 3 \times 21622,07}$$

$$= 1,136$$

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

$$= 1,136 \left[4053723 - (4053723 - 0.7 \times 2500 \times 1490) \left(\frac{250 - 219,03}{446,8 - 219,03} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 4383034 \text{ kg.cm} \leq M_p$$

$$= 43830,34 \text{ kg.m} \leq 40537,2$$

Karena nilai M_n Bentang Menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang diambil adalah nilai M_p sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$28829,4 < 0,9 \times 40537,2$$

$$28829,4 < 36483,5 \text{ kg.m} \rightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- *Bentang Menengah* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1, 1$ Simetris (Pasal F2 pers.(F2-8b) SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{374}{9} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 41,56 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 41 \times 1,0 = 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} V_u &< \phi V_n \\ 16474 &< 0.9 \times 60750 \\ 16474 &< 54675 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lendutan :

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

$$\begin{aligned}
 - f &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{32,6 \times 700^4}{2000000 \times 33500} = 1,52 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$- f_{\text{maks}} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,944 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan Desain

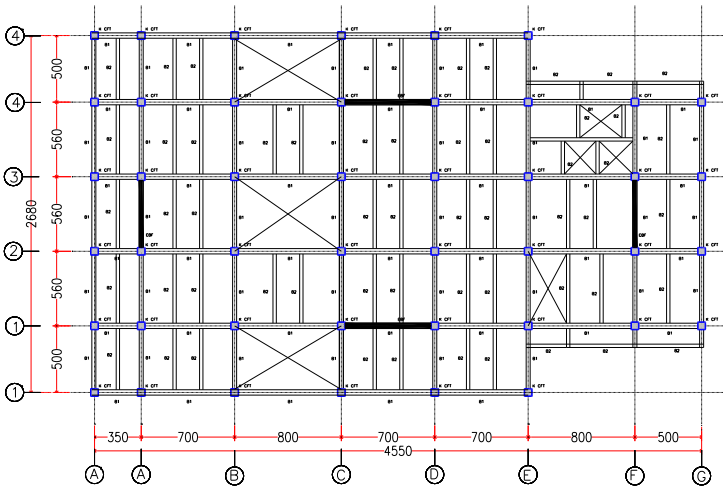
$$\begin{array}{rcl}
 f & < & f_{\text{maks}} \\
 1,52 & < & 1,944 \\
 1,52 & < & 1,944 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{.....OK}
 \end{array}$$

Sehingga Profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dapat digunakan sebagai Balok Utama Ramp.

BAB V PERMODELAN STRUKTUR

5.1 Penjelasan Umum

Permodelan Struktur pada tugas akhir ini menggunakan Sistem Rangka Bresing Ekstenterik (SRBE). Struktur rangka bresing eksentrik berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan Hotel yang terdiri dari 20 Lantai dengan Atap Rangka Baja dan Pelat Dak Beton. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya

Pada Gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar.

Bresing yang dipergunakan pada tugas akhir ini adalah tipe bresing eksentrik dengan konfigurasi *inverted v*.

Permodelan struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v14. Program ini akan membantu dalam permodelan gedung dengan kondisi yang nyata dan beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mendesain apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa) dan SNI-1729-2015 (Baja).

5.2 Permodelan Struktur

5.2.1 Data Material

Data material pada SAP 2000v14 adalah data material dari elemen struktur baja dan beton yang akan di inputkan kedalam permodelan SAP2000v14. Data Material yang diinput berupa kuat tekan, kuat leleh, kuat tarik, dan Modulus Penampang dari material tersebut. Salah satu proses menginput data material pada SAP2000v14 dapat dilihat pada Gambar 5.2

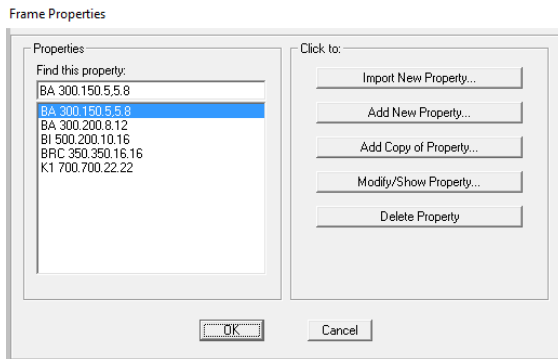
The image displays two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in SAP2000v14. The left window is for a steel material named 'B141', and the right window is for a concrete material named 'fc' 25'.

Property	Steel (B141)	Concrete (fc' 25')
Material Name and Display Color	B141	fc' 25
Material Type	Steel	Concrete
Weight and Mass		
Weight per Unit Volume	7.697E-05	9.3966E-05
Mass per Unit Volume	7.849E-09	2.403E-09
Units	N, mm, C	N, mm, C
Isotropic Property Data		
Modulus of Elasticity, E	199947.98	23500
Poisson's Ratio, U	0.3	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05	9.900E-06
Shear Modulus, G	76903.07	8791.6667
Other Properties for Steel Materials		
Minimum Yield Stress, Fy	250	
Minimum Tensile Stress, Fu	410	
Effective Yield Stress, Fye	375	
Effective Tensile Stress, Fue	410	
Other Properties for Concrete Materials		
Specified Concrete Compressive Strength, fc		25
Lightweight Concrete		<input type="checkbox"/>
Shear Strength Reduction Factor		

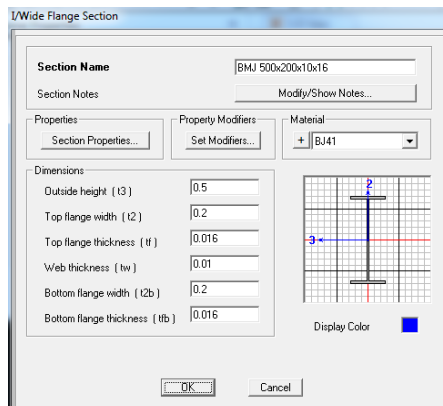
Gambar 5.2 Input Data Material pada SAP2000v14

5.2.2 Data Elemen Struktur

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

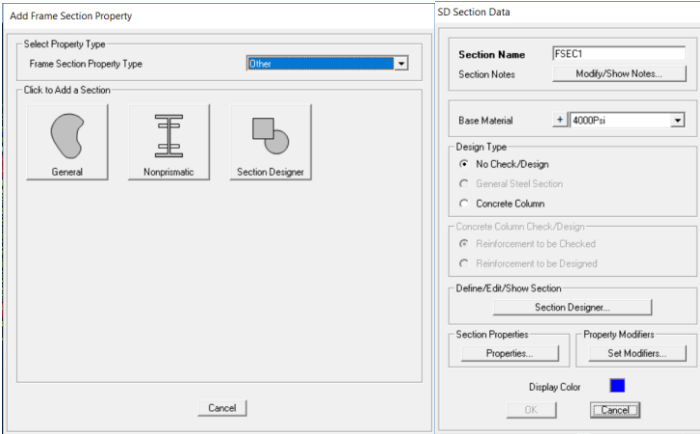


Gambar 5.3 Input jenis elemen struktur pada SAP2000v14

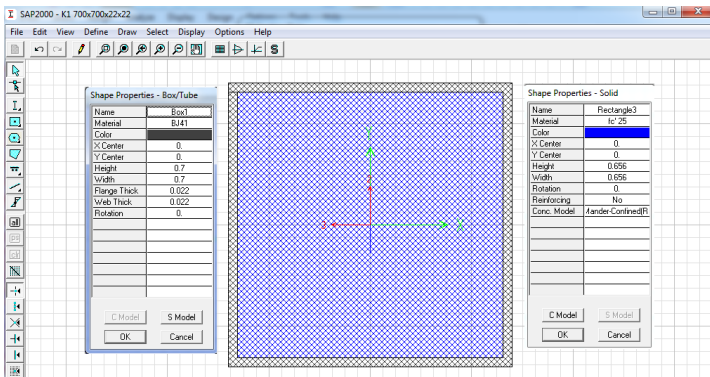


Gambar 5.4 Input dimensi dlemen dan material pada SAP2000v14

Untuk menginput data elemen komposit seperti Kolom CFT (Concrete Filled Tube) dalam permodelan SAP 2000v14 memiliki tahapan yang berbeda. Dimensi Kolom CFT di input pada option section designer dengan proses input seperti pada Gambar 5.5 dan elemen struktur balok pada Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Option section designer untuk profil buatan pada SAP2000v14



Gambar 5.6 Input dimensi kolom CFT pada SAP2000v14

5.2.3 Besaran Massa

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

Define Mass Source

Mass Definition

From Element and Additional Masses

From Loads

From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
LIVE	0.5
DEAD	1
LIVE	0.5

Add

Modify

Delete

OK

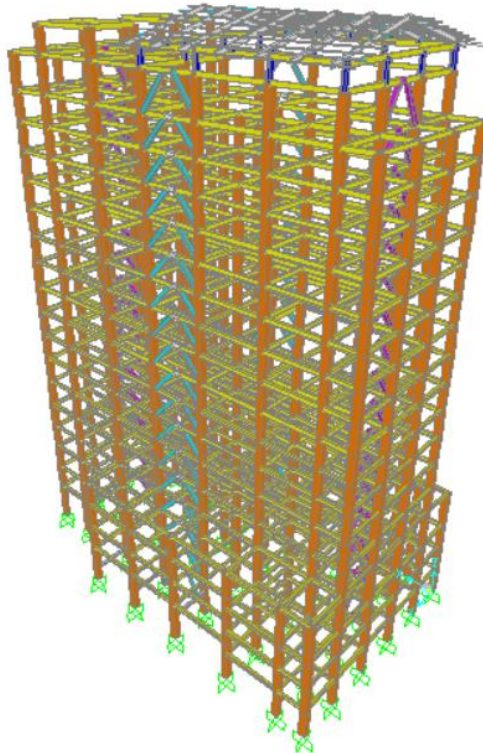
Cancel

Gambar 5.7 Input mass source pada SAP2000v14

5.2.4 Permodelan Struktur 3 Dimensi

Permodelan Struktur 3 Dimensi bertujuan agar desain bangunan pada saat permodelan tampak seperti kondisi nyata di lapangan dengan pembebanan yang lebih detail jika dibandingkan dengan permodelan 2D.

Berikut adalah permodelan 3 dimensi pada Gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya menggunakan program bantu SAP2000v14 :



Gambar 5.8 Permodelan 3 dimensi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya

5.3 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan pada struktur utama gedung hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya diambil berdasarkan peraturan yang berlaku, peraturannya adalah sebagai berikut :

- SNI 1727:2013 (*Pembebanan Gedung dan Struktur Lain*)
- ASCE 7 – 10 (*Minimum Design Load*)
- PPIUG 1983 (*Peraturan Pembebanan Gedung*)

Beban yang di input pada gedung terbagi menjadi 4 beban dengan rincian sebagai berikut :

a. Beban Mati (*Dead Load*)

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

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3 .
- Beban dinding bata ringan sebesar 75 kg/m^2
- Beban spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 20 kg/m^2 .
- Beban penggantung sebesar 10 kg/m^2 .
- Beban plafon sebesar 5 kg/m^2 .
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

b. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan

dan Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

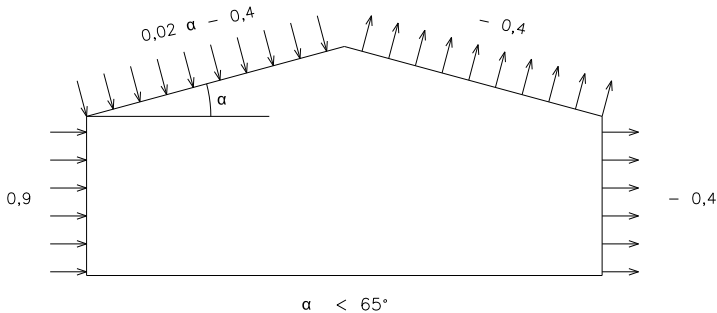
- Lantai Atap = 97,86 kg/cm²
- Lantai Parkir = 400 kg/cm²
- Lantai Ballroom = 488,3 kg/cm²
- Lantai Hunian = 488,3 kg/cm²
- Lantai Kantor = 244,65 kg/cm²

c. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari website dinas Pekerjaan Umum (dengan lokasi input berada di Surabaya).

d. Beban Angin (*Wind Load*)

Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, dan letak geografis, bentuk bangunan dan kekakuan struktur. Beban yang di input pada struktur berdasarkan rincian sebagai berikut :



Gambar 5.9 Koefisien angin gedung tertutup pada Tabel 4.1

PPIUG 1983

5.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ini mempunyai jumlah lantai 20 tingkat dengan ketinggian 65,6 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

5.4.1 Penentuan Klasifikasi Situs

Penentuan jenis tanah untuk peninjauan gempa adalah data tanah pada lapisan setebal maksimum 30 m paling atas sesuai SNI 1726 : 2012.

Data tanah pada bangunan ini berada pada lampiran dan dirangkum berdasarkan kedalaman dari jenis tanah seperti yang terdapat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rangkuman data tanah kedalaman 30 m

No	di	Tipe Tanah	N _i
	(m)		
1	2,50	Lempung Berlanau	22
2	2,50	Lempung	13
3	2,50	Lempung Berpasir	23
4	6,00	Pasir Padas	23
5	3,00	Lanau Lempung Berpasir	18
6	4,50	Lempung Lanau	21
7	9,00	Lempung Berpasir	25

Dari data tanah tersebut didapatkan bahwa jenis tanah yang akan digunakan berjenis Lempung (Tanah Lunak), maka perlu adanya spesifikasi hasil test laboratoriuun untuk mengklasifikasi jenis tanah tersebut, berikut adalah rangkuman hasil test laboratorium :

Tabel 5.2 Rangkuman hasil Test Tanah Laboratorium

Depth	d_i	IP	W_c
m	m	%	%
7,50	2,50	26,14	48,67
	2,50		
	2,50		
15,00	6,00	15,82	50,82
	3,00		
22,50	4,50	34,70	48,52
	9,00		
30,00		37,12	46,19

Berdasarkan Tabel 3 Klasifikasi Situs pada SNI 1726 : 2012 tentang gempa, didapatkan data klasifikasi situs Tanah Lunak (SE) dengan keterangan sebagai berikut :

- Indek Plastisitas (IP) > 20 %
- Kadar Air, (W_c) ≥ 40 %
- Kuat Geser Niralir S_n < 25 Kpa

Maka , dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa tanah termasuk kategori Tanah Lunak (SE) sebagai acuan perhitungan gempa.

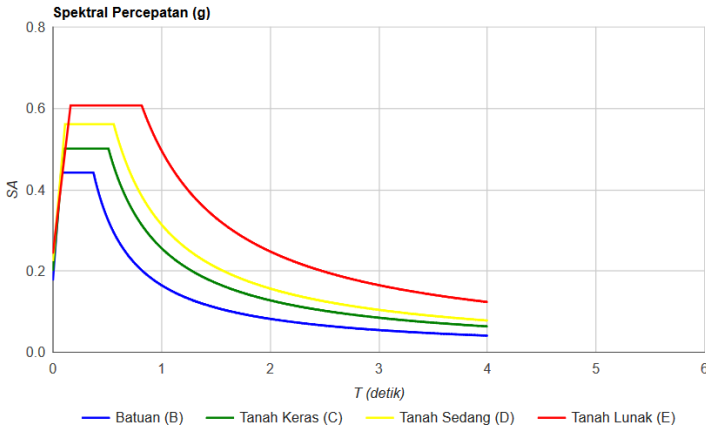
5.4.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) :

Tabel 5.3 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)

Varaibel	Nilai
PGA (g)	0,325
S_S (g)	0,663
S₁ (g)	0,247
F_A	1,374
F_V	3,012
S_{MS} (g)	0,911
S_{MI} (g)	0,744
S_{DS} (g)	0,607
S_{D1} (g)	0,496
T₀ (detik)	0,163
T_S (detik)	0,817

Dengan Grafik Spektral Percepatan Gempa seperti pada Gambar 5.10 , yaitu sebagai berikut :



Gambar 5.10 Grafik Spektral Percepatan Gempa wilayah Surabaya

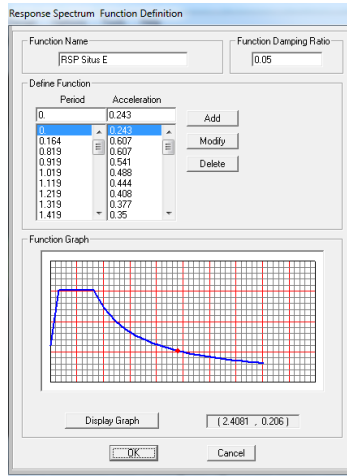
5.4.3 Arah Pembebanan

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

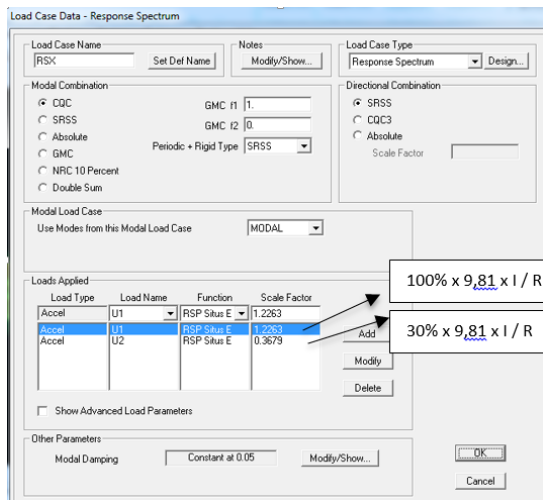
- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

Dalam input pembebanan gempa dinamis dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option fungsi dari respon spectrum yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan input *load cases*

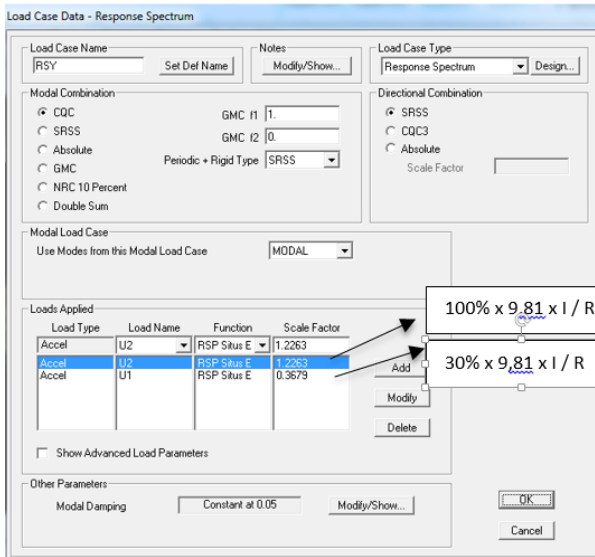
pembebanan gempa dengan meninjau faktor reduksi gempa, faktor keutamaan dan arah pembebanan (Gambar 5.12 dan 5.13)



Gambar 5.11 Grafik Respon Spektrum Situs E Surabaya



Gambar 5.12 Pembebanan gempa dinamis arah X



Gambar 5.13 Pembebanan gempa dinamis arah Y

5.4.4 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) dengan struktur keseluruhan menggunakan material baja. Berdasarkan Tabel 9 pada SNI 1726 : 2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 4, dan nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8

5.4.5 Faktor Keutamaan(I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian, kantor, dan acara publik dengan kapasitas besar. Pada Tabel 1 SNI 1726 : 2012 berdasarkan fungsi bangunan yang telah disebutkan sebelumnya, maka bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1$.

5.4.6 Kombinasi Pembebanan

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

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726 : 2012 tentang bangunan tahan gempa sebagai berikut :

- 1 D + 1 L
- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L
- 1,2 D + 1 W + 1 L
- 1,2 D + 1 L + 1 Ex
- 1,2 D + 1 L + 1 Ey
- 0,9 D + 1 Ex
- 0,9 D + 1 Ey

Keterangan :

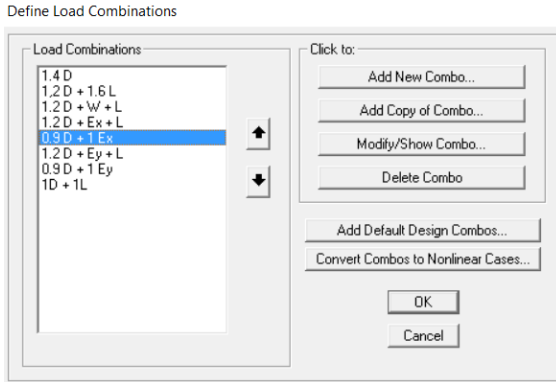
D : Beban Mati

L : Beban Hidup lantai

E : Beban Gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

W : Beban Angin

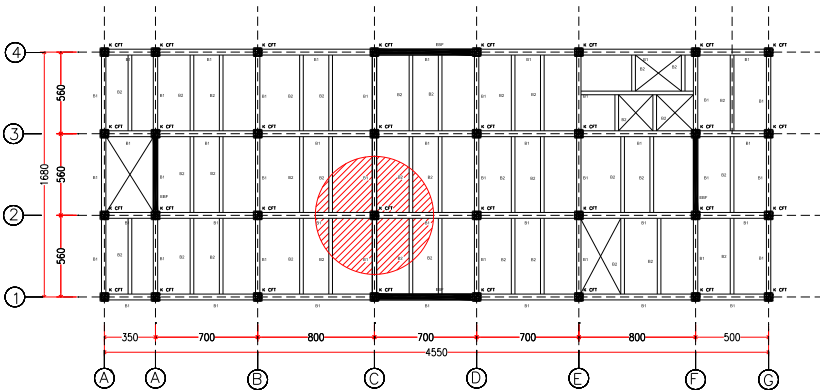
Dalam input kombinasi pembebanan dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option *load combination* yang dapat dilihat pada Gambar 5.14



Gambar 5.14 Kombinasi pembebanan

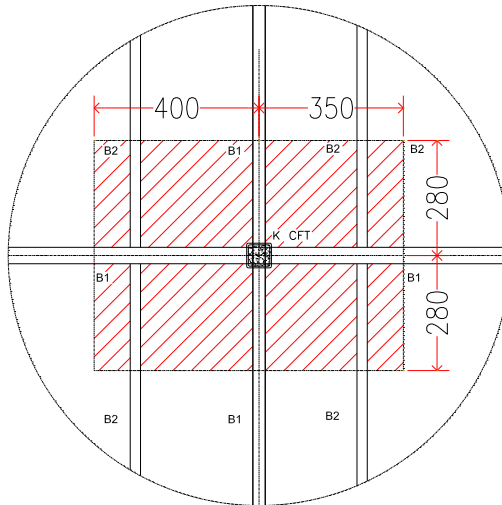
5.5 Kontrol Permodelan Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, untuk membuktikan hasil pemodelan struktur sesuai dengan kenyataan aslinya, perlu dilakukan pengecekan dengan perhitungan manual, dengan meninjau satu kolom, dengan kombinasi D+L.



Gambar 5.15 Area pembebanan pada kolom yang ditinjau

Hasil dari analisa SAP 2000 v14 harus sesuai dengan perhitungan manual dengan batasan perbedaan 5 % . Adapun kolom yang ditinjau adalah sebagai berikut :



Gambar 5.16 Detail area pembebanan pada kolom yang ditinjau

Keterangan Data :

- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³
- Berat Jenis Baja = 7850 kg/m³
- Berat Bata Ringan = 75 kg/m²
- Panjang Arah X = 2,5 m
- Panjang Arah Y = 2,8 m

Rincian pembebanan untuk Beban Pelat adalah:

a. Beban Mati

- Pelat Atap = 77 kg/m²
- Pelat Hunian = 101 kg/m²
- Pelat Ballroom = 101 kg/m²
- Pelat Parkir = 101 kg/m²
- Pelat Kantor = 100 kg/m²

b. Beban Hidup

- Pelat Atap	= 97,86	kg/m ²
- Pelat Hunian	= 488,28	kg/m ²
- Pelat Ballroom	= 488,28	kg/m ²
- Pelat Parkir	= 400	kg/m ²
- Pelat Kantor	= 244,65	kg/m ²

Tabel 5.4 Perhitungan Beban Pelat

No	Jenis Beban	Jumlah	P	L	Luas	Tebal	Berat Jenis	Beban	Berat	Total Berat
			m	m	m ²	m	kg/m ³	kg/m ²	kg	kg
1	Mati Kantor	4	4,0	2,8	11,2	-	-	101	1131	4525
2		4	3,5	2,8	9,8	-	-	101	990	3959
3	Mati Ballroom	2	4,0	2,8	11,2	-	-	101	1131	2262
4		2	3,5	2,8	9,8	-	-	101	990	1980
5	Mati Lantai Hunian	22	4,0	2,8	11,2	-	-	101	1131	24886
6		22	3,5	2,8	9,8	-	-	101	990	21776
7	Mati Parkir	3	4,0	2,8	11,2	-	-	100	1120	3360
8		6	3,5	2,8	9,8	-	-	100	980	5880
9	Hidup Kantor	4	4,0	2,8	11,2	-	-	244,65	2740	10960
10		4	3,5	2,8	9,8	-	-	244,65	2398	9590
11	Hidup Ballroom	2	4,0	2,8	11,2	-	-	488,28	5469	10937
12		2	3,5	2,8	9,8	-	-	488,28	4785	9570
13	Hidup Lantai Hunian	22	4,0	2,8	11,2	-	-	488,28	5469	120312
14		22	3,5	2,8	9,8	-	-	488,28	4785	105273
15	Hidup Parkir	3	4,0	2,8	11,2	-	-	400	4480	13440
16		6	3,5	2,8	9,8	-	-	400	3920	23520
17	Pelat Kantor	4	4,0	2,8	11,2	0,10	2400	-	2688	10752
18		4	3,5	2,8	9,8	0,10	2400	-	2352	9408
19	Pelat Ballroom	2	4,0	2,8	11,2	0,12	2400	-	3226	6451
20		2	3,5	2,8	9,8	0,12	2400	-	2822	5645
21	Pelat Hunian	22	4,0	2,8	11,2	0,12	2400	-	3226	70963
22		22	3,5	2,8	9,8	0,12	2400	-	2822	62093
23	Pelat Parkir	3	4,0	2,8	11,2	0,11	2400	-	2957	8870
24		6	3,5	2,8	9,8	0,11	2400	-	2587	15523
TOTAL (T₁)										546412,6

Tabel 5.5 Perhitungan Beban Dinding

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	P	L	Luas	Beban	Berat	Total
			m	m	m ²	kg/m ²	kg	kg
1	Dinding Tinggi, 3,3 m	11	7,5	3,3	24,8	75	1856	20418,8
2	Dinding Tinggi, 3,6 m	1	7,5	3,6	27,0	75	2025	2025,0
3	Dinding Tinggi, 3,3 m	4	4	3,3	13,2	75	990	3960,0
4	Dinding Tinggi, 3,3 m	12	2,8	3,3	9,2	75	693	8316,0
5	Dinding Tinggi, 3,6 m	1	2,8	3,6	10,1	75	756	756,0
6	Dinding Tinggi, 4,0 m	0	2,8	3,3	9,2	75	693	0,0
TOTAL (T₂)								35475,75

Tabel 5.6 Perhitungan Beban Kolom Beton

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	b	h	L	Volume	Berat Jenis	Berat	Total Berat
			m	m	m	m ³	kg/m ³	kg	kg
1	HSS 700.700.25.25	4	0,675	0,675	3,3	1,504	2400	3608,55	14434,20
2	HSS 700.700.25.25	1	0,675	0,675	3,6	1,640	2400	3936,60	3936,60
3	HSS 700.700.25.25	1	0,675	0,675	5,5	2,506	2400	6014,25	6014,25
4	HSS 600.600.25.25	8	0,575	0,575	3,3	1,091	2400	2618,55	20948,40
5	HSS 500.500.25.25	3	0,475	0,475	3,3	0,745	2400	1786,95	5360,85
TOTAL (T₃)									50694,30

Tabel 5.7 Perhitungan Beban Kolom Baja

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	Luas	L	Volume	Berat Jenis	Berat	Total Berat
			m ²	m	m ³	kg/m ³	kg	kg
1	HSS 700.700.25.25	4	0,034	3,3	0,113	7850	890,5	3561,94
2	HSS 700.700.25.25	1	0,034	3,6	0,124	7850	971,4	971,44
3	HSS 700.700.25.25	1	0,034	5	0,172	7850	1349,2	1349,22
4	HSS 600.600.25.25	8	0,029	3,3	0,097	7850	761,0	6087,68
5	HSS 500.500.25.25	3	0,024	3,3	0,080	7850	631,4	1894,30
TOTAL (T₄)								13864,6

Tabel 5.8 Perhitungan Beban Balok

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	L	Beban	Berat	Total
			m	kg/m	kg	kg
1	Balok Induk 7,5 m	29	7,5	128	960,0	27840,00
2	Balok Induk 5,6 m	29	5,6	128	716,8	20787,20
3	Balok Anak 2,8 m	3	2,8	36,7	102,8	308,28
4	Balok Anak 5,6 m	29	5,6	44,1	247,0	7161,84
TOTAL (T₅)						56097,32

Maka Total Berat Bangunan pada Kolom yang ditinjau (1 D + 1 L) adalah sebesar 702544,54 kg

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1653	1D + 1L	Combination	551,66	-401,12	684466,6

Gambar 5.17 Hasil output berat bangunan pada joint yang ditinjau

Hasil Berat Bangunan (1 D + 1 L) dari SAP 2000v14 adalah 684466,6 kg. selisih antara perhitungan manual dengan hasil output dari SAP 2000v14 adalah sebagai berikut :

$$\frac{\text{Output SAP - Manual}}{\text{Output SAP}} \times 100\%$$

$$\frac{684466,58 - 702544,54}{684466,58} \times 100\% = 0,014$$

$$2,6 \% < 5 \% \quad \text{..... OK!}$$

5.6 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, 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.

5.6.1 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 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.8 berikut :

Tabel 5.9 Rasio Partisipasi Massa Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,00	0,70
MODAL	Mode	2	0,73	0,71
MODAL	Mode	3	0,73	0,72
MODAL	Mode	4	0,73	0,72
MODAL	Mode	5	0,73	0,84
MODAL	Mode	6	0,85	0,84
MODAL	Mode	7	0,85	0,85
MODAL	Mode	8	0,86	0,90
MODAL	Mode	9	0,91	0,91
MODAL	Mode	10	0,94	0,91
MODAL	Mode	11	0,94	0,97
MODAL	Mode	12	0,98	0,97

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91 % pada moda ke 9 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,3% pada moda ke 9. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI

1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5.6.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya ini dengan ketinggian 65,6 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan bresing eksentrik sehingga pada Tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} C_t &= 0,0731 \\ x &= 0,75 \\ h_n &= 65,6 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$T = 0,0731 \cdot 65,6^{0,75} = 1,685 \text{ s}$$

Nilai C_u didapat dari Tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai $S_{D1} = 0,61$, maka :

$$C_u \cdot T = 1,4 \cdot 1,685 = 2,359 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 v14 periode dan frekuensi struktur dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Periode dan Frekuensi Struktur

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	2,18	0,46
MODAL	Mode	2	2,10	0,48
MODAL	Mode	3	1,73	0,58
MODAL	Mode	4	1,29	0,78
MODAL	Mode	5	0,71	1,40
MODAL	Mode	6	0,68	1,47
MODAL	Mode	7	0,56	1,80
MODAL	Mode	8	0,39	2,58
MODAL	Mode	9	0,38	2,64
MODAL	Mode	10	0,25	3,93
MODAL	Mode	11	0,20	5,11
MODAL	Mode	12	0,13	7,66

Dari perhitungan sebelumnya didapat $T_{\text{Min}} = 1,598$ s dan $T_{\text{Maks}} = 2,359$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T dari Output SAP *masih dalam batas Periode yang diijinkan*. Sehingga analisis struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

5.6.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

a. $C_{S1} = S_{DS} / (R / I_e)$ **Persamaan (22) pada SNI 1726:2012*

$$= 0,608 / (8 / 1)$$

$$= 0,0759$$

$$\text{b. } C_{S2} = S_{D1} / (T_a \times (R / I_e)) \quad \text{*Persamaan (23) pada SNI 1726:2012}$$

$$= 0,496 / (2,18 \times (8 / 1))$$

$$= 0,0284$$

$$\text{c. } C_{S3} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \quad \geq \quad 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,608 \times 1 \quad \geq \quad 0,01$$

$$= 0,027 \quad \geq \quad 0,01$$

**Persamaan (24) pada SNI 1726:2012*

Persyaratan Koefisien Seismik

**Pasal 7.8.1.1 pada SNI 1726:2012*

$$C_{S2} \geq C_{S1} > C_{S3}$$

$$0,0284 \geq 0,0759 > 0,027$$

Maka, Nilai C_s yang digunakan adalah 0,028

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya adalah :

Tabel 5.11 Reaksi Dasar Struktur Bangunan

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	Combination	6,83E-07	1,57E-07	15200961,5

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 6875077,6 kg Maka :

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W$$

$$= 0,0368 \cdot 15200961,5 \text{ kg}$$

$$= 4232388,66 \text{ kg}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 5.12 Hasil Output Gaya Geser Akibat Beban Gempa

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	293507,01	89395,22
QUAKE Y	LinRespSpec	91292,39	286862,96

Cek Hasil Respon Spektrum :

Arah Gempa X

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\leq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\
 293507,01 \text{ kg} &\leq 85\% \cdot 432388,7 \text{ kg} \\
 293507,01 \text{ kg} &\leq 367530,36 \text{ kg} \quad \dots \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Arah Gempa Y

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\leq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\
 286862,96 \text{ kg} &\leq 85\% \cdot 432388,7 \text{ kg} \\
 286862,96 \text{ kg} &\leq 367530,36 \text{ kg} \quad \dots \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis Rspn Spektrum struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8

5.6.4 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 :

$$\Delta_i < \Delta_a$$

Dimana :

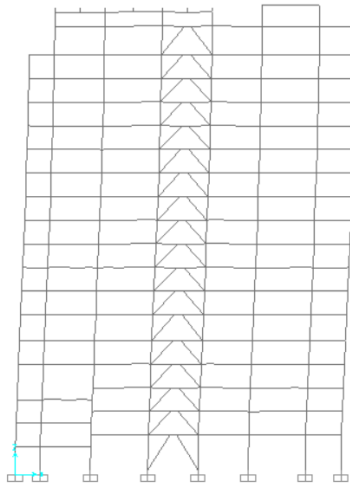
- $\Delta_i = (\delta_n - \delta_{n-1}) \times C_d / I_e$
- $\Delta_a = 0.02 \times h_{sx}$

- δ_n = Simpangan pada Lantai yang ditinjau
- δ_{n-1} = Simpangan pada Lantai Sebelumnya
- C_d = Faktor Pembesaran Defleksi
- I = Faktor Keutaman Gedung
- h_{sx} = Tinggi Lantai yang ditinjau
- n = Lantai ke-n yang ditinjau

Keterangan :

- $C_d = 4$ *Tabel – 9 pada SNI 1726:2012
- $I = 1$ *Tabel – 2 pada SNI 1726:2012

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14, diperoleh nilai simpangan pada struktur yang akan dikontrol sesuai dengan SNI 1726:2012. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14



Gambar 5.18 Simpangan yang Terjadi pada Struktur

Tabel 5.13 Kontrol Simpangan yang terjadi Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Cd	I	Simpangan Antar Lantai (mm)	Simpangan Ijin Antar Lantai (mm)	Cek Persyaratan
i	h _i	h _{xx}	δ _a			Δ _i	Δ _a	
Dasar	0	0	0	4	1	0	0	OK
MZ 1 - 1	3,35	3,35	1,053	4	1	4,2	67	OK
MZ 1 - 2	5,00	1,65	2,129	4	1	4,3	33	OK
MZ 1a - 1	6,65	1,65	3,222	4	1	4,4	33	OK
MZ 1a - 2	8,30	1,65	4,574	4	1	5,4	33	OK
MZ 1b - 1	9,95	1,65	5,944	4	1	5,5	33	OK
MZ 1b - 2	11,60	1,65	7,444	4	1	6,0	33	OK
LT. 2	14,90	3,3	10,403	4	1	11,8	66	OK
LT. 3	18,20	3,3	13,662	4	1	13,0	66	OK
LT. 4	21,80	3,6	17,288	4	1	14,5	72	OK
LT. 5	25,10	3,3	20,602	4	1	13,3	66	OK
LT. 6	28,40	3,3	23,834	4	1	12,9	66	OK
LT. 7	31,70	3,3	26,94	4	1	12,4	66	OK
LT. 8	35,00	3,3	29,908	4	1	11,9	66	OK
LT. 9	38,30	3,3	32,724	4	1	11,3	66	OK
LT. 10	41,60	3,3	35,37	4	1	10,6	66	OK
LT. 11	44,90	3,3	37,83	4	1	9,8	66	OK
LT. 12	48,20	3,3	40,093	4	1	9,1	66	OK
LT. 13	51,50	3,3	42,183	4	1	8,4	66	OK
LT. 14	54,80	3,3	43,956	4	1	7,1	66	OK
LT. 15	58,10	3,3	45,519	4	1	6,3	66	OK
Atap	62,10	4	48,604	4	1	12,3	80	OK

Tabel 5.14 Kontrol Simpangan yang terjadi akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Cd	I	Simpangan Antar Lantai (mm)	Simpangan Ijin Antar Lantai (mm)	Cek Persyaratan
i	h _i	h _{xx}	δ _a			Δ _i	Δ _a	
Dasar	0	0	0	4	1	0	0	OK
MZ 1 - 1	3,35	3,35	0,852	4	1	3,4	67	OK
MZ 1 - 2	5,00	1,65	2,62	4	1	7,1	33	OK
MZ 1a - 1	6,65	1,65	2,62	4	1	0,0	33	OK
MZ 1a - 2	8,30	1,65	5,761	4	1	12,6	33	OK
MZ 1b - 1	9,95	1,65	4,899	4	1	3,4	33	OK
MZ 1b - 2	11,60	1,65	9,348	4	1	17,8	33	OK
LT. 2	14,90	3,3	13,221	4	1	15,5	66	OK
LT. 3	18,20	3,3	17,319	4	1	16,4	66	OK
LT. 4	21,80	3,6	21,945	4	1	18,5	72	OK
LT. 5	25,10	3,3	26,212	4	1	17,1	66	OK
LT. 6	28,40	3,3	30,365	4	1	16,6	66	OK
LT. 7	31,70	3,3	34,373	4	1	16,0	66	OK
LT. 8	35,00	3,3	38,212	4	1	15,4	66	OK
LT. 9	38,30	3,3	41,861	4	1	14,6	66	OK
LT. 10	41,60	3,3	45,303	4	1	13,8	66	OK
LT. 11	44,90	3,3	48,52	4	1	12,9	66	OK
LT. 12	48,20	3,3	51,511	4	1	12,0	66	OK
LT. 13	51,50	3,3	54,27	4	1	11,0	66	OK
LT. 14	54,80	3,3	56,672	4	1	9,6	66	OK
LT. 15	58,10	3,3	58,72	4	1	8,2	66	OK
Atap	62,10	4	60,768	4	1	8,2	80	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya 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 Memanjang

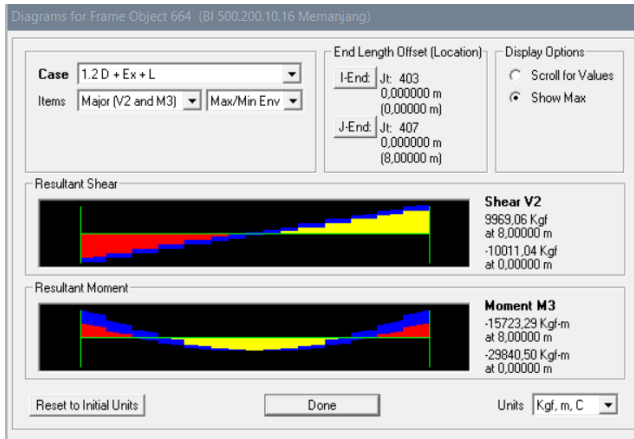
Balok Induk memanjang direncanakan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dengan data perencanaan sebagai berikut :

d	=	500	mm	ix	=	20,5	cm
bf	=	200	mm	iy	=	4,33	cm
tf	=	16	mm	Zx	=	2096	cm
tw	=	10	mm	Zy	=	320	cm
A	=	114.2	cm ²	Sx	=	1910	cm
w	=	89,7	kg/m	Sy	=	214	cm
Ix	=	47800	mm	r	=	20	cm
Iy	=	2140	mm	h	=	428	cm

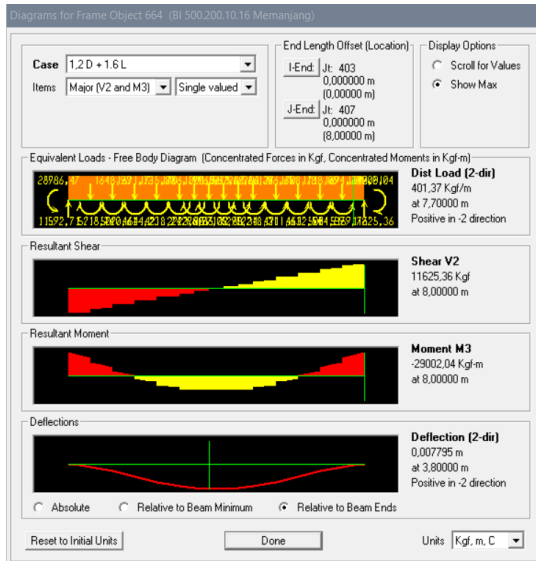
Dari Analisa permodelan dengan menggunakan program bantu SAP 2000v14, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Balok Induk Memanjang adalah sebagai berikut :

- Mu = 29840,5 kg.m
- Vu = 11625,36 kg
- f = 0,556 cm

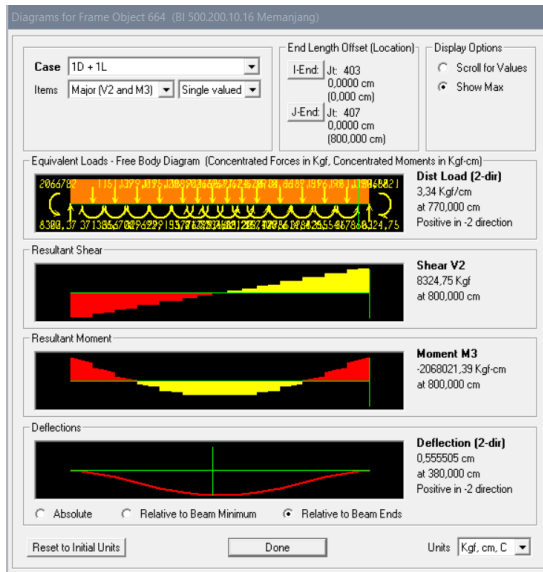
Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 664 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen, 1.2 D + 1.6 L untuk Geser Maksimum, dan Kombinasi 1 D + 1 L untuk Lendutan (f).



Gambar 6.1 Hasil Output Momen Maksimum pada SAP 2000v14



Gambar 6.2 Hasil Output Geser Maksimum pada SAP 2000v14



Gambar 6.3 Hasil Output Lentutan Maksimum pada SAP 2000v14

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

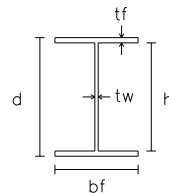
$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_{pw} = 3,76\sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76\sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38\sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$



Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,8 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$6,25 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y$$

$$= 2096 \times 2500$$

$$= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$29840,5 < 0,9 \times 52409$$

$$29840,5 < 47168,10 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (Lb) berdasarkan panjang antar balok induk yaitu 300 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral (Lb)} = 300 \quad \text{cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,33 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 215,6 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} \left((2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\ &= \frac{1}{3} \left((2 \times 200 \times 11^3) + ((500 - 2 \times 16) \times 10^3) \right) \\ &= 702133,33 \text{ mm}^4 = 70,213 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{428 \times 10}{200 \times 16} \right)}} \\ &= 52,208 \text{ mm} = 5,2208 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h_o = d - t_f = 428 - 16 = 412 \text{ mm} = 41,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.67 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1.95 \times 4,64 \frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2500} \sqrt{\frac{70 \times 1}{1910 \times 41,2} + \sqrt{\left(\frac{70 \times 1}{1910 \times 41,2} \right)^2 + 6.67 \left(\frac{0.7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 492,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$\begin{array}{lclcl} L_p & < & L_b & < & L_r \\ 215,6 & < & 300 & < & 492,2 \rightarrow \text{Bentang Menengah} \end{array}$$

Karena profil bentang menengah maka diperhitungkan terhadap kelelahan dan tekuk torsi lateral dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Dari hasil Output SAP 2000v14, di dapatkan output momen M_a , M_b dan M_c , dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lcl} M_a & = & 6468,27 \text{ kg.m} \\ M_b & = & 13413,39 \text{ kg.m} \\ M_c & = & 6474,26 \text{ kg.m} \end{array}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{Max}}{2,5 M_{Max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 29840,5}{2,5 \times 29840,5 + 3 \times 6468,27 + 4 \times 13413,39 + 3 \times 6474,26} \\ &= 2,232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 2,232 \left[5240900 - (5240900 - 0.7 \times 2500 \times 1910) \left(\frac{300 - 215,5}{492,2 - 215,5} \right) \right] \leq M_p \\ &= 10406483 \text{ kg.cm} \leq M_p \\ &= 104064,83 \text{ kg.m} \leq 52409 \end{aligned}$$

Karena nilai Mn Bentang Menengah melebihi nilai Mp, maka nilai yang diambil adalah nilai Mp sebagai perencanaan dengan persyaratan cek desain sebagai berikut :

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lcl} \text{Mu} & < & \phi \text{ Mn} \\ 29840,5 & < & 0,9 \times 52409 \\ 29840,5 & < & 47168,1 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots \text{OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{array}{lcl} \frac{h}{t_w} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{428}{10} & \leq & 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,8 & \leq & 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{array}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50,0 \times 1,0 = 75000 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} V_u &< \quad \phi V_n \\ 11625,4 &< \quad 0,9 \times 75000 \\ 11625,4 &< \quad 67500 \quad \text{Kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$\begin{aligned} - f &= 0,556 \text{ cm} \\ - f_{\text{maks}} &= \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} f &< \quad f_{\text{maks}} \\ 0,556 &< \quad 2,22 \\ 0,556 &< \quad 2,22 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

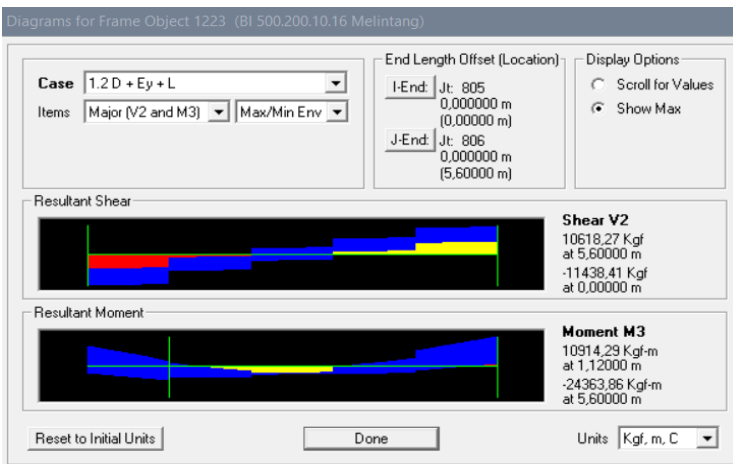
Sehingga Profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dapat digunakan sebagai balok Induk arah memanjang.

6.1.1.2 Balok Induk Melintang

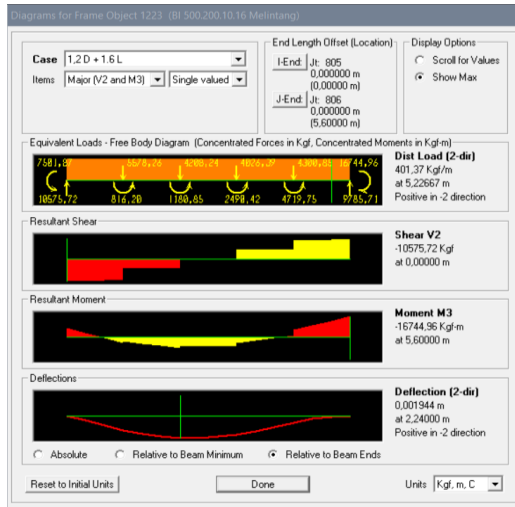
Balok Induk melintang direncanakan dengan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dengan data perencanaan sebagai berikut :

d =	500	mm	ix =	20,5	cm
bf =	200	mm	iy =	4,33	cm
tf =	16	mm	Zx =	2096	cm
tw =	10	mm	Zy =	320	cm
A =	114.2	cm ²	Sx =	1910	cm
w =	89,7	kg/m	Sy =	214	cm
Ix =	47800	mm	r =	20	cm
Iy =	2140	mm	h =	428	cm

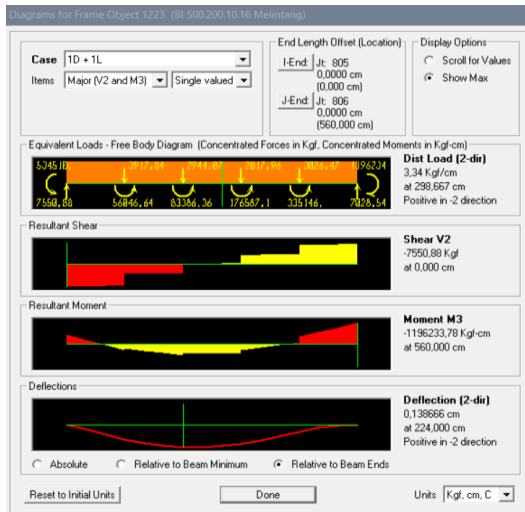
Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Balok Induk Memanjang adalah sebagai berikut :



Gambar 6.4 Hasil Output Momen dan Geser Maksimum pada SAP 2000v14



Gambar 6.5 Hasil Output Geser Maksimum padaSAP 2000v14



Gambar 6.6 Hasil Output lendutan maksimum pada SAP 2000v14

- Mu = 24363,86 kg.m
- Vu = 10575,72 kg
- f = 0.139 cm

Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 1223 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen, 1.2 D + 1.6 L untuk Geser Maksimum, dan Kombinasi 1 D + 1 L untuk Lendutan (f).

Kontrol Penampang :

Pelat Badan

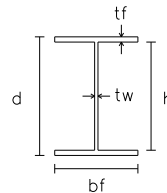
$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$



Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,8 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$6,25 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} M_u & < & \phi M_n \\ 24363,9 & < & 0,9 \times 52409 \\ 24363,9 & < & 47168,10 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)*
- *Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 60 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 7,04 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 350,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 60 < 350,45 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 2096 \times 2500 \\ &= 5240900 \text{ kg.cm} = 52409 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_u & < & \phi M_n \\ 24363,9 & < & 0.9 \times 52409 \\ 24363,9 & < & 47168,10 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Geser :

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \\ \frac{428}{10} &\leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} \\ 42,8 &\leq 69,57 \quad ; C_v = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50 \times 1,0 = 75000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} V_u & < & \phi V_n \\ 10575,7 & < & 0.9 \times 75000 \\ 10575,7 & < & 67500 \text{ Kg} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Lentutan :

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

$$\begin{array}{rcl} - f & = & 0,139 \text{ cm} \\ - f_{\text{maks}} & = \frac{L}{360} = \frac{560}{360} & = 1.56 \text{ cm} \end{array}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\begin{array}{rcl} f & < & f_{\text{maks}} \\ 0,139 & < & 1.56 \\ 0,139 & < & 1.56 \text{ cm} \longrightarrow \text{.....OK} \end{array}$$

Sehingga Profil WF 500 x 200 x 10 x 16, dapat digunakan sebagai balok Induk arah melintang

6.1.2 Kolom

Pada perencanaan struktur kolom gedung Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dibedakan menjadi 2 jenis kolom yaitu kolom Komposit dan Kolom WF, perbedaan tersebut dibedakan berdasarkan ketinggian lantai dan fungsinya dengan keterangan sebagai berikut :

- a. Lantai Dasar – Lantai 3 : HSS 700 x 700 x 25 x 25
- b. Lantai 4 – Lantai 11 : HSS 600 x 600 x 25 x 25
- c. Lantai 12 – Lantai 15 : HSS 500 x 500 x 25 x 25
- d. Atap Rangka Baja : WF 400 x 400 x 21 x 13

Perhitungan perencanaan kolom yang akan ditunjukkan dengan perhitungan sebagai berikut :

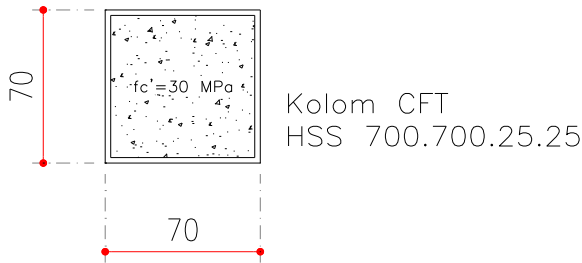
6.1.2.1 Kolom Komposit

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai dasar – lantai 3. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 700 × 700 × 25 × 25 dan panjang kolom 500 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d =	700	mm	ix =	27,2	cm
bf =	700	mm	iy =	27,2	cm
tf =	25	mm	Zx =	13650	cm
tw =	25	mm	Zy =	13650	cm
A =	646	cm ²	Ix =	477900	cm
r =	75	kg/m	Iy =	477900	cm

Data Material :

-	fy =	250	MPa	=	2500	kg/cm ²
-	fu =	410	MPa	=	4100	kg/cm ²
-	fc =	30	MPa	=	300	kg/cm ²

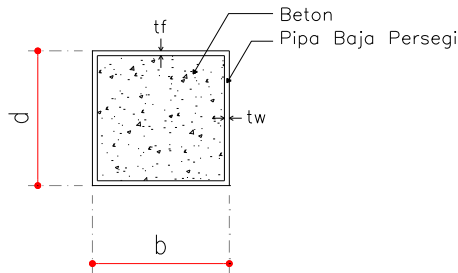


Gambar 6.7 Penampang Kolom Komposit CFT HSS 700 x 700 x 25 x 25

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam yang bekerja pada Kolom adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 939048,87 \text{ kg} & M_{ux} &= 2671,16 \text{ kg.m} \\
 M_{uy} &= 2147,92 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol Luas Penampang Profil



a. Kontrol Luas Profil

$$A_s = 675,0 \text{ cm}^2 \quad A_c = 4225 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 4\%$$

$$\frac{675}{675 + 4225} \times 100\% \geq 4\%$$

$$13,8\% \geq 4\% \quad \text{..... OK!}$$

b. Kontrol Tebal Minimum Profil

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{fy}{3E}} \geq 25 \text{ mm}$$

$$700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 200000}} \geq 25 \text{ mm}$$

$$14,29 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \text{..... OK!}$$

c. Kontrol Penampang Profil

Rasio Struktur Komposit Menahan Aksial Tekan

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 39,60$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_r > \lambda$$

$$39,60 > 28,0 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

Rasio Struktur Komposit Menahan Lentur

Badan Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 2,42 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,42 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 68,45$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,22$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{array}{l} \lambda_p > \lambda < \lambda_r \\ 68,45 > 28,00 < 161,22 \end{array} \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Sayap Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 31,68$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 39,60$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{array}{l} \lambda_p > \lambda < \lambda_r \\ 31,68 > 28,00 < 39,60 \end{array} \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Keterangan :

- Kontrol Luas Profil *Pasal 12.3.1 ayat 1 SNI 03-1729-2002
- Kontrol Tebal Profil *Pasal 12.3.1 ayat 5 SNI 03-1729-2002
- Kontrol Penampang *Tabel B4.1a SNI 1729:2015

Kuat Tekan Struktur Komposit

Karena penampang komposit, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_p = f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \\
 &= 2500 \times 675 + 0,85 \times 300 \times (4225 + 0) \\
 &= 2585313 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- $C_2 = 0,85$ *Bab I2 Pasal 2b ayat (c) untuk penampang kompak

Momen Nominal Struktur Komposit

Pada Bab I3 Pasal 4b Persamaan I3-3a SNI 1727:2015 menyebutkan bahwa momen nominal (M_n) sama dengan momen plastis dari penampang (M_p) jika penampang kompak. Momen Plastis (M_p) dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang kolom komposit.

Berdasarkan Jurnal dari Chinese Taiwan Society for Earthquake Engineering, tentang Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan oleh Shosuke Morino dan Keigo Tsuda. Menyimpulkan untuk menghitung momen nominal dari kolom CFT dapat diperhitungkan sebagai berikut :

a. Panjang Kolom

$$L \leq 12 D$$

$$5,0 \leq 12 \times 0,7$$

$$5,0 \leq 8,4 \text{ meter} \dots \text{ Pers. (41) dan (42) Pada Jurnal}$$

b. Kuat Tekan Komposit

Karena Panjang Kolom kurang dari $12 \times D$ maka digunakan Persamaan (41) dan (42) dengan perhitungan sebagai berikut :

Persamaan 41

$$N \leq cN \longrightarrow N = cN$$

$$M \leq {}_sM + {}_cM$$

Persamaan 42

$$N \geq {}_cN \longrightarrow N \leq {}_sN + {}_cN$$

$$M = {}_sM$$

Cek Persyaratan :

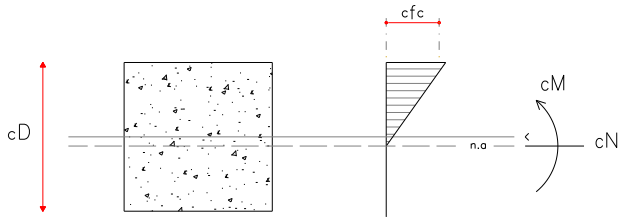
$$N \leq {}_cN_c$$

$$939048,87 \leq 2764875 \text{ kg} \quad \dots \text{Pakai Pers. (41)}$$

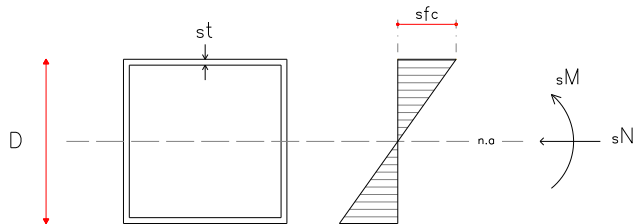
Keterangan :

- ${}_cN$ = Kuat tekan nominal beton
- ${}_sN$ = Kuat tarik nominal baja
- ${}_cM$ = Momen Nominal Beton
- ${}_sM$ = Momen Nominal Baja

c. Garis Netral pada Kolom Komposit
- Elemen Beton

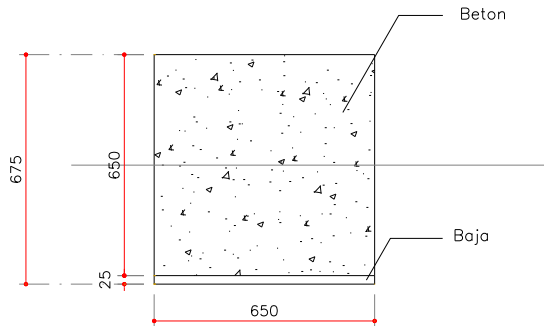


- Elemen Baja



Untuk menghitung garis netral pada profil komposit maka di asumsikan di satu sisi saja karena berbentuk persegi.

Penampang menerima momen positif dimana pada bagian atas penampang tekan diterima oleh beton dan bagian bawah penampang tarik diterima oleh baja, dengan perhitungan sebagai berikut :



Data Elemen Baja

$$\text{Lebar (b)} = 25 \text{ mm} \qquad \text{tinggi (t)} = 650 \text{ mm}$$

$$\text{Modulus Elastis Baja (E)} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Baja (A}_2) &= b \times h \\ &= 25 \times 650 = 16250 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Data Elemen Beton

$$\text{Lebar (b)} = 650 \text{ mm} \qquad \text{tinggi (t)} = 650 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis Beton (E}_c) &= 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Rasio Modulus} = \frac{E}{E_c} = \frac{200000}{25742,96} = 7,769$$

Sebelum menghitung garis netral penampang maka perlu penyeragaman material beton menuju bahan dengan

mentransformasi lebar efektif beton (b'), dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lebar transformasi } (b') &= b \times n \\ &= 650 \text{ mm} \times 7,769 = 83,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Baja } (A_1) &= b' \times h \\ &= 83,7 \times 650 = 54382,003 \\ &\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan garis netral (n.a)

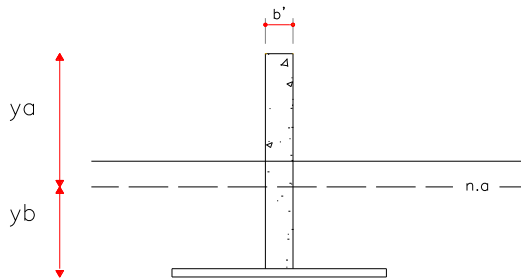
Garis netral dimisalkan diukur dari bagian bawah penampang, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$y_1 = \frac{h}{2} + b \text{ baja} = \frac{650}{2} + 25 = 350 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{h_{\text{baja}}}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y_b &= \frac{\sum A_i \times y_i}{\sum A_i} = \frac{(54382,1 \times 350) + (16250 \times 12,5)}{(54382,1 + 16250)} \\ &= 272,353 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$y_a = h \text{ total} - y_b = 675 + 272,353 = 402,65 \text{ mm}$$



Posisi garis netral pada penampang Kolom Komposit

d. Momen Nominal Penampang (Mn)

Dari perhitungan sebelumnya digunakan momen nominal pada persamaan 41, maka perhitungan momen nominalnya adalah sebagai berikut :

$$M \leq sM + cM$$

Elemen Baja (sM)

$$\begin{aligned} sM = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 13650 \times 2500 \\ &= 34125000 \text{ kg.cm} = 341250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Elemen Beton (cM)

Untuk menghitung momen nominal (Mn) pada elemen beton ditinjau berdasarkan tegangan beton yang pada bagian atas penampang yang menerima tekan dengan ketentuan sebagai berikut :

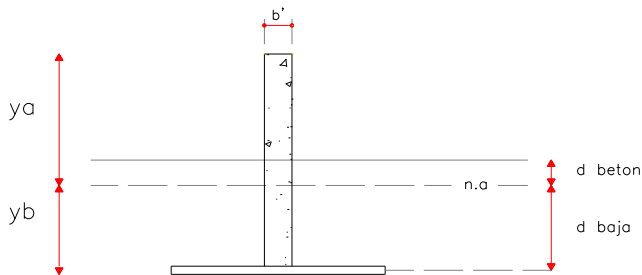
Perhitungan Momen Intersia Komposit (I_{tr})

Material	A	y	I _o	d	I _o + A x d ²
	cm ²	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴
Kolom Beton	543,82	35	191470	5,26	206543,16
Kolom Baja	162,5	1,25	84,64	25,99	109810,31
I_{tr}					316353,48

Dimana :

- I_{tr} = Momen Inersia Profil Komposit
- y = jarak dari titik berat elemen menuju penampang bawah
- I_o = momen inersia elemen tiap material

$$\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3 \right)$$
- A = Luas Penampang tiap elemen
- d = jarak dari titik berat elemen menuju garis netral



$$\begin{aligned}
 cM &= \frac{f_c' \times I_{tr} \times n}{y_a} \\
 &= \frac{300 \times 316353,48 \times 7,7691}{40,26} \\
 &= 18312208,64 \text{ kg.cm} \\
 &= 18312,21 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan momen nominal (M_n) keseluruhannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= {}_sM + {}_cM \\ &= 341250 + 18312,21 = 359562,21 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu < \phi M_n & & \\ 2671,2 < 0,9 \times 364135,42 & & \\ 2671,2 < 327721,88 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang kolom dikurangi dengan tinggi dimensi balok (d) yaitu 451,2 cm, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 451,2 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 27,2 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 1354,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 451,2 < 1354,02 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan Momen Nominalnya (M_n) sebagai berikut :

$$M_n = M_p = {}_sM + {}_cM$$

$$= 341250 + 22885,42 = 364135,42 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

Mu	<	Ø Mn	
2671,2	<	0.9 x 364135,42	
2671,2	<	327721,88 kg.m	→OK

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek P-Δ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

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

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

a. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_1 = 1307,83 & \text{kg.m} & P_1 = 1723404 & \text{kg} \\
 M_2 = 2671,16 & \text{kg.m} & L = 451,2 & \text{cm} \\
 M_{nt} = 2671,16 & \text{kg.m} & P_{nt} = 939048,9 & \text{kg} \\
 M_{lt} = 33221,63 & \text{kg.m} & P_{lt} = 784354,9 & \text{kg} \\
 P_{\text{Story}} = 939048,87 & \text{kg} & \Delta_h = 1,93 & \text{mm} \\
 H = 6989,22 & \text{kg} & &
 \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$\begin{aligned}
 P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 451,2)^2} \\
 &= 46337072,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{1307,83}{2671,16} \right) = 0,4042$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{0,40416}{1 - 1 \left(\frac{1723404}{46337072} \right)} \leq 1$$

$$= 0,420 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B₁ adalah 1,00

Perhitungan Komponen B₂

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{0}{939048,9} \right)$$

$$= 1,00$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{6989 \times 4512}{1,93} = 16340412 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{1}{1 - 1 \left(\frac{939048,9}{16340412} \right)} \leq 1$$

$$= 1,06 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B₂ adalah 1,06

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{ux} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$= 1,00 \times 2671,16 + 1,06 \times 33221,63$$

$$= 37918,37 \text{ kg.m}$$

Sehingga didapatkan pembesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 37918,37 kg.m

b. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_1 = 705,02 & \text{kg.m} & P_1 = 1723404 & \text{kg} \\
 M_2 = 2147,92 & \text{kg.m} & L = 451,2 & \text{cm} \\
 M_{nt} = 2147,92 & \text{kg.m} & P_{nt} = 939048,9 & \text{kg} \\
 M_{lt} = 29749,68 & \text{kg.m} & P_{lt} = 784354,9 & \text{kg} \\
 P_{\text{Story}} = 939048,87 & \text{kg} & \Delta_h = 1,755 & \text{mm} \\
 H = 6307,26 & \text{kg} & &
 \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$\begin{aligned}
 P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 451,2)^2} \\
 &= 46337072,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{705,02}{2147,92} \right) = 0,4687$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{0,4687}{1 - 1 \left(\frac{1723404}{46337072} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,4868 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B₁ adalah 1,00

Perhitungan Komponen B₂

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{0}{939048,9} \right)$$

$$= 1,00$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{6307 \times 4512}{1,755} = 16215588 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{1}{1 - 1 \left(\frac{939048,9}{16215588} \right)} \leq 1$$

$$= 1,061 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B₂ adalah 1,061

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{uy} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{1t}$$

$$= 1,00 \times 2147 + 1,06 \times 299749,68$$

$$= 33726,31 \text{ kg.m}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 33726,31 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 939048,9 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,06 \text{ kg} \\ P_{lt} &= 784354,9 \text{ kg.m} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 939048,9 + 1,06 \times 784354,9 = 1771618 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 37918,37 \text{ kg.m} & P_n &= 2764875 \text{ kg} \\ M_{uy} &= 33726,31 \text{ kg.m} & M_n &= 364135,42 \text{ kg.m} \\ P_r &= 1771618,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 2764875 = 2488387,5 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1771618,076}{2488387,5} = 0,712 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \\ \frac{1771618,08}{2488387,5} + \frac{8}{9} \left(\frac{37918,37}{364135,42} + \frac{33726,31}{364135,42} \right) &\leq 1,0 \\ 0,91 &\leq 1,0 \text{ OK} \end{aligned}$$

maka kolom CFT dengan dimensi profil HSS 700.700.25.25 dapat digunakan.

6.1.2.2 Kolom Atap Rangka Baja

Kolom Rangka Baja direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 15 x 10 , panjang kolom 200 cm dengan data perencanaan sebagai berikut :

d	=	300	mm	ix	=	13,1	cm
bf	=	300	mm	iy	=	7,51	cm
tf	=	15	mm	Zx	=	1465	cm
tw	=	10	mm	Zy	=	675	cm
A	=	119,8	cm ²	Sx	=	1360	cm
w	=	94,0	kg/m	Sy	=	450	cm
Ix	=	20400	mm	r	=	18	cm
Iy	=	6750	mm	h	=	234	cm

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Kolom Atap Rangka Baja adalah sebagai berikut :

- Mux = 782,09 kg.m
- Muy = 4187,17 kg.m
- Pu = 7671,61 kg

Kontrol Kuat Lentur akibat Tekuk Lokal

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{234}{10} = 23,40$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{30} = 10,00$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$23,40 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$10,00 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} Mnx &= Zx \times Fy \\ &= 1465 \times 2500 \\ &= 3661875 \text{ kg.cm} = 36618,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mny &= Zx \times Fy \\ &= 675 \times 2500 \\ &= 1686375 \text{ kg.cm} = 16863,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} Mux &< \emptyset Mnx \\ 782,1 &< 0,9 \times 36618,8 \\ 782,1 &< 32956,88 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &< \emptyset Mny \\ 4187,2 &< 0,9 \times 16863,8 \\ 4187,2 &< 15177,38 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Tekan Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{10} = 30,00$$

$$\lambda_r = 1,49\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,49\sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{30} = 10,00$$

$$\lambda_r = 0,56\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56\sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_r$$

$$30,00 < 42,14 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_r$$

$$10,00 < 15,84 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

Keterangan :

- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

$$K = 1 \quad (\text{Lampiran 7 Pasal 7.2 Ayat 3a SNI 1729:2015})$$

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 200}{13,1} = 15,27$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 200}{7,51} = 26,63$$

Maka, diambil $\frac{KL}{i}$ dengan nilai terbesar yaitu 26,63

Cek Tegangan Kritis (F_{cr}) :

$$\begin{aligned} \frac{KL}{i} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 26,63 &\leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ 26,63 &\leq 133,22 \quad \longrightarrow \quad \text{Persyaratan 1} \end{aligned}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left(0,658^{\frac{250}{2783}} \right) 250 \\ &= 240,776 \text{ MPa} = 2407,76 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 2000}{75,1}\right)^2} = 2783,23 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal (P_n) :

$$P_n = F_{cr} \times A_g \\ = 2407,76 \text{ kg/cm}^2 \times 119,8 \text{ cm}^2 = 288449,12 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} P_u & < & \phi M_n \\ 7671,6 & < & 0,9 \times 288449,12 \\ 7671,6 & < & 259604,21 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Kuat Tekan Nominal* (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- *Tegangan Kritis* (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kelangsingan Kolom :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang kolom yaitu 200 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 200 \text{ cm} \\ L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 7,51 \times \sqrt{\frac{200000}{2500}} = 373,85 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 200 < 373,85 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 1465 \times 2500 \\ &= 3661875 \text{ kg.cm} = 36618,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_x \times F_y \\ &= 675 \times 2500 \\ &= 1686375 \text{ kg.cm} = 16863,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} M_{ux} & < & \emptyset M_{nx} \\ 782,1 & < & 0.9 \times 36618,8 \\ 782,1 & < & 32956,88 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} M_{uy} & < & \emptyset M_{ny} \\ 4187,2 & < & 0.9 \times 16863,8 \\ 4187,2 & < & 15177,38 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek P- Δ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

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

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

a. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

M_1	= 653,21	kg.m	P_1	= 15057,79	kg
M_2	= 782,09	kg.m	L	= 200	cm
M_{nt}	= 782,09	kg.m	P_{nt}	= 7671,61	kg
M_{lt}	= 970,15	kg.m	P_{lt}	= 7386,18	kg
P_{Story}	= 7671,6	kg	Δ_h	= 0,51	mm
H	= 763,53	kg			

Perhitungan Komponen B_1

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 20400}{(1 \times 200)^2}$$

$$= 10066996,5 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{653,21}{782,09} \right) = 0,266$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{0,266}{1 - 1 \left(\frac{15057,79}{10066996} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,266 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B_2

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{0}{7671,61} \right) \\
 &= 1,00
 \end{aligned}$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{766 \times 2000}{0,51} = 3010934,1 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left(\frac{7671,61}{3010934,1} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,003 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B_2 adalah 1,003

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 782,09 + 1,003 \times 970,15 \\ &= 1754,72 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 1754,72 kg.m

b. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} M_1 &= 3787,05 \text{ kg.m} & P_1 &= 15057,79 \text{ kg} \\ M_2 &= 4187,17 \text{ kg.m} & L &= 200 \text{ cm} \\ M_{nt} &= 4187,17 \text{ kg.m} & P_{nt} &= 7671,61 \text{ kg} \\ M_{lt} &= 3781,8 \text{ kg.m} & P_{lt} &= 7386,18 \text{ kg} \\ P_{\text{Story}} &= 7671,61 \text{ kg} & \Delta_h &= 3,989 \text{ mm} \\ H &= 3631,24 \text{ kg} & & \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 6750}{(1 \times 200)^2} \\ &= 3330991,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{3787,05}{4187,17} \right) = 0,238$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,238}{1 - 1 \left(\frac{15057,79}{3330991} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,2393 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B_2

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{0}{36464,53} \right) \\
 &= 1,00
 \end{aligned}$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{3631 \times 2000}{3,989} = 1820626,7 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left(\frac{7671,61}{1820627} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,004 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B_2 adalah 1,004

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{uy} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 4187,17 + 1,004 \times 3781,8 \\ &= 7984,97 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan pembesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 8496,75 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 7671,61 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,004 \text{ kg} \\ P_{lt} &= 7386,18 \text{ kg.m} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 7671,61 + 1,004 \times 7386,18 = 15089,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 1754,72 \text{ kg.m} & P_n &= 288449,12 \text{ kg} \\ M_{uy} &= 7984,97 \text{ kg.m} & P_r &= 15089,4 \text{ kg} \\ M_{nx} &= 36618,8 \text{ kg.m} & M_{ny} &= 16863,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 288449,12 = 259604,2 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{15089}{259604,2} = 0,058 < 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 2* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{15089,04}{2 \times 259604,21} + \left(\frac{1754,72}{32956,88} + \frac{7984,97}{15177,38} \right) \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0 \dots OK$$

Hasil perhitungan dari dimensi kolom yang lain akan ditabelkan pada tabel dibawah ini :

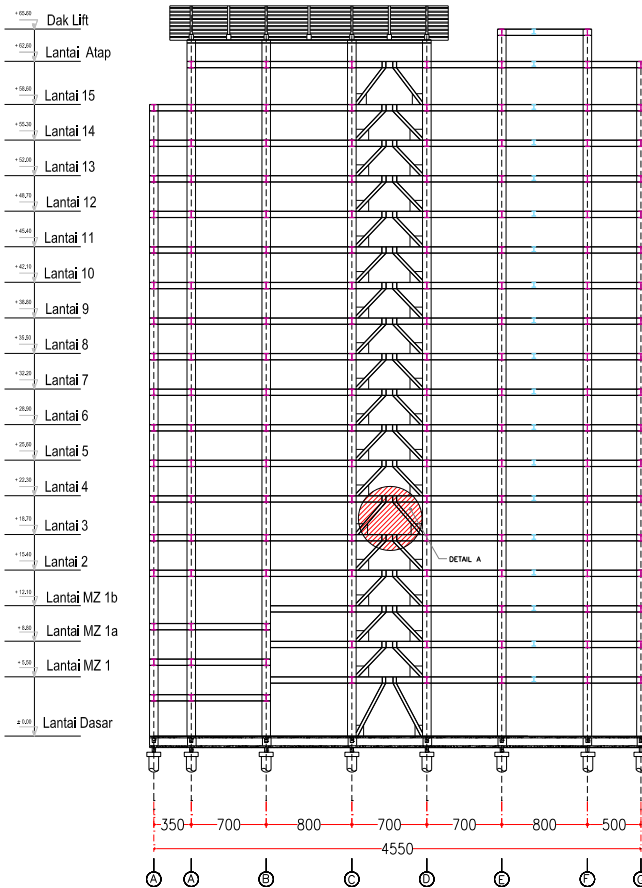
Tabel 6.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kolom

DIMENSI KOLOM				Pr kg	Mrx kg.m	Mry kg.m	Pn kg	Mnx kg.m	Mny kg.m	Kontrol Interaksi
HSS	700	700	25 25	1771754,6	37924,10	33731,49	2764875	364135,42	364135,42	0,906 < 1,0
HSS	600	600	25 25	1255739,1	20441,44	17629,64	2208875	256614,58	256614,58	0,778 < 1,0
HSS	500	500	25 25	336801,48	9286,71	23709,48	1703875	168593,75	168593,75	0,413 < 1,0
WF	300	300	15 10	15089,04	1754,72	7984,97	288449,1	36618,75	16863,75	0,608 < 1,0

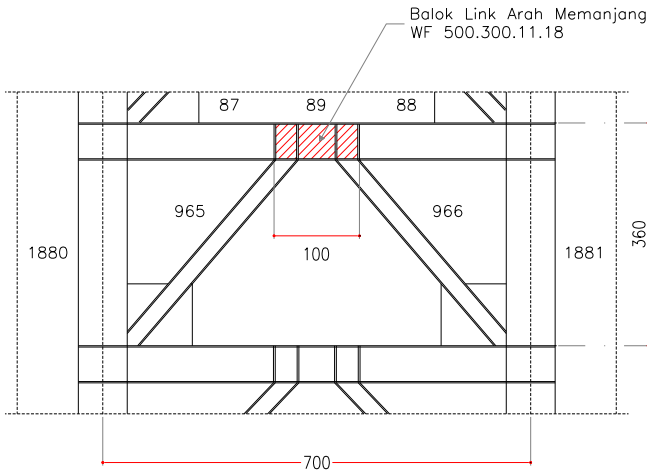
6.1.3 Balok Link

6.1.3.1 Link Arah Memanjang

Pada perhitungan Link Arah Memanjang dipilih link dengan nilai geser terbesar yaitu pada Elemen 89. Panjang link beam direncanakan sepanjang 100 cm.



Gambar 6.8 Denah Link untuk Arah Memanjang



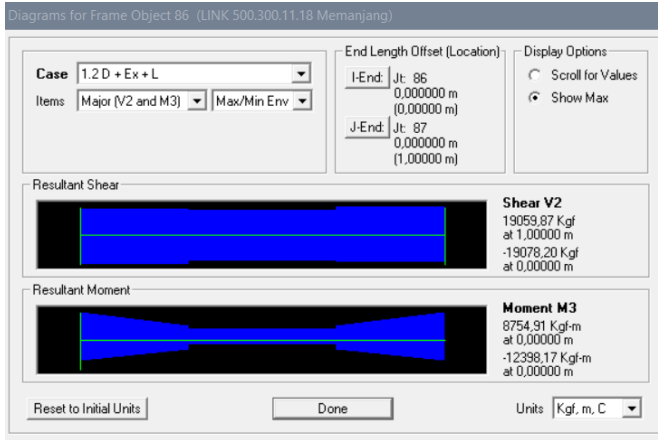
Gambar 6.9 Detail tampak Balok Link arah memanjang

Untuk Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

d =	488	mm	$i_x =$	20,8	cm
bf =	300	mm	$i_y =$	7,04	cm
tf =	18	mm	$Z_x =$	3100	cm
tw =	11	mm	$Z_y =$	809	cm
A =	163,5	cm ²	$S_x =$	2910	cm
w =	128	kg/m	$S_y =$	541	cm
$I_x =$	71000	mm	$r =$	26	cm
$I_y =$	8110	mm	$h =$	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Link Arah Memanjang didapat gaya dalam sebagai berikut :

$M_u =$	12398,17	kg.m	$N_u =$	3978,82	kg
$V_u =$	19078,2	kg	$\Delta e =$	3,718	mm



Gambar 6.10 Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang

Kontrol terhadap beban aksial terfaktor

$$\begin{aligned}
 N_y &= A_g \times f_y \\
 &= 163,5 \times 2500 = 408750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Terhadap Kuat Tekan

$$\begin{aligned}
 N_u &< 0,15 N_y \\
 3978,82 &< 0,15 \times 408750 \\
 3978,82 &< 61312,5 \quad \longrightarrow \quad \textit{Tidak Dipertimbangkan} \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \textit{pada Kuat geser rencana}
 \end{aligned}$$

Maka pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana di asumsikan N_u adalah 0 kg atau tidak diperhitungkan.

Kemudian di kontrol terhadap nilai $N_u / \phi N_y > 0.125$ atau $N_u / \phi N_y < 0.125$ untuk menentukan persamaan yang akan digunakan pada perhitungan rasio lebar terhadap tebal, sudut roasi link dan geser penampang.

$$\begin{array}{rcl} Nu / \phi Ny & < & 0,125 \\ 0 & < & 0,125 \\ 0 & < & 0,125 \end{array} \longrightarrow \text{Persyaratan 1}$$

Keterangan :

- Kontrol Aksial Terfaktor (Pasal 15.13.2.5 dan 6 SNI 03-1729-2002)

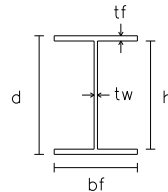
Kontrol Kapasitas Penampang

Kapasitas Momen Penampang

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$



Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl} \lambda & < & \lambda_p \\ 8,33 & < & 8,54 \end{array} \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Badan

Karena $Nu / \phi Ny < 0,125$, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left(1 - 1,54 \frac{Nu}{\phi Ny} \right) \geq \frac{665}{\sqrt{fy}} \\ &= \frac{1365}{15,8} (1 - 1,54 \times 0,00) \geq \frac{665}{15,8} \\ &= 86,33 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl} \lambda & < & \lambda_p \\ 36,36 & < & 86,33 \end{array} \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} M_u & < & \phi M_n \\ 12398,2 & < & 0,9 \times 77495,9 \\ 12398,2 & < & 69746,31 \text{ kg.m} \end{array} \quad \longrightarrow \text{....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel 15.7-1 SNI 03-1729-2002)

Kapasitas Geser Penampang

Karena $N_u / \phi N_y < 0,125$, maka perhitungan kuat geser nominal link (V_n) diambil yang terkecil dari V_p atau $\frac{2M_p}{e}$,

dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2M_p}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal (V_n) yang menentukan adalah 74580 kg

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rclcl} V_u & < & \phi V_n & & \\ 19078,2 & < & 0,9 \times 74580 & & \\ 19078,2 & < & 67122 \text{ kg.m} & \longrightarrow & \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)*

Kontrol Sudut Rotasi Link

Karena $N_u / \phi N_y < 0.125$, maka persyaratan kategori jenis link adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{rclcl} 1,6 \frac{M_p}{V_p} & \geq & e & \leq & 2,6 \frac{M_p}{V_p} \\ 1,6 \frac{7749590}{74580} & \geq & 100 & \leq & 2,6 \frac{7749590}{74580} \\ 166,26 & \geq & 100 & \leq & 270,17 \end{array}$$

Dari hasil diatas, jenis link termasuk kategori *Link Geser* sehingga berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7 didapatkan Sudut Rotasi Link yang diijinkan (Δ) untuk Link Geser adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl} - \gamma_{\text{maks}} & = & 0,08 \text{ rad} \quad \left(e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p} \right) \\ - \Delta & = & C_d \times \Delta_e \\ & = & 4 \times 3,718 \text{ mm} = 14,87 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 - \gamma_p &= \left(\frac{L}{e}\right) \times \theta_p = \left(\frac{L}{e}\right) \times \left(\frac{\Delta}{h1}\right) \\
 &= \left(\frac{7000}{1000}\right) \times \left(\frac{14,78}{3300}\right) \\
 &= 0,032 \text{ rad}
 \end{aligned}$$

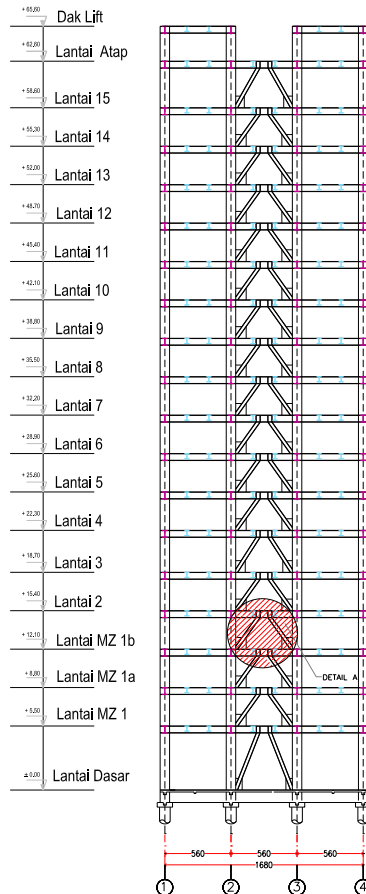
Cek Persyaratan

$$\begin{array}{lcl}
 \gamma \text{ maks} & > & \gamma_p \\
 0,08 \text{ rad} & > & 0,032 \text{ rad} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

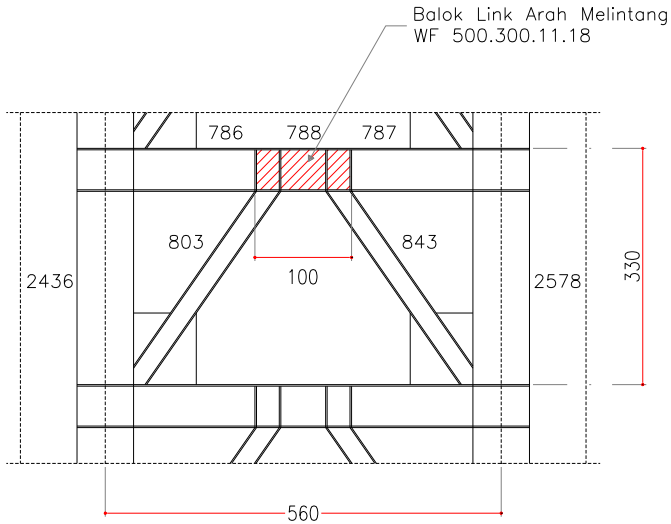
Sehingga profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dapat digunakan sebagai Balok Link Arah Memanjang

6.1.3.2 Link Arah Melintang

Pada perhitungan Link Arah Memanjang dipilih link dengan nilai geser terbesar yaitu pada Elemen 788. Panjang link beam direncanakan sepanjang 100 cm.



Gambar 6.11 Denah Link untuk Arah Melintang



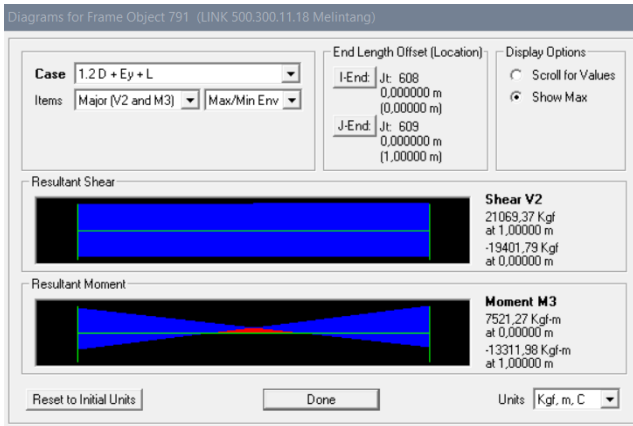
Gambar 6.12 Detail tampak balok link arah melintang

Untuk Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm ²	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Link Arah Memanjang didapat gaya dalam sebagai berikut :

Mu =	13311,98	kg.m	Nu =	2261,79	kg
Vu =	21069,37	kg	Δe =	4,287	mm



Gambar 6.13 Hasil output gaya dalam pada Link Arah Memanjang

Kontrol terhadap beban aksial terfaktor

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 163,5 \times 2500 = 408750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Terhadap Kuat Tekan

$$\begin{aligned} N_u &< 0,15 N_y \\ 2261,79 &< 0,15 \times 408750 \\ 2261,79 &< 61312,5 \quad \longrightarrow \text{Tidak Dipertimbangkan pada} \\ &\quad \text{Kuat geser rencana} \end{aligned}$$

Maka pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana di asumsikan N_u adalah 0 kg atau tidak diperhitungkan.

Kemudian di kontrol terhadap nilai $N_u / \phi N_y > 0.125$ atau $N_u / \phi N_y < 0.125$ untuk menentukan persamaan yang akan digunakan pada perhitungan rasio lebar terhadap tebal, sudut roasi link dan geser penampang.

$$\begin{array}{rcl}
 Nu / \phi Ny & < & 0,125 \\
 0 & < & 0,125 \\
 0 & < & 0,125 \quad \longrightarrow \text{Persyaratan 1}
 \end{array}$$

Keterangan :

- Kontrol Aksial Terfaktor (Pasal 15.13.2.5 dan 6 SNI 03-1729-2002)

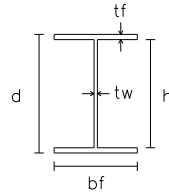
Kontrol Kapasitas Penampang

Kapasitas Momen Penampang

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$



Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl}
 \lambda & < & \lambda_p \\
 8,33 & < & 8,54 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}
 \end{array}$$

Pelat Badan

Karena $Nu / \phi Ny < 0,125$, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_p &= \frac{1365}{\sqrt{fy}} \left(1 - 1,54 \frac{Nu}{\phi Ny} \right) \geq \frac{665}{\sqrt{fy}} \\
 &= \frac{1365}{15,8} (1 - 1,54 \times 0,00) \geq \frac{665}{15,8} \\
 &= 86,33
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl} \lambda & < & \lambda_p \\ 36,36 & < & 86,33 \end{array} \quad \longrightarrow \quad \text{Profil Badan Kompak}$$

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} M_u & < & \phi M_n \\ 13312,0 & < & 0,9 \times 77495,9 \\ 13312,0 & < & 69746,31 \text{ kg.m} \end{array} \quad \longrightarrow \quad \dots OK$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel 15.7-1 SNI 03-1729-2002)

Kapasitas Geser Penampang

Karena $N_u / \phi N_y < 0,125$, maka perhitungan kuat geser nominal link (V_n) diambil yang terkecil dari V_p atau $\frac{2M_p}{e}$,

dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2M_p}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal (V_n) yang menentukan adalah 74580 kg

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lcl} V_u & < & \phi V_n \\ 21069,4 & < & 0.9 \times 74580 \\ 21069,4 & < & 67122 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)*

Kontrol Sudut Rotasi Link

Karena $N_u / \phi N_y < 0.125$, maka persyaratan kategori jenis link adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \frac{M_p}{V_p} & \geq & e \leq 2,6 \frac{M_p}{V_p} \\ 1,6 \frac{7749590}{74580} & \geq & 100 \leq 2,6 \frac{7749590}{74580} \\ 166,26 & \geq & 100 \leq 270,17 \end{array}$$

Dari hasil diatas, jenis link termasuk kategori *Link Geser* sehingga berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7 didapatkan Sudut Rotasi Link yang diijinkan (Δ) untuk Link Geser adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{lcl} - \gamma_{\text{maks}} & = & 0,08 \text{ rad} \quad \left(e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p} \right) \\ - \Delta & = & C_d \times \Delta e \\ & = & 4 \times 4,287 \text{ mm} = 17,15 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad \gamma_p &= \left(\frac{L}{e}\right) \times \theta_p = \left(\frac{L}{e}\right) \times \left(\frac{\Delta}{h1}\right) \\
 &= \left(\frac{5600}{1000}\right) \times \left(\frac{17,15}{3300}\right) \\
 &= 0,029 \text{ rad}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{rcl}
 \gamma \text{ maks} & > & \gamma_p \\
 0,08 \text{ rad} & > & 0,029 \text{ rad} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

Sehingga profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dapat digunakan sebagai Balok Link Arah Melintang

6.1.3.3 Pengaku Link Arah Memanjang

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada Link, harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(bf - 2tf)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara $0,75tw$ atau 10 mm, bf dan tw merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

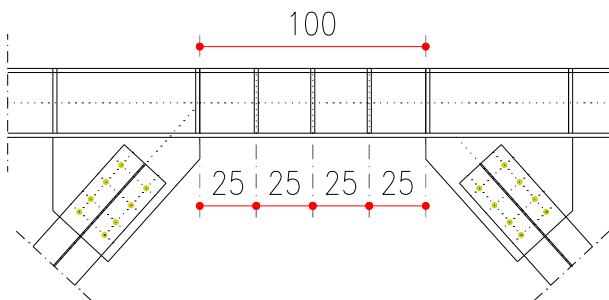
Dari hasil perhitungan Balok Link sebelumnya, link termasuk jenis *Link Geser* ($e \leq Mp / Vp$) dengan ketentuan pengaku link sebagai berikut :

Perhitungan Jarak Pengaku Link :

$$\begin{aligned} \text{Untuk } \gamma &= 0,08 \text{ radian} \\ S &= 30 \times tw - d / 5 \\ &= 30 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 23,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } \gamma &= 0,02 \text{ radian} \\ S &= 52 \times tw - d / 5 \\ &= 52 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 47,44 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena Link Termasuk *Link Geser* maka, di pakai jarak pengaku link 0,08 rad yaitu $S = 23,2 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$



Gambar 6.14 Jarak pengaku link pada arah memanjang

6.1.3.4 Pengaku Link Arah Melintang

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada Link, harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(bf - 2tf)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara $0,75tw$ atau 10 mm, bf dan tw merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

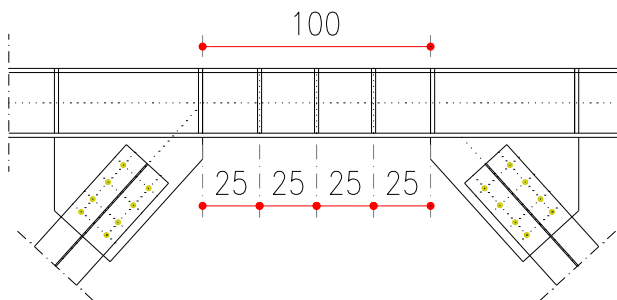
Dari hasil perhitungan Balok Link sebelumnya, link termasuk jenis *Link Geser* ($e \leq Mp / Vp$) dengan ketentuan pengaku link sebagai berikut :

Perhitungan Jarak Pengaku Link :

$$\begin{aligned} \text{Untuk } \gamma &= 0,08 \text{ radian} \\ S &= 30 \times tw - d / 5 \\ &= 30 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 23,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } \gamma &= 0,02 \text{ radian} \\ S &= 52 \times tw - d / 5 \\ &= 52 \times 1,1 - 48,8 / 5 = 47,44 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena Link Termasuk *Link Geser* maka, di pakai jarak pengaku link 0,08 rad yaitu $S = 23,2 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$



Gambar 6.15 Jarak pengaku link pada arah melintang

6.1.4 Balok Luar Link

6.1.4.1 Balok Luar Link Memanjang

Untuk Balok Luar Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm ²	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Balok Luar Link Arah Memanjang didapat gaya dalam sebagai berikut :

Mu	=	11767.24	kg.m
Vu	=	12117.48	kg

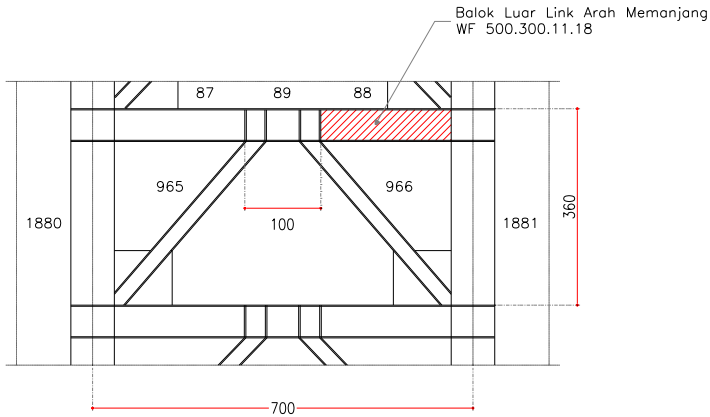
Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 88 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen dan Geser Maksimum, dan Aksial Maksimum.

Kuat perlu dan kuat rencana geser balok yang terletak di luar *link* diambil berdasarkan *SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1*, bahwa kuat perlu balok yang terletak diluar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar $R_y \cdot V_n$:

Kuat Geser Perlu Balok di Luar Link

Untuk menentukan kuat geser perlu pada balok luar link terlebih dahulu menentukan kuat geser nominal link. Kuat geser nominal

link (V_n) diambil yang terkecil dari V_p atau $\frac{2Mp}{e}$, dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.16 Denah balok luar link arah memanjang

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2Mp}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal (V_n) yang menentukan adalah 74580 kg. Sehingga kuat geser perlu (V_u) perumusannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 74580 = 123057 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

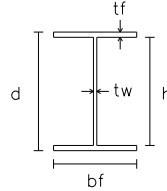
- *Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)*
- *Kuat geser Perlu (SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1)*

Kapasitas Momen Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &< \lambda_{pw} \\ 36,36 &< 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak} \end{aligned}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &< \lambda_{pf} \\ 8,33 &< 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak} \end{aligned}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times F_y \\ &= 3100 \times 2500 \\ &= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{lll} \mu & < & \phi M_n \\ 11767,2 & < & 0,9 \times 77495,9 \\ 11767,2 & < & 69746,31 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1727: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1727:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1727:2015)

Kapasitas Geser Penampang :

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk balok diluar link dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n \times R_y$$

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

Karena penampang menerima beban transfersal maka, perhitungan C_v dan K_v dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

Menentukan Koefisien Tekuk Geser pelat Badan (K_v) :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{7000-1000}{2} = 3000 \text{ mm}$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{3000}{400}\right)^2} = 5,09$$

Menentukan Koefisien Geser Badan (Cv):

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{11} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5,09 \times 2000000}{2500}}$$

$$36,36 \leq 70,186 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai Cv adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \times R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times 53,7 \times 1,0 \times 1,5 \\ &= 120780 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 120780 \text{ kg} \\ &= 108702 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- $R_y = 1,5$ (Pasal 15.5.2 SNI 03-1729-2002)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

Pada perhitungan balok diluar link, dengan program bantuan SAP 2000 di dapatkan Output Momen Maksimum adalah 12342,6 kg.m.

Maka perhitungan interaksi geser lenturnya adalah sebagai berikut :

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi Vn} \leq 1,375$$

$$\frac{11767,24}{0,9 \times 69746,31} + 0,625 \frac{123057}{0,9 \times 120780} \leq 1,375$$

$$0,88 \leq 1,375 \quad \dots OK!$$

Keterangan :

- *Interaksi Geser Lentur (Bab 8 Pasal 8.9.3 SNI 03-1729-2002)*

6.1.4.2 Balok Luar Link Melintang

Untuk Balok Luar Link Arah Memanjang digunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data profil sebagai berikut :

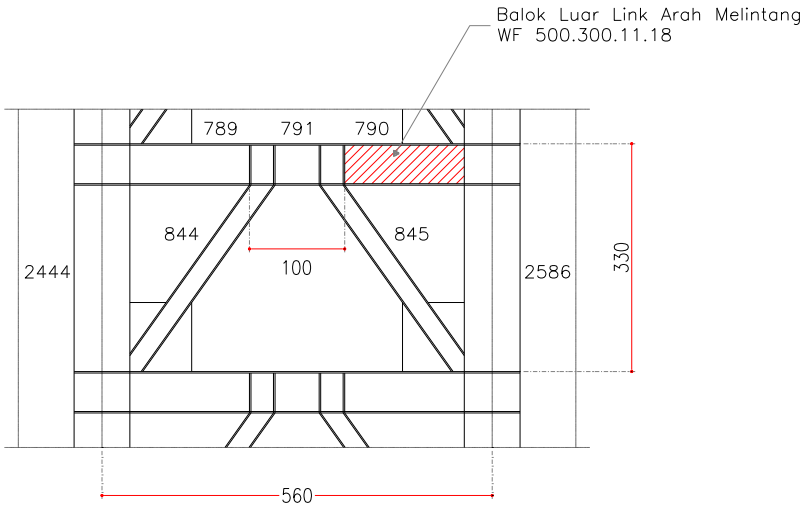
d =	488	mm	ix =	20,8	cm
bf =	300	mm	iy =	7,04	cm
tf =	18	mm	Zx =	3100	cm
tw =	11	mm	Zy =	809	cm
A =	163,5	cm ²	Sx =	2910	cm
w =	128	kg/m	Sy =	541	cm
Ix =	71000	mm	r =	26	cm
Iy =	8110	mm	h =	400	cm

Dari hasil output SAP 2000v14 untuk Balok Luar Link Arah Melintang didapat gaya dalam sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 13557,78 \text{ kg.m} \\ \text{Vu} &= 16410,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya dalam yang dihasilkan dari program bantu SAP 2000v14 diperoleh dari Frame 88 dengan Kombinasi 1.2 D + 1 Ex + 1 L untuk Momen dan Geser Maksimum, dan Aksial Maksimum.

Kuat perlu dan kuat rencana geser balok yang terletak di luar *link* diambil berdasarkan *SNI 03-129-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1*, bahwa kuat perlu balok yang terletak diluar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar $R_y.V_n$:



Gambar 6.17 Denah balok luar link arah melintang

Kuat Geser Perlu Balok di Luar Link

Untuk menentukan kuat geser perlu pada balok luar link terlebih dahulu menentukan kuat geser nominal link. Kuat geser nominal link (V_n) diambil yang terkecil dari V_p atau $\frac{2M_p}{e}$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (49 - 2 \times 1,8) \times 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2M_p}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal (V_n) yang menentukan adalah 74580 kg. Sehingga kuat geser perlu (V_u) perumusannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 74580 = 123057 \text{ kg} \end{aligned}$$

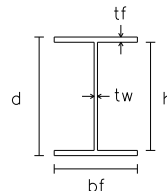
Keterangan :

- Kontrol Geser Rencana (Pasal 15.13.2.6 SI 03-1729-2002)
- Kuat geser Perlu (SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2 ayat 1)

Kapasitas Momen Penampang Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$36,36 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$Mn = Mp = Z_x \times F_y$$

$$= 3100 \times 2500$$

$$= 7749590 \text{ kg.cm} = 77495,9 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$Mu < \phi Mn$$

$$13557,6 < 0,9 \times 77495,9$$

$$13557,6 < 69746,31 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \text{....OK}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1727: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1727:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1727:2015)

Kapasitas Geser Penampang :

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk balok diluar link dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n \times R_y$$

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

Karena penampang menerima beban transfersal maka, perhitungan C_v dan K_v dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

Menentukan Koefisien Tekuk Geser pelat Badan (K_v) :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,4 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{7000-1000}{2} = 3000 \text{ mm}$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{3000}{400}\right)^2} = 5,09$$

Menentukan Koefisien Geser Badan (C_v):

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{11} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5,09 \times 2000000}{2500}}$$

$$36,36 \leq 70,186 \quad ; C_v = 1,0$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \times R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times 53,7 \times 1,0 \times 1,5 \\ &= 120780 \text{ kg} \\ \phi V_n &= 0,9 \times 120780 \text{ kg} \\ &= 108702 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Kontrol Geser* (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- $R_y = 1,5$ (Pasal 15.5.2 SNI 03-1729-2002)
- $\phi = 0.9$ (Pasal G1 SNI 1729:2015)

Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

Pada perhitungan balok diluar link, dengan program bantuan SAP 2000 di dapatkan Output Momen Maksimum adalah 12342,6 kg.m.

Maka perhitungan interaksi geser lenturnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\ \frac{13557,58}{0,9 \times 69746,31} + 0,625 \frac{123057}{0,9 \times 120780} &\leq 1,375 \\ 0,90 &\leq 1,375 \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Keterangan :

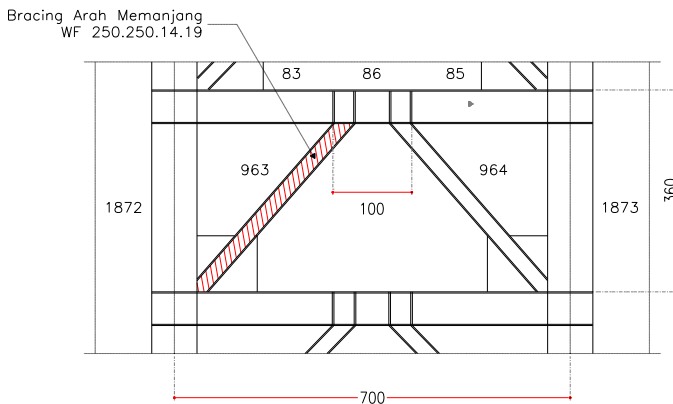
- *Interaksi Geser Lentur* (Bab 8 Pasal 8.9.3 SNI 03-1729-2002)

6.1.5 Bresing

6.1.5.1 Bresing Arah Memanjang

Untuk Bresing Arah Memanjang digunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

d =	200	mm	ix =	8,62	cm
bf =	200	mm	iy =	5,02	cm
tf =	12	mm	Zx =	513	cm
tw =	8	mm	Zy =	240	cm
A =	63,5	cm ²	Sx =	472	cm
w =	49,9	kg/m	Sy =	150	cm
Ix =	4720	mm	r =	13	cm
Iy =	1600	mm	h =	150	cm



Gambar 6.18 Denah Bresing arah memanjang

Berdasarkan *SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1*, kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh link yaitu sebesar 1,25 kali geser nominal (V_n) sebesar $R_y V_n$.

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (20 - 2 \times 1,2) \times 0,8 \\
 &= 21120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\
 &= 1,25 \times 1,5 \times 21120 = 39600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

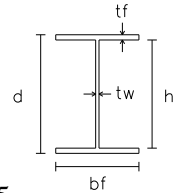
$$\begin{aligned}
 P_u \text{ Tekan} &= P_u \text{ Tarik} \\
 &= \frac{V_u}{\sin \alpha} = 39600 = 53517,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Momen Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{8} = 18,75$$

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



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw}$$

$$18,75 < 106,35 \quad \longrightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \quad \longrightarrow \quad \text{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada maka persamaan perhitungan momennya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

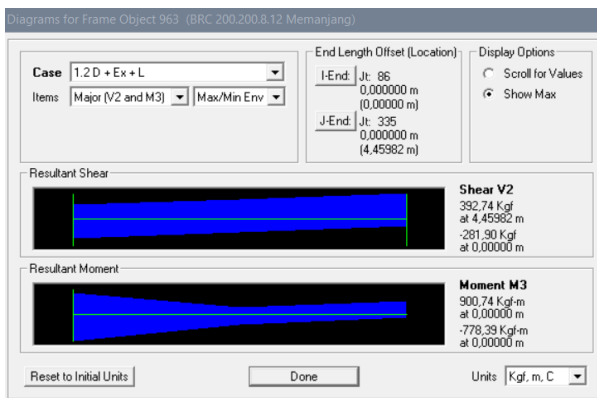
$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 513 \times 2500 \\ &= 1282880 \text{ kg.cm} = 12828,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

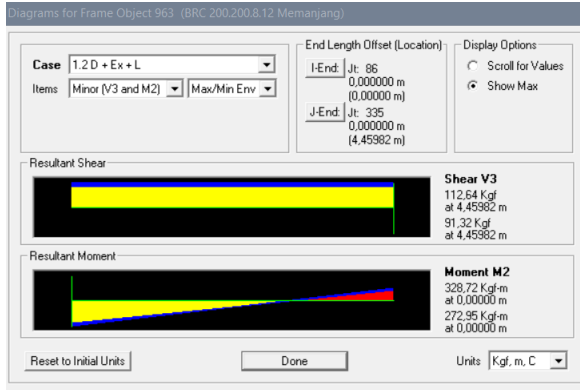
$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_y \\ &= 240 \times 2500 \\ &= 599540 \text{ kg.cm} = 5995,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Hasil Output Momen dari SAP 2000v14 didapatkan sebagai berikut :

$$M_{ux} = 900,74 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 328,72 \text{ kg.m}$$





Gambar 6.19 Hasil Output Momen Maksimum pada Bracing Arah Memanjang

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} M_{ux} & < & \phi M_{ny} \\ 900,7 & < & 0,9 \times 12828,8 \\ 900,7 & < & 11545,92 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} M_{uy} & < & \phi M_{ny} \\ 328,7 & < & 0,9 \times 5995,86 \\ 328,7 & < & 5395,86 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK \end{array}$$

Kapasitas Kuat Tekan Penampang

Kontrol Kelangsingan Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{200}{8} = 25,00$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_r = 0,56\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56\sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_r$$

$$25,00 < 42,14 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_r$$

$$8,33 < 15,84 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{- Panjang Profil (L}_{Br}) &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{330^2 + 300^2} = 445,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{- K} = 1 \quad (\text{Lampiran 7 Pasal 7.2 ayat 3a SNI 1729:2015})$$

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 445,98}{8,62} = 51,74$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 445,98}{5,02} = 88,84$$

Maka, diambil $\frac{KL}{i}$ dengan nilai terbesar yaitu 88,84

Cek Tegangan Kritis (F_{cr}) :

$$\begin{aligned} \frac{KL}{i} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 88,84 &\leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ 88,84 &\leq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 1} \end{aligned}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left(0,658^{\frac{250}{250}} \right) 250 \\ &= 164,526 \text{ MPa} = 1645,26 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 4460}{50,2} \right)^2} = 250,093 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal (P_n) :

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g \times R_y \\
 &= 1645,26 \times 92,2 \times 1,5 = 156784,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 P_u &<& \phi P_n \\
 75943,7 &<& 0,9 \times 156784,8 \\
 75943,7 &<& 141106,32 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Kuat Tekan Nominal* (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- *Tegangan Kritis* (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal E1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kapasitas Kuat Tarik Penampang

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_y \times A_g \times R_y \\
 &= 2500 \times 63,5 \times 1,5 = 238237,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Kuat Tarik Nominal* (Pasal D2 Pers. D2-1 SNI 1729:2015)

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 P_u &<& \phi P_n \\
 53517,8 &<& 0,9 \times 238237,5 \\
 53517,8 &<& 214413,75 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

Kontrol Interaksi Aksial Lentur

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 M_{ux} &= 900,74 & \text{kg.m} & P_n &= 53517,85 & \text{kg} \\
 M_{uy} &= 328,72 & \text{kg.m} & P_u &= 156784,8 & \text{kg} \\
 M_{nx} &= 12828,8 & \text{kg.m} & M_{ny} &= 5995,4 & \text{kg.m}
 \end{array}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 260137,7 = 221117,08 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{53517,85}{133267,08} = 0,402 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{53517,84}{133267,08} + \frac{8}{9} \left(\frac{900,74}{12828,8} + \frac{328,72}{5995,4} \right) \leq 1,0$$

$$0,53 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK}$$

Keterangan :

- *Pers. Interaksi Aksial Lentur* (Pasal 7.4.3.3 SNI 03-1729-2002)

6.1.5.2 Bresing Arah Melintang

Untuk Bresing Arah Melintang digunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

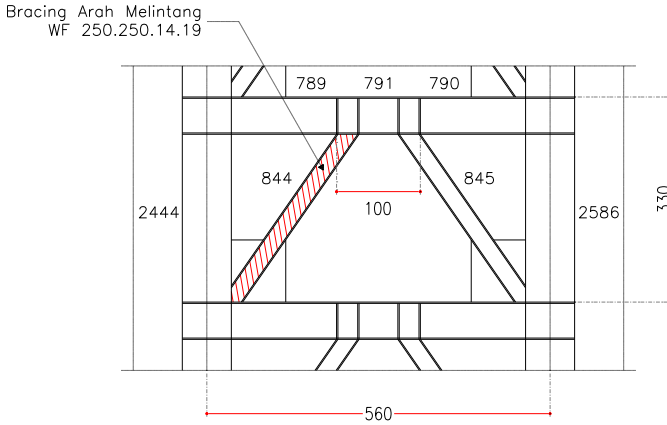
d =	200	mm	ix =	8,62	cm
bf =	200	mm	iy =	5,02	cm
tf =	12	mm	Zx =	513	cm
tw =	8	mm	Zy =	240	cm
A =	63,5	cm ²	Sx =	472	cm
w =	49,9	kg/m	Sy =	160	cm
Ix =	4720	mm	r =	13	cm
Iy =	1600	mm	h =	150	cm

Berdasarkan *SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1*, kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh link yaitu sebesar 1,25 kali geser nominal (V_n) sebesar $R_y V_n$.

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (20 - 2 \times 1,2) \times 0,8 \\ &= 21120 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\ &= 1,25 \times 1,5 \times 21120 = 39600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ Tekan}} &= P_{u \text{ Tarik}} \\ &= \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{39600}{\sin 55,12^\circ} = 4863,2 \text{ kg} \end{aligned}$$



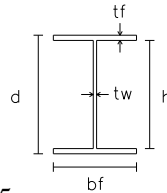
Gambar 6.20 Denah Bresing arah melintang

Kapasitas Momen Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{8} = 18,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$18,75 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$8,33 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada maka persamaan perhitungan momennya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times F_y \\ &= 513 \times 2500 \\ &= 1282880 \text{ kg.cm} = 12828,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times F_y \\ &= 240 \times 2500 \\ &= 599540 \text{ kg.cm} = 5995,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Hasil Output Momen dari SAP 2000v14 didapatkan sebagai berikut :

$$M_{ux} = 1200,9 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 158,55 \text{ kg.m}$$



Gambar 6.21 Hasil Output momen maksimum pada bracing arah melintang

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 Mux & < & \phi Mny \\
 1200,9 & < & 0,9 \times 12828,8 \\
 1200,9 & < & 11545,92 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Muy} & < & \emptyset \text{ Mny} \\
 158,6 & < & 0,9 \times 5995,86 \\
 158,6 & < & 5395,86 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots \text{OK}
 \end{array}$$

Kapasitas Kuat Tekan Penampang

Kontrol Kelangsingan Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{200}{8} = 25,00$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{24} = 8,33$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\begin{array}{rcl}
 \frac{h}{tw} & < & \lambda_r \\
 25,00 & < & 42,14 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}
 \end{array}$$

- Pelat Sayap :

$$\begin{array}{rcl}
 \frac{bf}{2tf} & < & \lambda_r \\
 8,33 & < & 15,84 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)*

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

- Panjang Profil (L_{Br}) = $\sqrt{a^2 + b^2}$
= $\sqrt{330^2 + 230^2} = 402,24$ cm
- $K = 1$ (*Lampiran 7 Pasal 7.2 ayat 3a SNI 1729:2015*)

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 402,24}{8,62} = 46,66$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 402,24}{5,02} = 80,13$$

Maka, diambil $\frac{KL}{i}$ dengan nilai terbesar yaitu 80,13

Cek Tegangan Kritis (F_{cr}) :

$$\frac{KL}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$80,13 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$80,13 \leq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 1}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 1 adalah sebagai berikut :

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left(0,658^{\frac{250}{307}} \right) 250$$

$$= 177,88 \text{ MPa} = 1778,8 \text{ kg/cm}^2$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 4022}{50,2} \right)^2} = 307,439 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal (P_n) :

$$P_n = F_{cr} \times A_g \times R_y$$

$$= 1778,8 \times 63,5 \times 1,5 = 274304,36 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$P_u < \phi P_n$$

$$48269,2 < 0,9 \times 169510,6$$

$$48269,2 < 144084,01 \text{ kg.m} \longrightarrow \dots OK$$

Keterangan :

- *Kuat Tekan Nominal* (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- *Tegangan Kritis* (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kapasitas Kuat Tarik Penampang

$$P_n = F_y \times A_g \times R_y$$

$$= 2500 \times 63,5 \times 1,5 = 238237,5 \text{ kg}$$

Keterangan :

- *Kuat Tarik Nominal* (Pasal D2 Pers. D2-1 SNI 1729:2015)

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 P_u & < & \phi P_n \\
 48269,2 & < & 0,9 \times 238237,5 \\
 48269,2 & < & 214413,75 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{array}$$

Kontrol Interaksi Aksial Lentur

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl}
 M_{ux} & = & 1200,9 \quad \text{kg.m} \qquad \qquad P_n = 169510,6 \quad \text{kg} \\
 M_{uy} & = & 158,55 \quad \text{kg.m} \qquad \qquad P_u = 48269,24 \quad \text{kg} \\
 M_{nx} & = & 12828,8 \quad \text{kg.m} \qquad \qquad M_{ny} = 5995,4 \quad \text{kg.m}
 \end{array}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 169510,6 = 144084,01 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{48269,24}{144084,01} = 0,335 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{48269,24}{144084,01} + \frac{8}{9} \left(\frac{1200,9}{12828,8} + \frac{158,55}{5995,4} \right) \leq 1,0$$

$$0,46 \leq 1,0 \quad \dots OK$$

Keterangan :

- *Pers. Interaksi Aksial Lentur* (Pasal 7.4.3.3 SNI 03-1729-2002)

6.1.6 Kuda-Kuda

Kuda - Kuda Rangka Baja direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11 , panjang bentang 869 cm dengan data perencanaan sebagai berikut :

d	=	350	mm	ix	=	14,7	cm
bf	=	175	mm	iy	=	3,95	cm
tf	=	11	mm	Zx	=	841	cm
tw	=	7	mm	Zy	=	169	cm
A	=	63,1	cm ²	Sx	=	775	cm
w	=	49,6	kg/m	Sy	=	112	cm
Ix	=	13600	mm	r	=	14	cm
Iy	=	984	mm	h	=	300	cm

Dari Analisa permodelan dengan SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada Kuda - Kuda Atap Rangka Baja adalah sebagai berikut :

- Mux = 1820,83 kg.m
- Muy = 130,56 kg.m
- Vu = 6175,6 kg

Kontrol Kuat Lentur akibat Tekuk Lokal

Pelat Badan

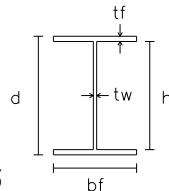
$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,86$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$



Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

$$42,86 < 106,35 \quad \longrightarrow \textit{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

$$7,95 < 10,75 \quad \longrightarrow \textit{Profil Sayap Kompak}$$

Keterangan :

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

Karena Penampang Kompak pada Kontrol Penampang maka persamaan perhitungannya sebagai berikut :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} Mnx &= Z_x \times F_y \\ &= 841 \times 2500 \\ &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mny &= Z_y \times F_y \\ &= 169 \times 2500 \\ &= 421295 \text{ kg.cm} = 4213,0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} Mux &< \phi Mnx \\ 1820,8 &< 0,9 \times 21021,2 \\ 1820,8 &< 1819,06 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &< \phi Mny \\ 1930,5 &< 0,9 \times 4213,0 \\ 1930,5 &< 3791,66 \text{ kg.m} \quad \longrightarrow \textit{....OK} \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Penampang Kompak* (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kuat Tekan Penampang

Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 25,00$$

$$\lambda_r = 1,49\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,49\sqrt{\frac{200000}{250}} = 43,14$$

Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{22} = 7,95$$

$$\lambda_r = 0,56\sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56\sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Cek Persyaratan Kontrol Penampang :

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} < \lambda_r$$

$$42,86 < 43,14 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_r$$

$$7,95 < 15,84 \longrightarrow \text{Penampang Non Langsing}$$

Keterangan :

- *Pelat Badan dan Sayap* (Tabel B4.1a SNI 1729:2015)

Karena Penampang Non Langsing pada maka perhitungan kuat tekan nominalnya adalah sebagai berikut :

$$K = 1 \quad (\text{Lampiran 7 Pasal 7.2 Ayat 3a SNI 1729:2015})$$

$$\text{Arah X} = \frac{KL}{i_x} = \frac{1 \times 868,97}{14,7} = 59,11$$

$$\text{Arah Y} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 868,97}{3,95} = 219,99$$

Maka, diambil $\frac{KL}{i}$ dengan nilai terbesar yaitu 219,9

Cek Tegangan Kritis (F_{cr}) :

$$\begin{aligned} \frac{KL}{i} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 219,9 &\leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ 219,9 &\geq 133,22 \longrightarrow \text{Persyaratan 2} \end{aligned}$$

Maka, nilai tegangan kritis dengan persyaratan 2 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,877 \times F_e = 0,877 \times 40,786 \\ &= 35,77 \text{ MPa} = 357,70 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dimana ,

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 8690}{39,5}\right)^2} = 40,786 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal (P_n) :

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g \\
 &= 357,7 \text{ kg/cm}^2 \times 63,1 \text{ cm}^2 = 22584,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 P_u &<& \phi P_n \\
 6175,6 &<& 0,9 \times 22584,9 \\
 6175,6 &<& 22584,9 \text{ kg} \quad \longrightarrow \text{....OK}
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Kuat Tekan Nominal* (Pasal E3 Pers. E3-1 SNI 1729: 2015)
- *Tegangan Kritis* (Bab E Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kontrol Kelangsingan Kolom :

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang kolom yaitu 200 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) &= 130 \text{ cm} \\
 L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 196,63 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Terhadap Tekuk Torsi – Lateral

$$L_b < L_p = 130 < 196,63 \longrightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= Z_x \times F_y \\
 &= 841 \times 2500 \\
 &= 2102118 \text{ kg.cm} = 21021,18 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= Z_y \times F_y \\
 &= 169 \times 2500 \\
 &= 421295 \text{ kg.cm} = 4212,95 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcll}
 M_{ux} & < & \phi M_{nx} & \\
 1820,8 & < & 0,9 \times 21021,18 & \\
 1820,8 & < & 18919,06 \text{ kg.m} & \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcll}
 M_{uy} & < & \phi M_{ny} & \\
 130,6 & < & 0,9 \times 4212,95 & \\
 130,6 & < & 3791,66 \text{ kg.m} & \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

Keterangan :

- *Bentang Pendek* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek $P-\Delta$ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

dengan,

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

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

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

a. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

M_1	= 1784,38	kg.m	P_1	= 11404,02	kg
M_2	= 1820,83	kg.m	L	= 869	cm
M_{nt}	= 1820,83	kg.m	P_{nt}	= 6175,62	kg
M_{lt}	= 1705,16	kg.m	P_{lt}	= 5228,4	kg
P_{Story}	= 6175,6	kg	Δ_h	= 28,78	mm
H	= 1229,7	kg			

Perhitungan Komponen B_1

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 13600}{(1 \times 868,97)^2}$$

$$= 355515,9 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{1784,38}{1820,83} \right) = 0,208$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{0,208}{1 - 1 \left(\frac{11404,02}{355516} \right)} \leq 1 \\
 &= 0,215 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B_2

$$\begin{aligned}
 R_m &= 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{0}{3175,62} \right) \\
 &= 1,00
 \end{aligned}$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{1230 \times 8690}{28,78} = 371235,311 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \left(\frac{175,62}{371235} \right)} \leq 1 \\
 &= 1,02 \leq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan B_2 adalah 1,02

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1,00 \times 1820,83 + 1,02 \times 1705,16 \\ &= 3554,836 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 3554,836 kg.m

b. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} M_1 &= 92,98 & \text{kg.m} & P_1 &= 11404,02 & \text{kg} \\ M_2 &= 130,56 & \text{kg.m} & L &= 869 & \text{cm} \\ M_{nt} &= 130,56 & \text{kg.m} & P_{nt} &= 6175,62 & \text{kg} \\ M_{lt} &= 265,37 & \text{kg.m} & P_{lt} &= 5228,4 & \text{kg} \\ P_{\text{Story}} &= 6175,6 & \text{kg} & \Delta_h &= 0,160 & \text{mm} \\ H &= 194,81 & \text{kg} & & & \end{array}$$

Perhitungan Komponen B_1

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 984}{(1 \times 868,97)^2} \\ &= 25722,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{92,98}{130,56} \right) = 0,315$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \left(\frac{P_1}{P_{e1}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{0,315}{1 - 1 \left(\frac{11404,02}{25723} \right)} \leq 1$$

$$= 0,566 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B_1 adalah 1,00

Perhitungan Komponen B_2

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ Story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{0}{6175,62} \right)$$

$$= 1,00$$

$$P_{e1} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 1,0 \times \frac{195 \times 8690}{0,16} = 10580252,86 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \left(\frac{P_{\text{Story}}}{P_{e \text{ Story}}} \right)} \leq 1$$

$$= \frac{1}{1 - 1 \left(\frac{6175,62}{10580253} \right)} \leq 1$$

$$= 1,001 \leq 1$$

Sehingga, digunakan B_2 adalah 1,001

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$M_{uy} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,00 \times 130,56 + 1,001 \times 265,37 \\
 &= 396,08 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 396,08 kg.m

c. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari SAP serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{nt} &= 6175,62 \text{ kg.m} & B_2 &= 1,017 \text{ kg} \\
 P_{lt} &= 5228,4 \text{ kg.m} \\
 P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\
 &= 6175,62 + 1,017 \times 5228,4 = 11492,47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 3554,84 \text{ kg.m} & P_n &= 22584,92 \text{ kg} \\
 M_{uy} &= 396,08 \text{ kg.m} & P_r &= 11492,47 \text{ kg} \\
 M_{nx} &= 21021,18 \text{ kg.m} & M_{ny} &= 4213,0 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Maka, Persamaan Interaksinya adalah :

$$\phi P_n = 0,85 \times 22584,92 = 20326,4 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{11492,5}{20326,4} = 0,565 > 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan *interaksi 1* dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{1492,5}{20326,4} + \frac{8}{9} \left(\frac{3554,84}{21021,18} + \frac{396,08}{4213,0} \right) \leq 1,0$$

$$0,83 \leq 1,0 \dots OK$$

Keterangan :

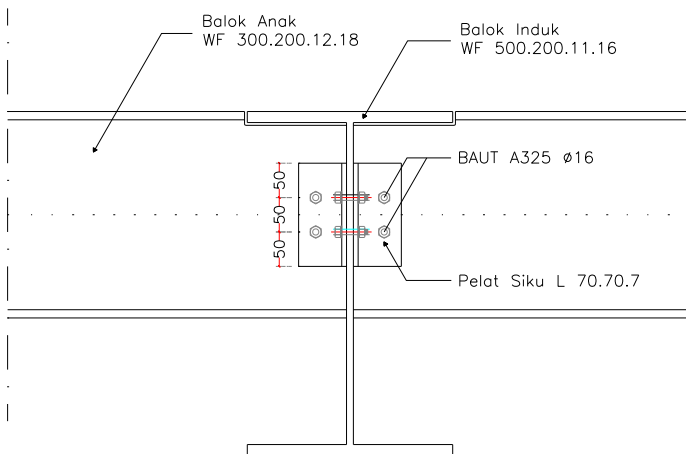
- *Pers. Interaksi Aksial Lentur* (Pasal 7.4.3.3 SNI 03-1729-2002)

6.2 Perencanaan Sambungan

6.2.1 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Perencanaan sambungan antara balok anak dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak terbesar pada sambungan lantai parkir sebesar $V_u = 9012,06$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.22 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

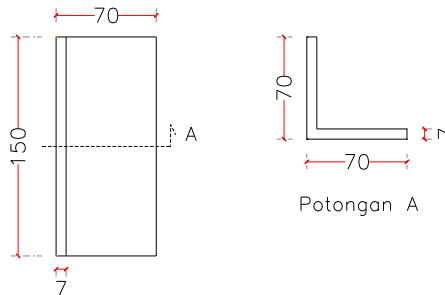
$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 2 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Pelat Siku (70 x 70 x 7)



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

$$P_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan siku dengan balok anak

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{9012,06}{8265,6} = 1,109, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau 200 mm} \\ 3.16 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 7 & \text{atau 200 mm} \\ 24 & \leq & 50 & \leq & 105 & \text{atau 200 mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$\begin{array}{rcll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 & \text{atau 200 mm} \\ 1,5 \cdot 16 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 7 + 100 & \text{atau 200 mm} \\ 48 & \leq & 50 & \leq & 205 & \text{atau 200 mm} \end{array}$$

- b. Sambungan siku dengan balok induk

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times \text{db} \times \text{tp} \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{9012,06}{8265,6} = 1,109, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau 200 mm} \\ 3.16 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 7 & \text{atau 200 mm} \\ 24 & \leq & 50 & \leq & 105 & \text{atau 200 mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5.16 \leq 50 \leq 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

c. Kontrol siku penyambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 15 \times 0,7 = 10,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 7 \\ &= 15750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 9012,06 &< 15750 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

- Kontrol patah (geser block)

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 18 \text{ mm} \\ &= 1,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \emptyset_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (15 - 2 \times 1,8) \times 0,7 \\ &= 7,98 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,98 \\ &= 14723,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 9012,06 &< 14723,1 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Keterangan :

- Lubang Bor dengan Baut = 2 mm (Pasal 17.3.6 SNI 03-1729-2002)

6.2.2 Sambungan Balok Utama Tangga – Balok Penumpu Tangga

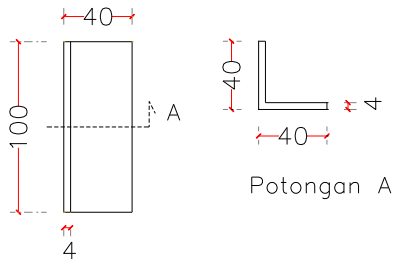
Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 2373,78$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :

Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)
 - $f_u^b = 825$ MPa = 8250 kg/cm²
 - \varnothing baut = 12 mm = 1,2 cm
 - $A_b = 2,011$ cm²
 - $r_1 = 0,5$ *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002
 - $m = 1$ *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002

- Pelat Siku (40 x 40 x 4)



- $t_p = 4$ mm
- $P_{\text{pelat}} = 10$ cm

Perhitungan Sambungan :

a. Sambungan siku dengan balok utama tangga

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1,2 \times 0.4 \times 4100 \\ &= 3542,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{2373,78}{3498,95} = 0,68, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq S & \leq & 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.12 & \leq 50 & \leq & 15 \cdot 4 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 36 & \leq 50 & \leq & 60 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{array}{rcll} 1,5 \text{ db} & \leq S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.12 & \leq 25 & \leq & 15.4 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 18 & \leq 25 & \leq & 105 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

b. Sambungan balok penumpu tangga dengan siku

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\emptyset.Rn = \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 0.4 \times 4100$$

$$= 3542,4 \text{ kg}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{2373,78}{3498,95} = 0,68, \text{ dipasang 2 buah}$$

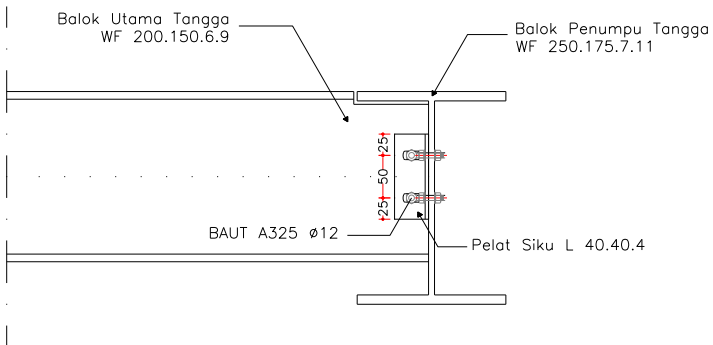
- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

3 db	\leq	S	\leq	15 tp	atau	200 mm
3.12	\leq	50	\leq	15 . 4	atau	200 mm
36	\leq	50	\leq	60	atau	200 mm

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

1,5 db	\leq	S_1	\leq	15 tp + 100	atau	200 mm
1,5.12	\leq	25	\leq	15.4 + 100	atau	200 mm
18	\leq	25	\leq	105	atau	200 mm



Gambar 6.23 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

c. Kontrol siku penyambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 10 \times 0,4 = 4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 4 \\ &= 9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 2373,78 &< 9000 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

- Kontrol patah

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} \\ &= 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \emptyset_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (10 - 2 \times 1,4) \times 0,4 = 2,88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 2,88 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 2373,78 &< 5313,6 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Keterangan :

- Lubang Bor dengan Baut = 2 mm (Pasal 17.3.6 SNI 03-1729-2002)

6.2.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga – 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 $V_u = 2988,7$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

Data Perencanaan :

- Sambungan Baut

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

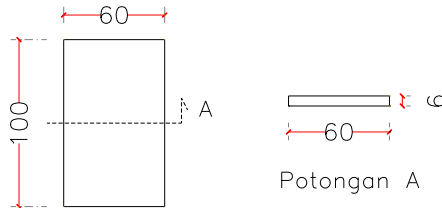
$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm}$$

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad \text{*Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 2 \quad \text{*Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Pelat Sambung



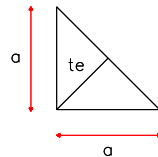
$$t_p = 6 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 10 \text{ cm}$$

- Sambungan Las

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l_w = 100 \text{ mm}$$



Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)

a. Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t && (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &\leq \frac{4100}{2500} \times 2,5 \\
 &\leq 4,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai $t_p = 0,6 \text{ cm}$

b. Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\
 &= 3498,95 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !})
 \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\
 &= 5313,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{2373,78}{3498,95} = 0,68, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl}
 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 3.12 & \leq & 50 & \leq & 15 \cdot 4 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 36 & \leq & 50 & \leq & 60 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}
 \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 1,5.12 & \leq & 25 & \leq & 15.4 + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\
 18 & \leq & 25 & \leq & 105 \quad \text{atau } 200 \text{ mm}
 \end{array}$$

c. Sambungan pelat sambung dengan kolom,
Tegangan Putus Las $F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$

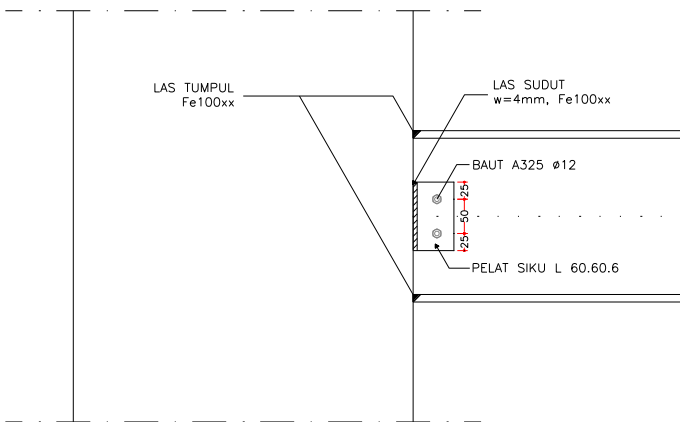
$$\begin{aligned} A_w &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 2,83 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 2,83 \\ &= 8946,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 2373,78 &< 8946,38 \text{ kg} \rightarrow \dots OK \end{aligned}$$



Gambar 6.24 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

d. Kontrol plat penyambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 10 \times 0,6 = 6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 6 \\ &= 13500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 2373,78 &< 13500 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

- Kontrol patah

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \emptyset_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (10 - 2 \times 1,4) \times 0,6 \\ &= 4,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times 0,6 \times f_y \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,32 \\ &= 7970,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

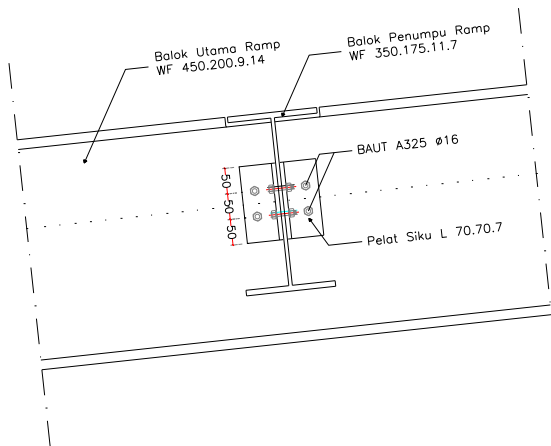
Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 2373,78 &< 7970,4 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

6.2.4 Sambungan Balok Penumpu Ramp – Balok Utama Ramp

Perencanaan sambungan antara balok penumpu ramp dan balok utama ramp direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok penumpu ramp, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu ramp sebesar $V_u = 11581,63$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan perhtiungan sebagai berikut :



Gambar 6.25 Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Balok Utama Ramp

Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

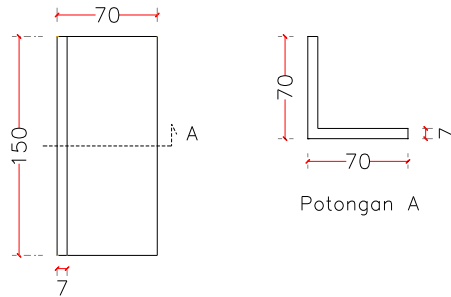
$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002$$

$$m = 2 \quad *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002$$

- Pelat Siku (70 x 70 x 7)



$$\begin{aligned} tp &= 7 \quad \text{mm} \\ P_{\text{pelat}} &= 15 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan siku dengan balok penumpu ramp

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{11581,63}{8265,6} = 1,4, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

3 db	≤	S	≤	15 tp	atau	200 mm
3.16	≤	50	≤	15 . 7	atau	200 mm
24	≤	50	≤	105	atau	200 mm

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5.16 \leq 50 \leq 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 205 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

b. Sambungan siku dengan balok utama ramp

- Kuat geser baut

$$\emptyset.Vn = \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01$$

$$= 12440,71 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\emptyset.Rn = \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.7 \times 4100$$

$$= 8265,6 \text{ kg (menentukan !)}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{8265,6}{8265,6} = 1,4, \text{ dipasang } 2 \text{ buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3.16 \leq 50 \leq 15.7 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$24 \leq 50 \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5.16 \leq 50 \leq 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

c. Kontrol siku penyambung

- Kontrol leleh

$$Ag = P_{\text{pelat}} \times tp$$

$$= 15 \times 0,7 = 10,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset T_n &= \emptyset \times f_y \times A_g \\
 &= 0.9 \times 2500 \times 10,5 \\
 &= 23625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \emptyset T_n \\
 11581,63 &< 23625 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{aligned}$$

- Kontrol patah (geser block)

$$\begin{aligned}
 \emptyset_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\
 &= 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \emptyset_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\
 &= (15 - 2 \times 1,8) \times 0,7 \\
 &= 7,98 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset T_n &= 0.75 \times 0.6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 7,98 \\
 &= 14723,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

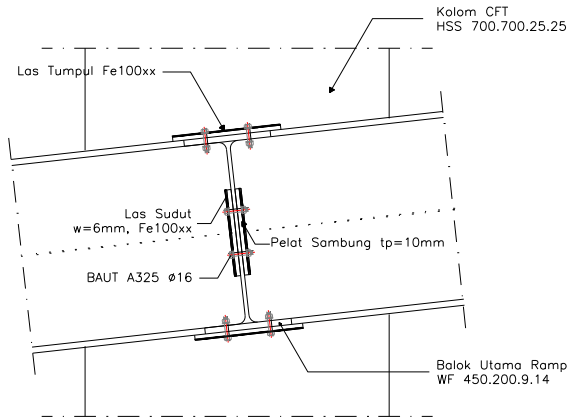
$$\begin{aligned}
 V_u &< \emptyset T_n \\
 11581,63 &< 14723,1 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Lubang Bor dengan Baut = 2 mm (Pasal 17.3.6 SNI 03-1729-2002)*

6.2.5 Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom

Perencanaan sambungan antara balok utama ramp, Penumpu ramp dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok penumpu ramp. Sambungan ini direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.26 Sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam di dapatkan dari Output SAP 2000, dimana sambungan direncanakan berdasarkan sambungan Balok Utama Ramp dengan Kolom :

$$M_u = 18540,99 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 21669,58 \text{ kg}$$

$$T_u = \frac{M_u}{d} = \frac{18450,99}{0,45} = 41002,2 \text{ kg}$$

Perhitungan Sambungan :

a. Sambungan Baut

Direncanakan sambungan baut mutu A325 dengan data sebagai berikut :

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Ab &= 2,011 \text{ cm}^2 \\ r_1 &= 0,5 \quad *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002 \\ m &= 2 \quad *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tp &= 1,0 \text{ cm} \\ P_{\text{pelat}} &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 1,0 \times 4100 \\ &= 11808,0 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Maka kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 11808,0 kg

Jumlah Sambungan

- Bagian Badan

$$Vu = 21669,58 \text{ kg}$$

$$n = \frac{21669,58}{11808} = 1,84 \text{ dipasang 2 buah}$$

- Bagian Sayap

$$Tu = 21669,58 \text{ kg}$$

$$n = \frac{41002}{11808} = 3,5 \text{ dipasang 4 buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{aligned} 3 \text{ db} &\leq S \leq 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3.16 &\leq 100 \leq 15 \cdot 7 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$24 \leq 100 \leq 105 \quad \text{atau} \quad 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$\begin{array}{l} 1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau} \quad 200 \text{ mm} \\ 1,5.16 \leq 50 \leq 15.7 + 100 \quad \text{atau} \quad 200 \text{ mm} \\ 48 \leq 50 \leq 105 \quad \text{atau} \quad 200 \text{ mm} \end{array}$$

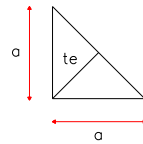
b. Sambungan Las

Direncanakan sambungan las dengan mutu las sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$a = 4,0 \text{ mm}$$



Las Sudut (Bagian Badan)

Panjang las sudut (l_w) pada bagian badan direncanakan sama dengan panjang pelat ($P_{\text{pelat}} = 200 \text{ mm}$)

$$\begin{aligned} A_w &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.4) \times 200 \\ &= 11,31 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 11,31 \\ &= 47714 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{l} V_u < \emptyset R_n \\ 21669,58 < 47714 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{array}$$

Las Tumpul (Bagian Sayap)

Panjang las pada bagian sayap direncanakan dengan panjang las ($l_w = 250 \text{ mm}$), dengan tebal las ($t_e = 1,0 \text{ cm}$)

$$\begin{aligned}
 A_w &= t_e \times I_{we} \\
 &= 10 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \\
 &= 25,0 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 25 \\
 &= 79087,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \emptyset R_n \\
 21669,58 &< 79087,5 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\emptyset R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\emptyset R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{21669,6}{35785,51} \right)^2 + \left(\frac{41002,2}{79087,5} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,36 \leq 1,0 \dots OK!$$

c. Kontrol Pelat Sambung

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t && (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &\leq \frac{4100}{2500} \times 2,5 \\
 &\leq 4,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka tebal pelat (t_p) = 1,0 cm dapat digunakan.

Kontrol Leleh

$$A_g = t_p \times P_{\text{pelat}}$$

$$= 1,0 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 20 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm}^2 \\ &= 45000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 21669,58 &< 45000 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\ &= (L - n \times \emptyset_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\ &= (20 - 2 \times 1,8) \times 1,0 \\ &= 16,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,98 \\ &= 14723,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

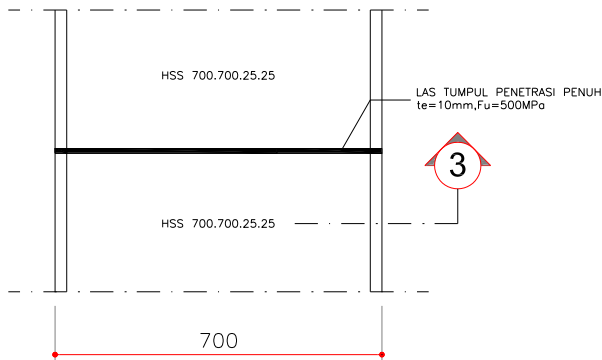
Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \emptyset T_n \\ 11581,63 &< 14723,1 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

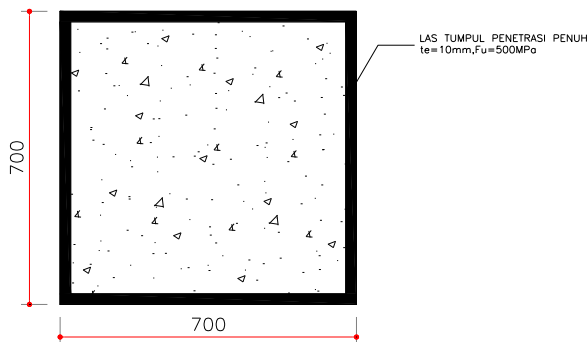
6.2.6 Sambungan Kolom – Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dimana sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.27 Sambungan Kolom dengan Kolom



Gambar 6.28 Potongan 3 Sambungan Kolom – Kolom

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_u &= 3767,35 \quad \text{kg.m} \\ V_u &= 12091,46 \quad \text{kg} \\ P_u &= 892569,8 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{3767,35}{0,7} + 892569,8 = 897951,7 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom
Direncanakan ekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Putus Las } F_u &= 5000 \quad \text{kg/cm}^2 \\ \text{Tebal las (te)} &= 1,0 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_w &= d_c \times 4 \\ &= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= te \times l_{we} \\ &= 1,0 \times 280 \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\ &= 0,8 \times 5000 \times 280 \\ &= 1120000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

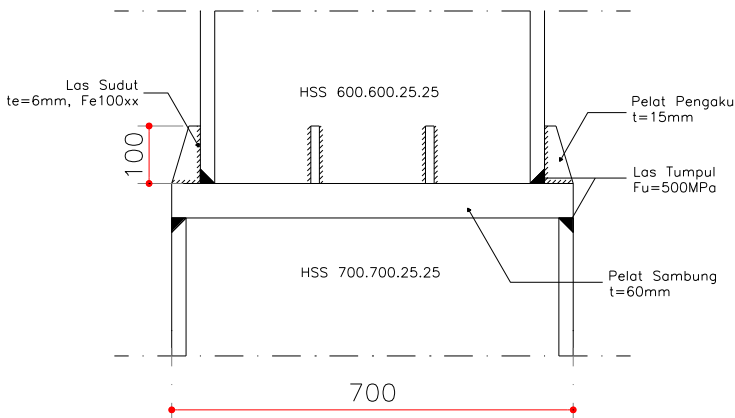
$$\left(\frac{2091,46}{1120000} \right)^2 + \left(\frac{897951,7}{1120000} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,64 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK!}$$

6.2.7 Sambungan Kolom – Kolom Beda Dimensi

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sebagai penyambung antar kolomnya.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.29 Sambungan kolom dengan kolom beda dimensi

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 3767,35 && \text{kg.m} \\ \text{Vu} &= 12091,46 && \text{kg} \\ \text{Pu} &= 717502 && \text{kg} \end{aligned}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$\begin{aligned} \text{Tu} &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{3823,67}{0,6} + 717502 = 723874,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom
Direncanakan ekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Putus Las } F_u &= 5000 && \text{kg/cm}^2 \\ \text{Tebal las (te)} &= 1,0 && \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_w &= d_c \times 4 \\ &= 60 \text{ cm} \times 4 = 240 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= te \times l_{we} \\ &= 1,0 \times 240 \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\ &= 0,8 \times 5000 \times 240 \\ &= 960000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{3823,67}{960000} \right)^2 + \left(\frac{723874,8}{960000} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,56 \leq 1,0 \quad \dots OK$$

Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned} f_{p\max} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \\ &= 16,58 \text{ MPa} = 165,75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi kolom CFT*

Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{717502}{70 \times 70} = 146,43 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} f_p & \leq & f_{p\max} \\ 146,43 & \leq & 165,75 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \dots OK \end{array}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 146,43 \times 15,0^2 \\ &= 16473,26 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai 1 diambil terbesar dari m, n, dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{70 - 0,95 \cdot 60}{2} = 6,5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = \frac{70 - 0,8 \cdot 60}{2} = 11 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \cdot bf} = \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{60 \times 60} = 15 \text{ cm}$$

Keterangan :

- λ = diambil konservatif adalah 1

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_p \leq \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}}$$

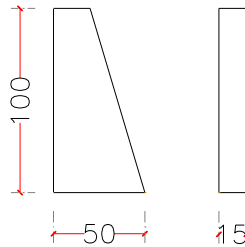
$$t_p \leq \sqrt{\frac{4 \times 16473,26}{0,9 \times 2500}} = 5,4 \text{ cm}$$

sehingga tepal pelat landas (t_p) direncanakan sebesar 60 mm atau 6 cm

Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :



$$t_p = 15 \quad \text{mm} \quad P_{\text{pelat}} = 100 \quad \text{cm}$$

Persyaratan 1

$$\begin{aligned} t_s &\geq 0,5 t_f \\ t_s &\geq 0,5 \times 15 \\ 15 &\geq 12,5 \quad \text{mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Persyaratan 2

$$\begin{aligned} \frac{b_s}{t_s} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{100}{15} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 6,67 &\leq 15,8 \quad \text{mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

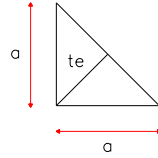
- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$lw = 150 \text{ mm}$$



Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 8,48 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 8,48 \\ &= 35785,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

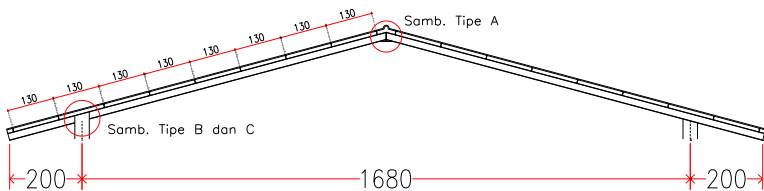
$$\begin{aligned} V_u &< \phi R_n \\ 2487,2 &< 26839,3 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

6.2.8 Sambungan Kuda – Kuda

Pada struktur kuda-kuda dengan rangka kaku ini menggunakan sambungan baut dan sambungan las dan pada perhitungan akan ditinjau dari dua macam sambungan yaitu :

1. Sambungan antar kuda – kuda
2. Sambungan antar kuda – kuda dengan kolom

Dari dua macam jenis sambungan itu maka dapat direncanakan sebagai berikut :



Gambar 6.30 Sambungan Kuda – Kuda yang akan ditinjau perhitungannya

6.2.8.1 Sambungan Antar Kuda – Kuda

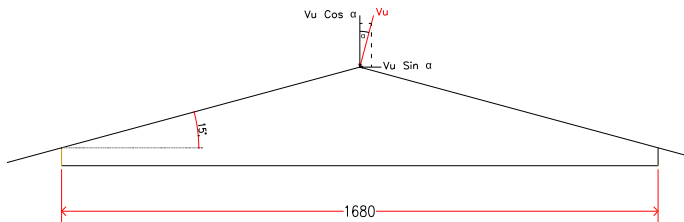
Pada sambungan antar kuda-kuda gaya dalam yang terjadi diperoleh hasil dengan menggunakan program bantu SAP2000v14 sebagai berikut :

$$P_u = 4577,31 \text{ kg} \qquad M_u = 1784,38 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1461,21 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sambungannya terlebih dahulu gaya dari hasil output SAP2000v14 pada sambungan yang ditinjau diuraikan arah resultan gayanya :

Gaya Geser (V_u)

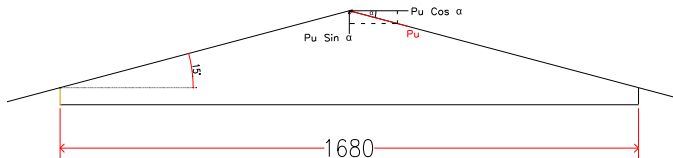


$$V_u = 1461,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= V_u \sin 15^\circ \\ &= 1461,21 \times \sin 15^\circ = 378,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_y} &= V_u \cos 15^\circ \\ &= 1461,21 \times \cos 15^\circ = 1411,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya Aksial (P_u)



$$P_u = 4577,31 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_{u_x} &= P_u \sin 15^\circ \\ &= 4577,31 \times \sin 15^\circ = 1184,695 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u_y} &= P_u \cos 15^\circ \\ &= 4577,31 \times \cos 15^\circ = 4421,342 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u \text{ Max}} &= V_{uy} + V_{ux} \\ &= 1411,42 + 4421,342 = 5832,762 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ Max}} &= P_{uy} + P_{ux} \\ &= 378,19 + 1184,695 = 1562,884 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Sambungan Baut

Direncanakan sambungan baut mutu A325 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ \varnothing \text{ baut} &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\ A_b &= 2,011 \text{ cm}^2 \\ r_1 &= 0,5 \quad *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002 \\ m &= 1 \quad *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002 \\ \\ t_p &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat Tumpu Baut

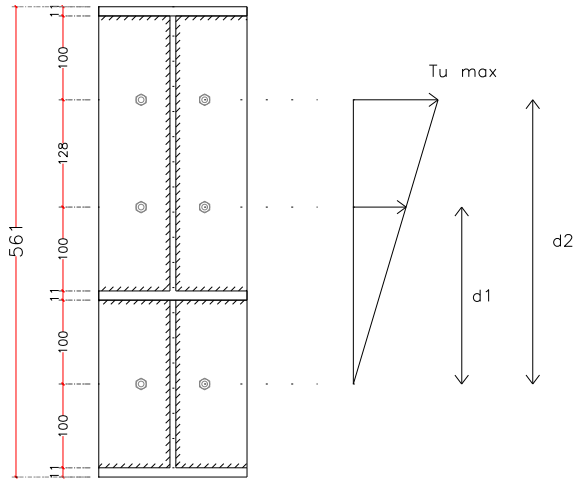
$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 6199,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 3498,95 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{5832,76}{3498,95} = 1,67 \approx 2 \text{ buah}$$

maka, direncanakan baut dengan jumlah 6 buah seperti pada gambar 6.31



Gambar 6.31 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda

Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$\begin{aligned} T_d &= \varnothing \times f_{ub} \times A_b \\ &= 0,75 \times 8250 \times 1,131 = 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{u_{\max}} &= \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} + T_u \\ &= \frac{1784,38 \times 339}{128^2 + 211^2} + 1562,88 = 2556,078 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} T_d &> T_u / n \\ 2487,2 &> 2556,078 / 6 \\ 2487,2 &> 426,013 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Kontrol Akibat Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{3498,95}{20993,69} \right)^2 + \left(\frac{426,01}{6997,9} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,08 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK}$$

Jarak Pemasangan BautJarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{l} 3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp} \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3.12 \leq 128 \leq 15 \cdot 7 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 24 \leq 128 \leq 105 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{array}{l} 1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5 \cdot 12 \leq 100 \leq 15 \cdot 7 + 100 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 48 \leq 100 \leq 205 \quad \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Kontrol Leleh

$$\begin{aligned} A_g &= t_p \times P_{\text{pelat}} \\ &= 0,7 \text{ cm} \times 56,1 \text{ cm} = 39,3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 39,3 \text{ cm}^2 \\ &= 88357,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 5832,76 &< 88357,35 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \text{ (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\
 &= (L - n \times \varnothing_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\
 &= (56,1 - 2 \times 1,4) \times 0,7 \\
 &= 33,39 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 33,39 \\
 &= 102674,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \varnothing T_n \\
 5832,76 &< 102674,3 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Sambungan Las

Pada Sambungan Las, profil di las pada end plate dan disambungkan menggunakan sambungan las sehingga perhitungan yang direncanakan berdasarkan geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

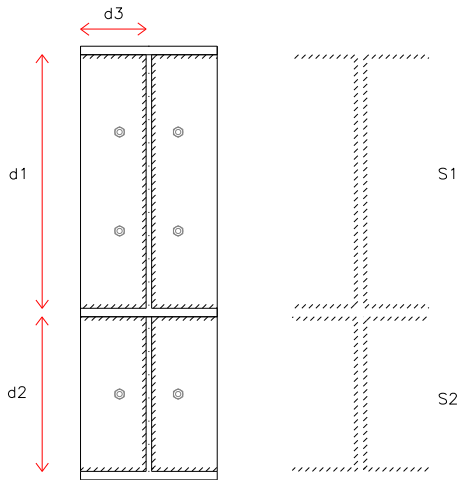
$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} &= 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 a &= 4,0 \text{ mm} \quad , \quad l_w = 178,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dimana perhitungan panjang las (l_w) didapatkan seperti pada Gambar 6.32

$$\begin{aligned}
 l_w &= 2 d_1 + 2 d_2 + 8 d_3 \\
 &= (2 \times 32,8) + (2 \times 20) + (8 \times 8,4) \\
 &= 172,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_e &= 0,707 \times a \\
 &= 0,707 \times 0,5 \text{ cm} = 0,35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 6.32 Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times t_e \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 0,35 \\
 &= 1863,8 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Geser Sentris pada Las

$$f_v = \frac{V_u}{l_w} = \frac{5832,76}{172,8} = 33,75 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl}
 f_v & < & \phi T_n \\
 33,75 & < & 1863,8 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK
 \end{array}$$

Geser Lentur pada Las

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{1784,38}{172,8} = 33,75 \text{ kg/cm}$$

dimana perhitungan *Section Modulus* sambungan las dihitung sebagai berikut :

$$S_1' = b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 32,8 \times \frac{32,8^2}{6}$$

$$= 454,8 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 2 \times 454,8 = 909,7 \text{ cm}^2$$

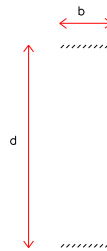
$$S_2' = b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 20 \times \frac{20^2}{6}$$

$$= 234,67 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 234,67 = 469,3 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{total}} = S_1 + S_2$$

$$= 909,7 + 469,3 = 1378,99 \text{ cm}^2$$



c. Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{1,29^2 + 33,75^2}$$

$$= 33,78 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$f_{\text{total}} < \phi R_n$$

$$33,78 < 0,75 \times f_n \times t_e$$

$$33,78 < 0,75 \times 4218 \times 0,35$$

$$33,78 < 1118,3 \text{ kg/cm} \longrightarrow \dots OK$$

6.2.8.2 Sambungan Antar Kuda – Kuda dengan Kolom

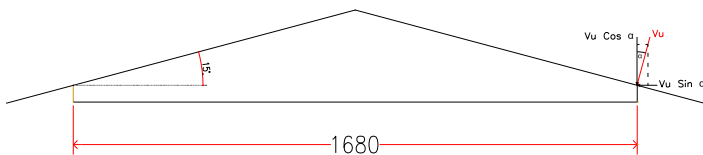
Pada sambungan antar kuda-kuda gaya dalam yang terjadi diperoleh hasil dengan menggunakan program bantu SAP2000v14 sebagai berikut :

$$P_u = 6175,62 \text{ kg} \qquad \qquad \qquad M_u = 1280,84 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1820,83 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sambungannya terlebih dahulu gaya dari hasil output SAP2000v14 pada sambungan yang ditinjau diuraikan arah resultan gayanya :

Gaya Geser (V_u)

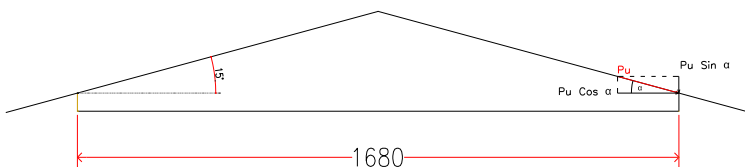


$$V_u = 1280,84 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= V_u \sin 15^\circ \\ &= 1280,84 \times \sin 15^\circ = 331,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_y} &= V_u \cos 15^\circ \\ &= 1280,84 \times \cos 15^\circ = 1237,196 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya Aksial (P_u)



$$\begin{aligned}
 P_u &= 6175,62 \text{ kg} \\
 P_{u_x} &= P_u \sin 15^\circ \\
 &= 6175,62 \times \sin 15^\circ = 1598,368 \text{ kg} \\
 P_{u_y} &= P_u \cos 15^\circ \\
 &= 6175,62 \times \cos 15^\circ = 5965,191 \text{ kg} \\
 V_{u_{\text{Max}}} &= V_{uy} + V_{ux} \\
 &= 1237,62 + 5965,191 = 7202,81 \text{ kg} \\
 P_{u_{\text{Max}}} &= P_{uy} + P_{ux} \\
 &= 331,506 + 1598,37 = 1929,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

a. Perhitungan Sambungan Baut

Direncanakan sambungan baut mutu A325 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\
 \varnothing \text{ baut} &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\
 A_b &= 2,011 \text{ cm}^2 \\
 r_1 &= 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\
 m &= 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002} \\
 t_p &= 7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 \\
 &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)}
 \end{aligned}$$

Kuat Tumpu Baut

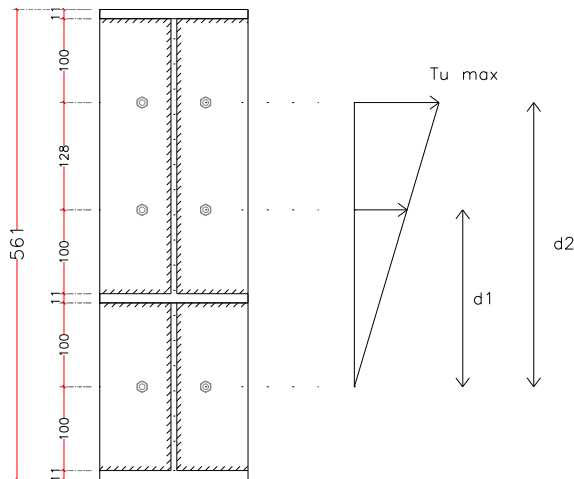
$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\
 &= 6199,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 3498,95 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{5832,76}{3498,95} = 2,06 \approx 3 \text{ buah}$$

maka, direncanakan baut dengan jumlah 6 buah seperti pada gambar 6.31



Gambar 6.33 Rencana Sambungan Baut antar Kuda – Kuda

Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \times f_{ub} \times A_b \\ &= 0,75 \times 8250 \times 1,131 = 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_{u_{\max}} = \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} + T_u$$

$$= \frac{1820,83 \times 339}{128^2 + 211^2} + 1929,87 = 2943,36 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} T_d &> T_u / n \\ 6997,9 &> 2943,36 / 6 \\ 6997,9 &> 490,6 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

Kontrol Akibat Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{7202,39}{20993,69} \right)^2 + \left(\frac{490,6}{6997,9} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0 \dots OK$$

Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{aligned} 3 \text{ db} &\leq S \leq 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.12 &\leq 128 \leq 15 \cdot 7 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 24 &\leq 128 \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{aligned} 1,5 \text{ db} &\leq S_1 \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.12 &\leq 100 \leq 15.7 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 48 &\leq 100 \leq 205 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Leleh

$$\begin{aligned} A_g &= t_p \times P_{\text{pelat}} \\ &= 0,7 \text{ cm} \times 56,1 \text{ cm} = 39,3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 39,3 \text{ cm}^2 \\ &= 88357,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi T_n$$

$$7202,39 < 88357,35 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK$$

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\ &= (L - n \times \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_p \\ &= (56,1 - 2 \times 1,4) \times 0,7 \\ &= 33,39 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 33,39 \\ &= 102674,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi T_n$$

$$7202,39 < 102674,3 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK$$

b. Perhitungan Sambungan Las

Pada Sambungan Las, profil di las pada end plate dan disambungkan menggunakan sambungan las sehingga perhitungan yang direncanakan berdasarkan geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

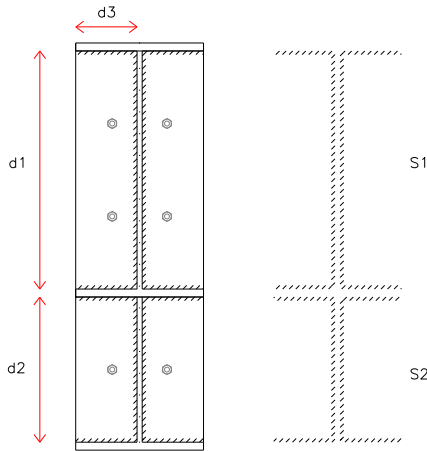
$$\begin{aligned} \text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} &= 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ a &= 4,0 \text{ mm} \quad , \quad l_w = 178,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana perhitungan panjang las (l_w) didapatkan seperti pada Gambar 6.32

$$\begin{aligned} l_w &= 2 d_1 + 2 d_2 + 8 d_3 \\ &= (2 \times 32,8) + (2 \times 20) + (8 \times 8,4) \\ &= 172,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} te &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 0,5 \text{ cm} = 0,35 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 6.34 Rencana Sambungan Las antar Kuda – Kuda

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times te \\ &= 0,75 \times 4218 \times 0,35 \\ &= 1863,8 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Geser Sentris pada Las

$$f_v = \frac{V_u}{l_w} = \frac{7202,39}{172,8} = 41,68 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$f_v < \phi T_n$$

$$41,68 < 1863,8 \text{ kg} \longrightarrow \dots OK$$

Geser Lentur pada Las

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{1820,83}{1378,99} = 1,32 \text{ kg/cm}$$

dimana perhitungan *Section Modulus* sambungan las dihitung sebagai berikut :

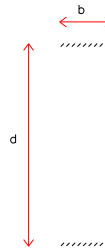
$$S_1' = b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 32,8 \times \frac{32,8^2}{6} \\ = 454,8 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 2 \times 454,8 = 909,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = b \times d \times \frac{d^2}{6} = 8,4 \times 20 \times \frac{20^2}{6} \\ = 234,67 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 234,67 = 469,3 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{total}} = S_1 + S_2 \\ = 909,7 + 469,3 = 1378,99 \text{ cm}^2$$



c. Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{1,32^2 + 41,68^2} \\ = 41,7 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

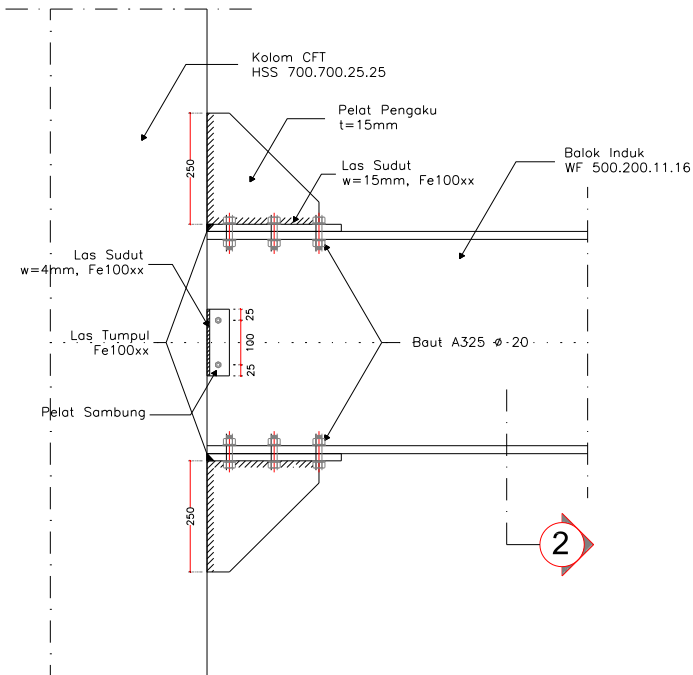
$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &< \phi R_n \\ 41,7 &< 0,75 \times f_n \times t_e \\ 41,7 &< 0,75 \times 4218 \times 0,35 \\ 41,7 &< 1118,3 \text{ kg/cm} \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

6.2.9 Sambungan Balok Induk – Kolom

Sambungan menghubungkan balok induk dengan kolom komposit CFT dengan mutu inti beton = 30 MPa. Sambungan direncanakan menjadi 2 jenis sambungan yaitu :

- a. Sambungan Pen Tipe Geser
- b. Sambungan Rigid dengan las dan baut

Sambungan balok induk dengan kolom dapat direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 6.35 Sambungan Balok dengan Kolom

a. Sambungan Pen Tipe Geser

Sambungan Pen Tipe Geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok sendiri dan beban pekerja (PL=100k kg) saat proses pengelasan, berikut perhitungannya :

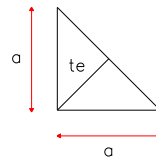
Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$\begin{aligned} f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ \varnothing \text{ baut} &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\ A_b &= 1,131 \text{ cm}^2 \\ r_1 &= 0,5 \quad *Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002 \\ m &= 1 \quad *Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002 \end{aligned}$$

- Sambungan Las

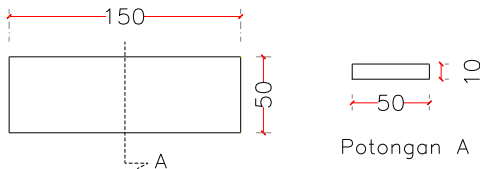
$$\begin{aligned} a &= 4 \text{ mm} \\ l_w &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$



Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)

- Pelat Sambung



$$t_p = 10 \text{ mm} \quad P_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm}$$

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$V_D = (90 \times 8,0)/2 = 358,8 \text{ kg}$$

$$V_L = 100/2 = 50 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1.2D + 1.6L \\
 &= 1,2 \times 223.1 + 1,6 \times 50 \\
 &= 510,56 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan balok induk dengan pelat sambung

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 2,01 \\
 &= 4665,27 \text{ kg (menentukan !)}
 \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= \emptyset \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 1.0 \times 4100 \\
 &= 8856,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{510,56}{8265,6} = 0,15, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rclcl}
 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau 200 mm} \\
 3.12 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 7 & \text{atau 200 mm} \\
 36 & \leq & 100 & \leq & 105 & \text{atau 200 mm}
 \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 & \text{atau 200 mm} \\
 1,5.12 & \leq & 25 & \leq & 15.7 + 100 & \text{atau 200 mm} \\
 18 & \leq & 525 & \leq & 205 & \text{atau 200 mm}
 \end{array}$$

- Sambungan kolom dengan pelat sambung

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = (0.707 \times w) \times l_{we}$$

$$\begin{aligned}
 &= (0.707 \times 0.4) \times 15 \\
 &= 4,24 \text{ cm}^2 \\
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 4,24 \\
 &= 13419,57 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi T_n \\
 2373,78 &< 8946,38 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{aligned}$$

• Kontrol pelat sambung

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned}
 A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\
 &= 15 \times 1,0 = 15 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\
 &= 0,9 \times 2500 \times 15 \\
 &= 33750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi T_n \\
 510,56 &< 33750 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{aligned}$$

- Kontrol patah

$$\begin{aligned}
 \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\
 &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\
 &= (15 - 2 \times 1,2) \times 1,0 \\
 &= 12,6 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset T_n &= \emptyset \times 0,6 \times f_y \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 12,6 \\
 &= 23247 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \emptyset T_n \\
 510,56 &< 23247 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK
 \end{aligned}$$

b. Sambungan rigid dengan las dan baut

Sambungan rigid dipasang sebagai penumpu beban bangunan, dengan sambungan las dan baut sebagai penumpunya. Perhitungannya direncanakan sebagai berikut :

Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 29840,5 \text{ kg.m} \quad V_u = 11625,36 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sendi plastis terjadi di bagian bentang balok (jauh dari sambungan), berdasarkan Pasal 15.7.2.3 SNI 03-1729-2002 Kuas Geser Perlu Terfaktor (V_u) harus ditentukan berdasarkan kuat geser akibat beban kombinasi ditambah dengan gaya geser yang dihasilkan dari momen lentur sebesar 1,1 R_y f_y Z dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_u \text{ Kombinasi} = 11625,36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 Mu' &= 1,1 \times R_y \times f_y \times Z_x \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 2096 \\
 &= 8647485 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu' &= Mu' / L \\
 &= 8647485 / 800 = 10809,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } V_u \text{ Total} &= V_u \text{ Kombinasi} + V_u' \\
 &= 11625,36 \text{ kg} + 10809,36 \text{ kg} \\
 &= 22434,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- $R_y = 1,5$ untuk BJ 41 (Pasal 15.5.2 SNI 03-1729-2002)
- $Z_x =$ Modulus plastis Balok Induk
- $L =$ Bentang Balok Induk yang ditinjau

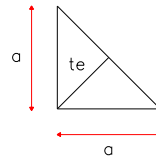
Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$\begin{aligned}
 f_u^b &= 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\
 \varnothing \text{ baut} &= 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm} \\
 A_b &= 3,142 \text{ cm}^2 \\
 r_1 &= 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002} \\
 m &= 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}
 \end{aligned}$$

- Sambungan Las

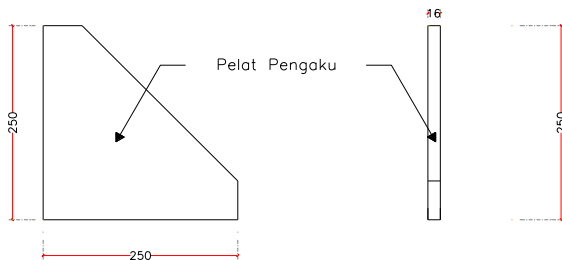
$$\begin{aligned}
 a &= 15 \text{ mm} \\
 l_w &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)

- Pelat Pengaku



$$t_p = 16 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 250 \text{ cm}$$

Perhitungan Sambungan :

- Perhitungan Pelat Pengaku

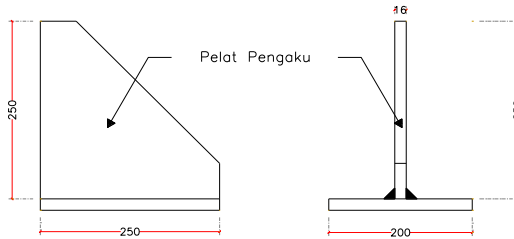
Dimensi pelat pengaku direncanakan dengan ketentuan berdasarkan Pasal 8.11.3 SNI 03-1727-2002. Pelat direncanakan dengan dimensi seperti berikut :

$$b_s = 250 \text{ mm}$$

**lebar pengaku*

$$t_s = 16 \text{ mm}$$

**tebal pengaku*



Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 16$$

$$16 \geq 8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{250}{16} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$15,6 \leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

- Perhitungan Sambungan Baut

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 9719,3 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1,6 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

- $Tu = \frac{Mu}{d_b} = \frac{29840,5}{0,5} = 59681 \text{ kg}$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{59681,0}{9719,3} = 6,1, \text{ dipasang 6 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3.20 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 16 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 60 & \leq & 100 & \leq & 240 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$\begin{array}{rcll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq & 15.16 + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq & 340 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

- Perhitungan Sambungan Las

Karena pada sambungan terdapat momen, las pada sayap balok induk bagian atas dan pelat pengaku di rencanakan menerima geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_w &= 4 \times d_1 + 2 \times d_2 \\
 &= 4 \times 25 + 2 \times 20 \\
 &= 140 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Las Sudut

$$\begin{aligned}
 te &= 2 \times 0,707 \times a \\
 &= 2 \times 0,707 \times 1,5 = 2,212 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times te \\
 &= 4218 \times 2,212 = 8946,4 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Las Tumpul

$$te = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times te \\
 &= 4218 \times 1,0 = 4218,0 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

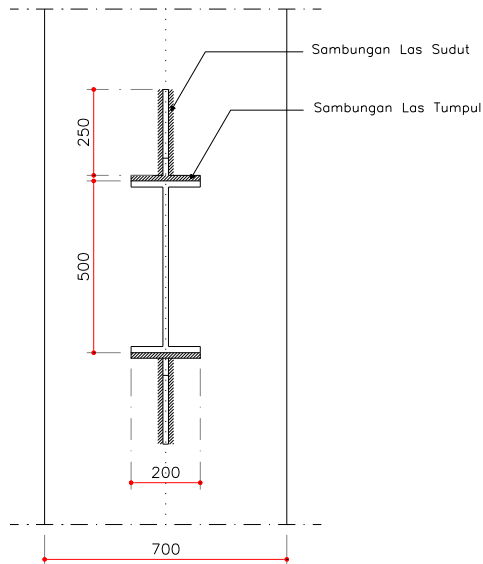
$$\begin{aligned}
 Rn_{total} &= 8946,4 + 4218,0 \\
 &= 13164,4 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Geser Sentris pada sambungan las

$$f_v = \frac{Vu}{l_w} = \frac{22434,72}{140} = 160,25 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 f_v &< \phi Rn \\
 160,25 &< 13164,4 \text{ kg/cm} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$



Gambar 6.36 Letak Sambungan Las pada Sambungan Balok – Kolom

Geser Lentur pada sambungan las

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{2984050}{550} = 5425,55 \text{ kg/cm}$$

dimana :

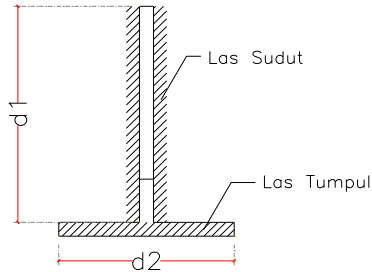
$$S_1' = \frac{d_1^2}{6} = \frac{25^2}{6} = 104,17 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 4 \times 104,17 = 416,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = \frac{d_2^2}{6} = \frac{20^2}{6} = 66,67 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 66,67 = 133,3 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S_1 + S_2 \\ &= 416,7 + 133,3 = 550,0 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{5425,55^2 + 160,25^2} \\ &= 5427,91 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &< \phi R_n \\ 5427,91 &< 0,75 \times 13164,4 \\ 5427,91 &< 9873,28 \text{ kg/cm} \rightarrow \dots OK \end{aligned}$$

6.2.10 Sambungan Bresing

Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok berdasarkan Pasal 15.13.6.4 SNI 03-1729-2002 harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$.

Maka sambungannya direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :

Kuat Perlu Sambungan

$$\begin{aligned} \text{a. } V_p &= 0,6 \times f_y \times (d-2t_f) \times t_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (20 - 2 \times 1,2) \times 0,8 \\ &= 21120,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{2Mp}{e} &= \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 513 \times 2500}{100} \\ &= 154991,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, kuat geser nominal (V_n) yang menentukan adalah 21120,0 kg. Sehingga kuat geser perlu (V_u) perumusannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 21120,0 = 39600 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Sambungan

- Sambungan Baut

- Mutu Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad \text{*Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 1 \quad \text{*Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 9719,3 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 22140,0 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{39600,0}{9719,3} = 4,1, \text{ dipasang 6 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 3.20 & \leq & 100 & \leq 15 \cdot 16 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 60 & \leq & 100 & \leq 240 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S₁)

$$\begin{array}{rcll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq 15 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq 15.16 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq 340 \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

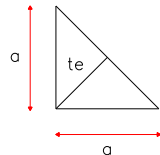
- Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

- Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}a &= 6 \text{ mm} \\ l_w &= 66 + 50 \text{ cm} \\ &= 116 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_w &= 2 \times 0,707 \times a \times l_w \\ &= 2 \times 0,707 \times 0,6 \times 116 = 98,4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$



Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)

- Perhitungan Kuat Las

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e70xx} = 4921 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_n &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 4921 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2952,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan Arah X

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= Vu \cos \alpha \\ &= 39600 \cos 47,7^\circ = 26637,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$f_h = \frac{V_{u_x}}{A_w} = \frac{26637,84}{98,414} = 270,7 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan Arah Y

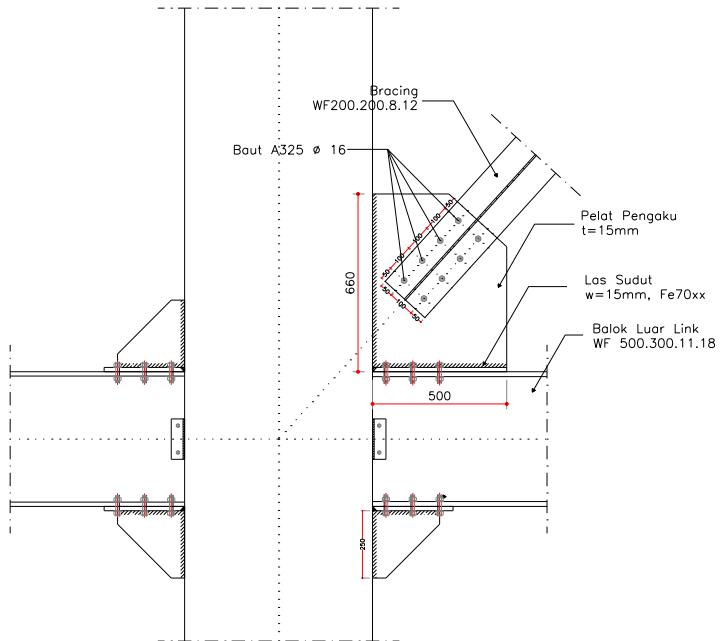
$$\begin{aligned} V_{u_x} &= Vu \sin \alpha \\ &= 39600 \sin 47,7^\circ = 29301,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{V_{u_x}}{A_w} = \frac{29301,63}{98,414} = 297,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{270,7^2 + 297,7^2} \\ &= 402,38 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &< \phi f_n \\ 402,38 &< 0,75 \times 2952,6 \\ 402,38 &< 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \dots OK \end{aligned}$$

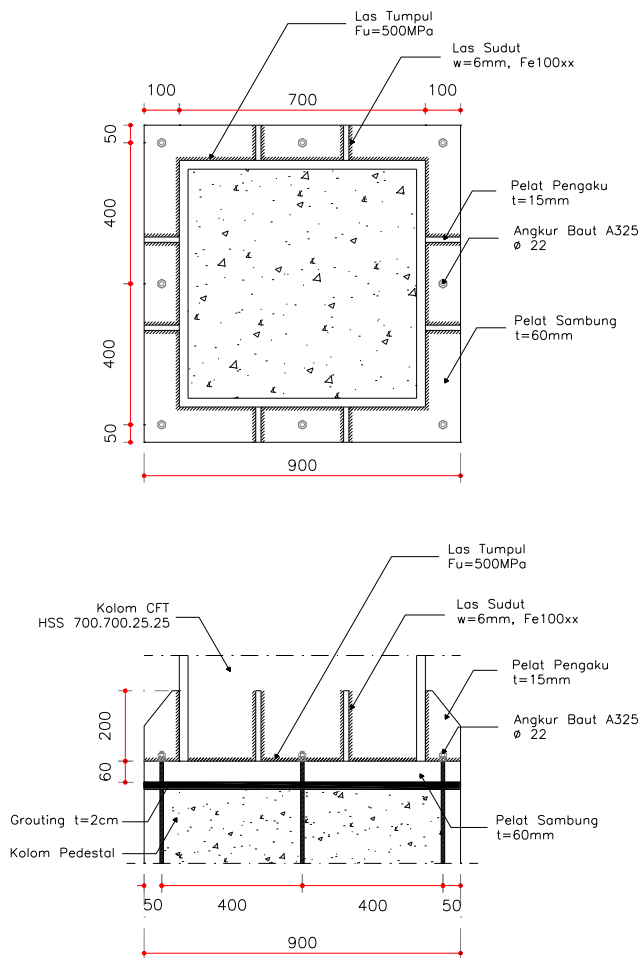


Gambar 6.37 Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul

6.2.11 Sambungan Kolom – Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal untuk kemudia beban disalurkan melalui pedestal menuju ke pondasi.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal pada kolom lantai dasar, dengan perencanaan sebagai berikut :



Gambar 6.38 Sambungan Kolom dengan Base Plate

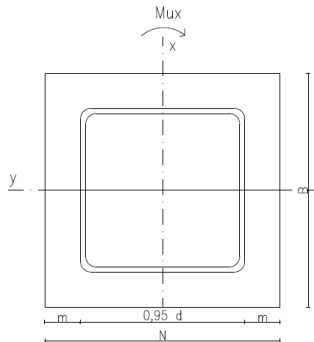
Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 33221,63 \quad \text{kg.m} \\ \text{Vu} &= 6989,2 \quad \text{kg} \\ \text{Pu} &= 939048,9 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$\begin{aligned} \text{Tu} &= \frac{M_u \pm P_u}{d_c} \\ &= \frac{33221,63}{0,7} + 939048,9 = 986508,3 \quad \text{kg} \end{aligned}$$



Gambar 6.39 Arah Beban pada Base Plate

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_u = 5000 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\text{Tebal las (te)} = 1,0 \quad \text{cm}$$

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_w &= t_e \times l_{we} \\ &= 1,0 \times 280 \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\ &= 0,8 \times 5000 \times 280 \\ &= 1120000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{6989,2}{1120000} \right)^2 + \left(\frac{986508,3}{1120000} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,78 \leq 1,0 \quad \dots \text{OK}$$

Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned} f_{pmax} &= \phi_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \\ &= 16,58 \text{ MPa} = 165,75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

- *Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi pedestal*

Baseplate di desain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar

kolom pedestal dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{939048,9}{90 \times 90} = 115,93 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan :

$$f_p \leq f_{p_{\max}} \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \dots OK$$

$$115,93 \leq 165,75$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\ &= 0,5 \times 115,93 \times 17,5^2 \\ &= 17752,08 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Dimana, nilai 1 diambil terbesar dari m, n, dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 bf}{2} = \frac{90 - 0,8 \cdot 70}{2} = 17 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \cdot bf} = \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{70 \times 70} = 17,5 \text{ cm}$$

Keterangan :

- $\lambda =$ diambil konservatif adalah 1

Dikarenakan baseplate juga menerima momen maka di asumsikan terdapat efek eksentrisitas (e) terhadap gaya tekan (P_u) terhadap baseplate dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q_{\max} &= f_{p\max} \times B \\ &= 166,75 \times 90 = 14917,5 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} = \frac{33221,63}{939048,9} \\ &= 0,03538 \text{ m} = 3,538 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{kritis}} &= \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 q_{\max}} = \frac{0,9}{2} - \frac{939048,9}{2 \times 14917,5} \\ &= 13,525 \text{ cm} \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} e & \leq & e_{\text{kritis}} \\ 3,538 & \leq & 13,525 \text{ cm} \dots \text{Tidak perlu Angkur} \end{array}$$

Karena $e < e_{\text{kritis}}$ maka termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate.

Namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

- Tebal Pelat Landas

Ketebalan Pelat Landas (Base Plate) direncanakan dengan perhitungan dan kontrol terhadap sisi desak yang terjadi dengan ketentuan sebagai berikut :

$$Y = \frac{Pu}{q_{\max}} = \frac{939048,9}{14917,5} = 62,949 \text{ cm}$$

a. Tebal Pelat Landas Minimum (tp_{\min})

Tebal pelat landas minimum ditentukan berdasarkan kondisi batas leleh pelat landas dengan ketentuan sebagai berikut :

$$tp \geq \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi fy}}$$

$$tp \geq \sqrt{\frac{4 \times 17752,08}{0,9 \times 2500}} = 5,6 \text{ cm}$$

b. Tebal Pelat akibat kontrol desak momen

Tebal pelat landas akibat momen yang terjadi akibat tegangan reaksi beton pada kantilever (m) ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

karena $Y \geq m$, maka perhitungan ketebalannya adalah

$$tp \geq 1,5 m \sqrt{\frac{fp}{fy}}$$

$$tp \geq 1,5 \times 11,8 \times \sqrt{\frac{115,93}{2500}}$$

$$tp \geq 3,8 \text{ cm}$$

sehingga tebal pelat landas (t_p) yang memenuhi direncanakan sebesar 60 mm atau 6 cm

Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$t_p = 15 \quad \text{mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 200 \quad \text{cm}$$

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 25$$

$$15 \geq 12,5 \quad \text{mm} \quad \dots \text{OK!}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

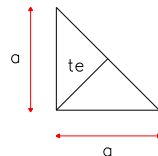
$$13,3 \leq 15,8 \quad \text{mm} \quad \dots \text{OK!}$$

- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$a = 6 \quad \text{mm}$$



$$l_w = 200 \text{ mm}$$

Keterangan :

- a (ketebalan kaki las sudut)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0,6) \times 20 \\ &= 16,97 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 16,97 \\ &= 53678,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi R_n \\ 6989,2 &< 53678,27 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

Perhitungan Baut Angkur :

• Data Perencanaan :

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ baut} = 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

• Perhitungan Sambungan Baut

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,801 \end{aligned}$$

$$= 9408,28 \text{ kg (menentukan !)}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 6 \times 4100 \\ &= 129888 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{6989,2}{9408,28} = 0,74, \text{ dipasang 8 buah}$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

- Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$\begin{array}{lclclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3.20 & \leq & 400 & \leq & 15 \cdot 16 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 60 & \leq & 400 & \leq & 240 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$\begin{array}{lclclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq & 15.16 + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq & 340 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

7.1 Umum

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya untuk di teruskan secara merata ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*) dan Pondasi Dalam (*Deep Foundations*). Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk dalam pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang (*pile*), pondasi dinding diafragma, pondasi crucuk, dan pondasi caissons.

7.2 Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. 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 penyelidikan tanah di daerah kota Padang yang dianggap dapat mewakili kondisi tanah pada proyek pembangunan gedung perkantoran ini. Data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

Dengan data tanah yang sudah ada maka bisa direncanakan daya dukung tanah serta perencanaan tiang bore pile yang akan digunakan.

7.3 Daya Dukung Tanah

7.3.1 Daya Dukung Tanah Tiang Bor Tunggal

Daya dukung ultimate pada pondasi tiang bore menggunakan perumusan “ *Luciana Decourt* “ , sehingga daya dukung ultimate dirumuskan :

$$Q_{ult} = K N_p A_p + (N_s/3 + 1) A_s$$

$$Q_d = Q_{ult} / SF$$

dimana :

- Q_{ult} = Daya dukung tiang bore ultimate
- Q_d = Daya dukung tiang ijin
- SF = Angka Keamanan
- K = Koefisien Karakteristik Tanah
- N_p = Nilai rata-rata SPT (N) sepanjang 4D diatas s/d 4D dibawah ujung tiang
- N_s = Nilai N rata-rata sepanjang tiang dengan nilai $3 < N < 50$
- A_p = luas penampang diujung tiang
- A_s = luas selimut tiang (keliling x panjang tiang)

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 28 m, dengan perhitungan sebagai berikut :

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

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times \text{Panjang Tiang} \\ &= \pi \times 0,6 \text{ meter} \times 28 \text{ meter} \\ &= 52,779 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$N_p = \frac{25 + 28 + 21 + 25}{4} = 24,75$$

$$N_s = 21,461 \quad \text{*dari grafik data tanah SPT}$$

$$K = 20 \text{ t/m}^2 \quad \text{*untuk tanah berlempung}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= K N_p A_p + (N_s/3 + 1) A_s \\ &= 20 \times 24,75 \times 0,283 + (21,461 / 3 + 1) \times 52,779 \\ &= 570,3 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$Q_d = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{570,3}{3} = 190,1 \text{ Ton}$$

Maka didapatkan daya dukung ijin pondasi tiang bore adalah 190,1 Ton atau 1901,0 kN

7.3.2 Daya Dukung Tanah Tiang Bore Kelompok

Untuk daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi C_e .

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e$$

n = jumlah tiang dalam group

Perhitungan Koefisien C_e

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$\begin{aligned} E_k &= 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (n-1)m}{90mn} \right] \\ &= 1 - \left(\arctgn \frac{600}{1800} \right) \left[\frac{(6-1)3 + (6-1)3}{90 \times 6 \times 3} \right] \\ &= 0,658 \end{aligned}$$

Dimana :

- D = diameter tiang pancang
- s = jarak antar tiang pancang
- m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris
- n = jumlah baris tiang pancang
- Θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

Maka dapat diambil bahwa nilai Koefisien Efesiensinya adalah 0,658

7.4 Perhitungan Pondasi Bore Pile

7.4.1 Daya Dukung Tiang Bor Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), sehingga besarnya beban vertikal ekuivalen (Pv) yang bekerja dapat dihitung dengan rumusan :

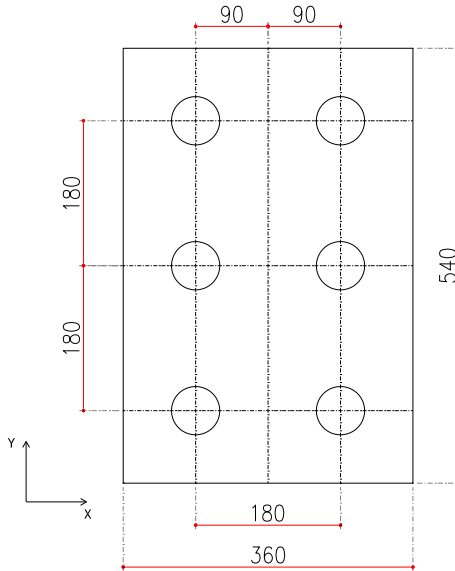
$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

dimana :

- Pv = beban vertikal ekuivalen
- V = beban vertikal dari kolom
- N = banyaknya tiang dalam group
- Mx = momen terhadap sumbu x
- My = momen terhadap sumbu y
- x_{max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- y_{max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- Σx^2 = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group
- Σy^2 = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

Beban – beban yang bekerja pada tiang bisa di dapatkan dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom dasar, dimana diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 315,354 \text{ kN} & M_{uy} &= -262,296 \text{ kN} \\ P_u &= 6717,7 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 7.1 Jarak Absis dan Ordinat pada Tiang Bore Pile Kelompok

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,9 \text{ m} & \Sigma x^2 &= 6 (0,9)^2 = 4,86 \text{ m}^2 \\ Y_{\max} &= 1,8 \text{ m} & \Sigma y^2 &= 4 (1,8)^2 = 12,96 \text{ m}^2 \\ P_v &= \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6717,66}{6} - \frac{262,296 \times 0,9}{4,86} + \frac{315,354 \times 1,8}{12,96} \\
 &= 1114,84 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol Daya Dukung

$$\begin{aligned}
 P_v &< P_{ijin} \\
 1114,84 &< E_k \times Q_d \\
 1114,84 &< 0,656 \times 1901,0 \\
 1114,84 &< 1250,86 \text{ kN} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$

7.4.2 Perencanaan Pondasi Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perencanaan poer :

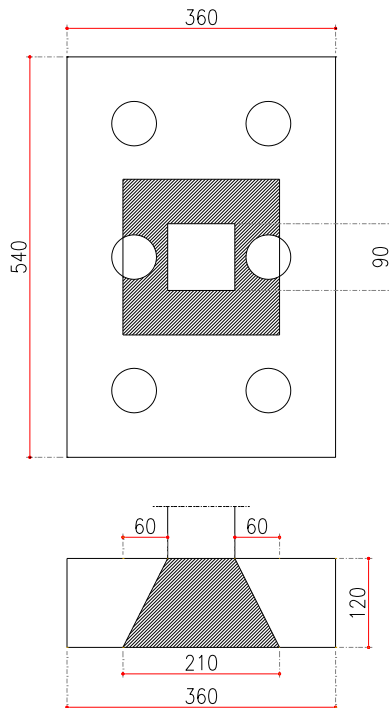
- P_{max} (1 tiang) = 190,1 ton
- Jumlah tiang bore = 6 buah
- Dimensi poer = 3,6 x 5,4 x 1,2 m
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 30 mm
- Selimut beton = 70 mm
- λ = 1 (beton normal)
- α_s = 40 (kolom interior)
- Tinggi efektif (d)
 - $d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} 30 = 915 \text{ mm}$
 - $d_y = 1000 - 70 - 30 - \frac{1}{2}(30) = 885 \text{ mm}$
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, (β)

$$\beta = \frac{1300}{1300} = 1$$

7.4.2.1 Kontrol Geser Pons

a. 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 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



Gambar 7.2 Geser Ponds Akibat Beban Kolom

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

Keliling penampang kritis :

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (bk + dx) + 2(hk + dy) \\ &= 2 (900 + 1115) + 2 (900 + 1085) \\ &= 8000 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} bk &= \text{lebar penampang kolom} \\ hk &= \text{tinggi penampang kolom} \\ dx &= \text{tebal efektif poer} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8000 \times 1115 \\ &= 24916994,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } V_c &= 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \sqrt{30} \times 8000 \times 1115 \\ &= 16269331,76 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } V_c &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ &= 0,083 \left(\frac{40 \times 1115}{80000} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8000 \times 1115 \\ &= 307175243,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 16269331,76 N = 16269,332 kN

Kontrol Geser Pons

$$\begin{aligned} P_{\max} &< \phi V_c \\ 9402,14 &< 0,75 \times 16269,33 \\ 9402,14 &< 12202,0 \text{ kN} \quad \dots OK \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

b. Geser Pons Akibat Tiang Bor

Poer juga harus mampu menyebarkan beban dari arah tiang bor menuju ke poer ,sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi akibat tiang bor.

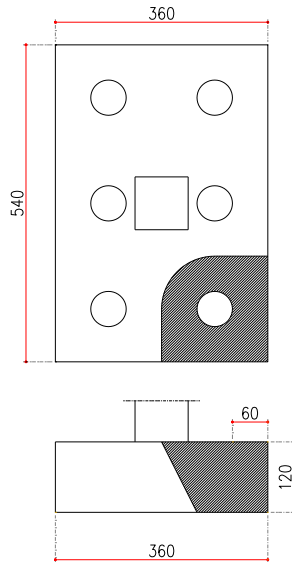
Keliling penampang kritis :

$$\begin{aligned} b_o &= (\pi \times (d_p + d)) \\ &= (\pi \times (600 + 815)) = 5387,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} d_p &= \text{diameter bore pile} \\ d &= \text{tebal efektif poer} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 5387,8 \times 1115 \\ &= 16781070,7 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 7.3 Geser Pons Akibat beban Tiang Bor

$$\begin{aligned}
 \text{b. } V_c &= 0,333\sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333\sqrt{30} \times 6860 \times 1115 \\
 &= 10957052,07 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } V_c &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,083 \left(\frac{40 \times 1115}{6860} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6860 \times 1115 \\
 &= 280693609 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $10957052,07 \text{ N} = 10957,05 \text{ kN}$

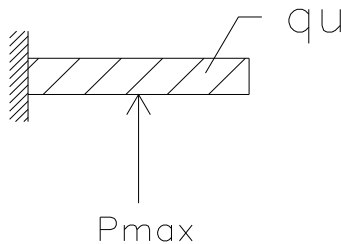
Kontrol Geser Pons

P_{\max}	<	ϕV_c	
1901,0	<	$0,75 \times 10957,05$	
1901,0	<	8217,79	kNOK

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang bor.

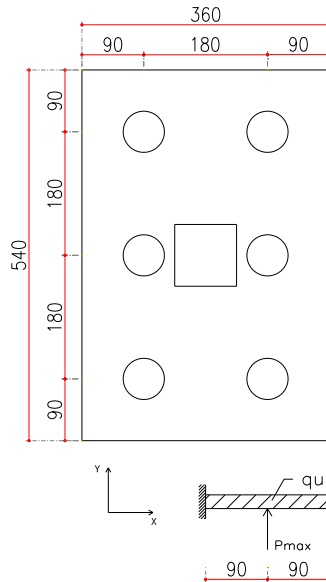
7.4.2.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 7.4 Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever

a. Penulangan Arah X



Gambar 7.5 Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu X)

Beban Terpusat

$$P_{\max} = 190,1 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 190,1 = 570,3 \text{ ton}$$

Beban Merata

$$q = 2,4 \times 36 \times 1,2 = 10,368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 8,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 12,44 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P \times a - \frac{1}{2} \times q_{ux} \times L^2 \\ &= (570,3 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 12,44 \times (1,2)^2) \\ &= 483,03 \text{ ton.m} \\ &= 4830371782 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 1200 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1115 \text{ mm} \\ dy &= 1200 - 70 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1085 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4830371782}{0,8} = 3864297425 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{3864297425}{5400 \times 1115^2} = 0,576$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 0,576}{400}} \right) \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,035 \times 5400 \times 1115 \\ &= 21073,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D30 ($A_s = 706,85 \text{ mm}^2$)

Jumlah Tulangan yang di perlukan

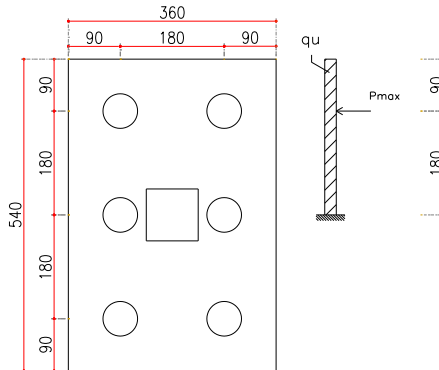
$$n = \frac{14049}{706,85} = 29,81 \approx 30 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang tiap meternya adalah

$$S = \frac{5400}{30} = 181,13 \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dari perhitungan diatas digunakan tulangan lentur pondasi poer adalah 30 D30–150 mm

b. Penulangan Arah Y



Gambar 7.6 Pembebanan Pondasi Poer (Arah Sumbu Y)

Beban Terpusat

$$P_{\max} = 190,1 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 190,1 = 380,2 \text{ ton}$$

Beban Merata

$$q = 2,4 \times 2,4 \times 1,2 = 6,91 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 6,91 \text{ ton/m} \times 1,2 = 8,29 \text{ ton/m}$$

$$M_u = P \times a - \frac{1}{2} \times q_{uy} \times L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= (380,2 \times 0,9) - (\frac{1}{2} \times 8,29 \times (1,8)^2) \\
 &= 467,9 \text{ ton.m} \\
 &= 4679206342 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1115 \text{ mm} \\
 dy &= 1000 - 70 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 1085 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4679206342}{0,8} = 3743365073 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{3743365073}{3600 \times 915^2} = 0,84$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,84}{400}} \right) \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,0035 \times 3600 \times 1115 \\
 &= 14049 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D30 ($A_s = 707,14 \text{ mm}^2$)

Jumlah Tulangan yang di perlukan

$$n = \frac{9396,0}{707,14} = 19,88 \approx 20 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang tiap meternya adalah

$$S = \frac{2400}{20} = 181,129 \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dari perhitungan diatas digunakan tulangan lentur pondasi poer adalah 20 D30–150 mm

7.4.3 Perencanaan Pondasi Tiang Bor (Bore Pile)

Untuk merencanakan penulangan tiang bor (Bore Pile) bisa menggunakan beberapa cara, salah satunya dengan memodelkan tiang bor dengan porgram bantu SAP 2000v14.

Tiang bor dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi dengan memberikan beban maksimum dari kolom yang ditinjau kemudian diteruskan menuju ke pondasi bore pile, sehingga dari beban tersebut di dapatkan hasil output beban yang bekerja pada tiang bor (Bore Pile) yang kemudian direncanakan penulangan dari Tiang bor.

a. Titik Penjepitan Tiang

Analisa sturktur pondasi bore pile dihitung berdasarkan titik penjepitan yang terjadi pada tiang pondasi didalam tanah. Titik penjepitan terjadi pada kedalaman dimana sudut lentur tiang sama dengan nol. Panjang tiang sampai titik penjepitan dihitung sebagai berikut :

Perhitungan Konstanta Pegas (k)

$$\begin{aligned} - E_0 &= 28 \times N \text{ (data SPT)} \\ &= 28 \times 28 = 784 \end{aligned}$$

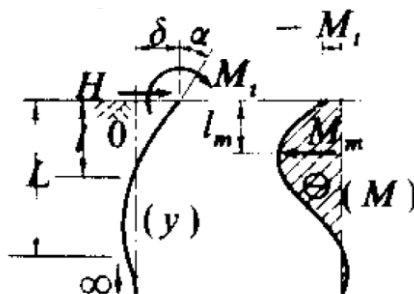
$$\begin{aligned} - k_0 &= 0,2 \times E_0 \times D^{-3/4} \\ &= 0,2 \times 784 \times 60^{-3/4} \end{aligned}$$

$$= 7,273$$

- $y = 1$ cm pergeseran pada permukaan
- $k = k_0 \times y^{-1/2}$
 $= 7,723 \times 1^{-1/2} = 7,723 \text{ kg/cm}^3$

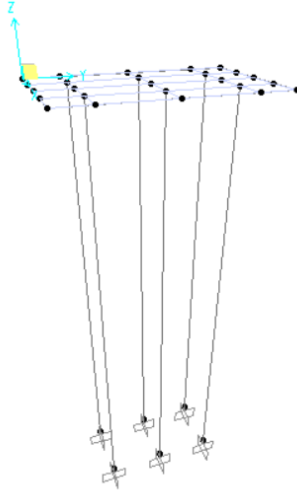
Perhitungan Kedalaman Tiang yang Terejepit

- $f_c = 30$ MPa, dari perencanaan bore pile
- $E_c = 4700 \sqrt{f_c}$
 $= 4700 \sqrt{30 \text{ MPa}} = 25742,96 \text{ MPa}$
- $I = \frac{\pi}{64} D^4 = \frac{\pi}{64} 60^4 = 636172,51 \text{ cm}^4$
- $\beta = \sqrt[4]{\frac{kD}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{9,858 \times 60}{4 \times 257429,6 \times 636172,51}}$
 $= 0,0051$
- $L = \frac{\pi}{\beta} = \frac{\pi}{0,051} = 618,375 \text{ cm}$



Gambar 7.7 Gaya Menurut Sumbu Orthogonal Tiang

Maka di dapatkan panjang tiang yang terjepit adalah 618,375 cm atau 6,183 meter, sehingga dalam permodelan SAP 2000v14 panjang tiang yang di modelkan sepanjang $L = 6,183$ m.



Gambar 7.8 Permodelan Tiang Bor (Bore Pile) dengan Program Bantu SAP 2000

Gaya dalam yang bekerja pada tiang di dapatkan dari hasil analisis SAP 2000v14, dimana diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} M_{ux} = & 24,318 & \text{kN.m} & M_{uy} = & 10,327 & \text{kN.m} \\ P_u = & 2046,12 & \text{kN} & V_u = & 1,542 & \text{kN} \end{array}$$

Data Perencanaan Tiang Bore (Bore Pile) :

$$\begin{array}{ll} d & = 600 \text{ mm} \\ A_g & = 287243,34 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Selimut beton = 50 mm

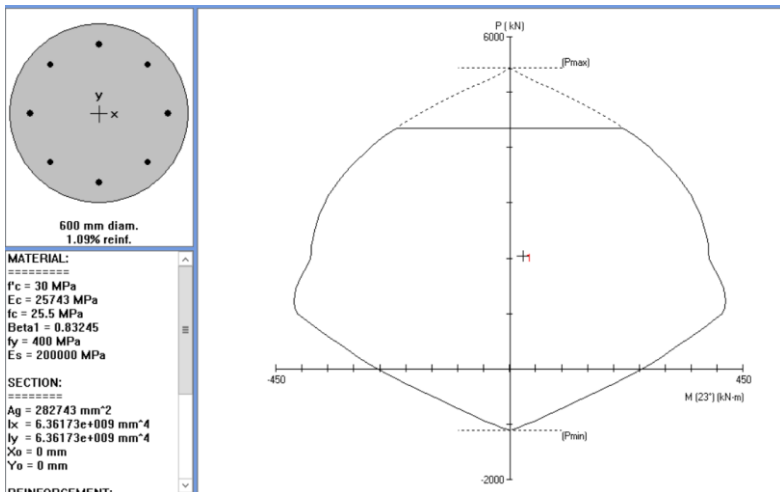
Tulangan sengkang = $\varnothing 12$ mm

Tulangan utama = $\varnothing 22$ mm

$$d = 400 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 339 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur Tiang Bore (Bore Pile) :

Hasil output SAP2000v14 yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, untuk membantu menentukan tulangan yang akan di rencanakan pada tiang bor (bore pile) dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 7.9 Hasil Analisa Tiang Bor (BorePile) dengan Program PCA Col

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,09\%$, maka luasan tulangan (A_s) adalah

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0109 \times 400 \times 339 \\ &= 3525,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 8 D22, $A_s = 380,132 \text{ mm}^2$ dipasang melingkar sama sisi.

Penulangan Geser Tiang Bore (Bore Pile) :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,542 \text{ kN} &= 1542 & \text{ N} \\ P_u &= 2046,12 \text{ kN} &= 2046120 & \text{ N} \end{aligned}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

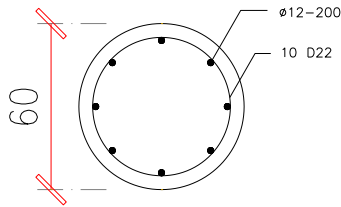
$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= \left(1 + \frac{2046120}{14 \times 282743,34} \right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 539 \\ &= 447824,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times V_c \\ &= 0,5 \times 0,75 \times 447824,4 = 167934,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{array}{rcl} V_u & < & \phi V_c \\ 1542 & < & 167934,2 \text{ N} \quad \dots OK \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 12 - 200$.



Gambar 7.10 Penulangan Bore Pile

7.5 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$\begin{aligned} M_u &= 375254 \text{ N} & V_u &= 137620,3 \text{ kN} \\ P_u &= 9401966 \text{ N} \end{aligned}$$

Data Perencanaan Kolom Pedestal :

$$\begin{aligned} b &= 900 \text{ mm} \\ h &= 900 \text{ mm} \\ A_g &= 810000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mutu bahan :

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Selimut beton = 50 mm

Tulangan sengkang = $\varnothing 12$ mm

Tulangan utama = $\varnothing 22$ mm

Tinggi efektif = $900 - (50 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 827$ mm

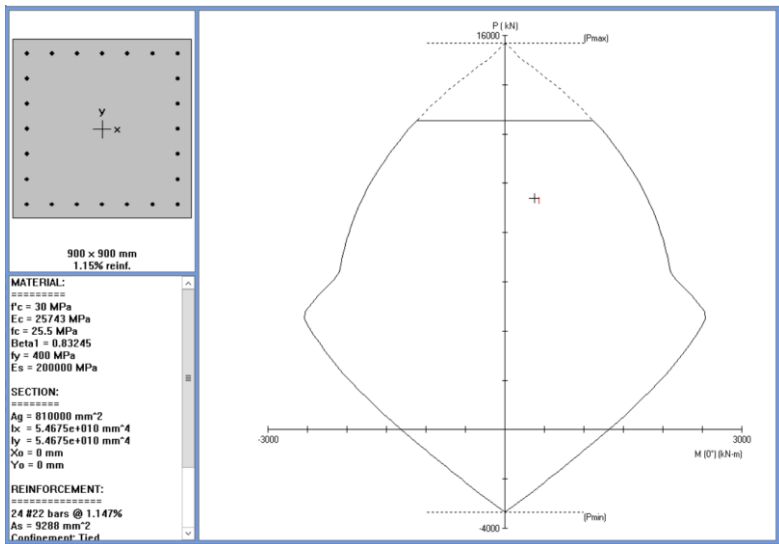
Penulangan Lentur Kolom Pedestal :

Hasil output SAP2000v14 yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, dimana dari PCACOL

didapat output nilai $\rho = 1.155\%$, maka luasan tulangan (A_s) adalah

$$\begin{aligned} A_s &= 0.01155 \times 900 \times 827 \\ &= 8596,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 24 D22, $A_s = 9123.185 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.



Gambar 7.11 Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

Penulangan Geser Kolom Pedestal :

$$V_u = 8188.91 \text{ kg} = 81889.1 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\
 &= \left(1 + \frac{9401966}{14 \times 810000}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 900 \times 827 \\
 &= 1242780 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0.5 \times 0.75 \times V_c \\
 &= 0.5 \times 0.75 \times 1242780 \\
 &= 466042,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_c \\
 137620,3 & < & 466042,5 \text{ N} \quad \dots OK
 \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 12 - 200$, sengkang dua kaki.

7.6 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.

Data Perencanaan Sloof :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Dimensi Sloof :} & b & = 500 \text{ mm} \\
 & h & = 600 \text{ mm} \\
 & A_g & = 240000 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Mutu Bahan :} & f'_c & = 30 \text{ Mpa} \\
 & f_y & = 400 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

Selimit beton	= 50 mm
Tulangan sengkang	= Ø12 mm
Tulangan utama	= Ø22 mm
Tinggi efektif	= 600 – (50 + 12 + ½.22)
	= 527 mm

Beban yang terjadi pada sloof :

Beban dinding	$1,2 \times 250 \times 5,00$	= 1250,00 kg/m
Berat sloof	$1.2 \times 0,5 \times 0,6 \times 2400$	= <u>720,00 kg/m</u>
	Qu	= 2364,00 kg/m

Panjang sloof (L) = 8,00 m

$$\begin{aligned} Mu &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 2364,00 \times 8,00^2 = 12608 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu &= 1/2 \times q_u \times L \\ &= 1/2 \times 2364,00 \times 8,00 = 9456 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya aksial Kolom = 940197 kg

$$\begin{aligned} Pu_{\text{Sloof}} &= 10\% \times 940197 \text{ kg} \\ &= 94019,7 \text{ kg} \\ &= 940197 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan ijin Tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,75\sqrt{f'c} = 0,75\sqrt{30} = 4,107 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

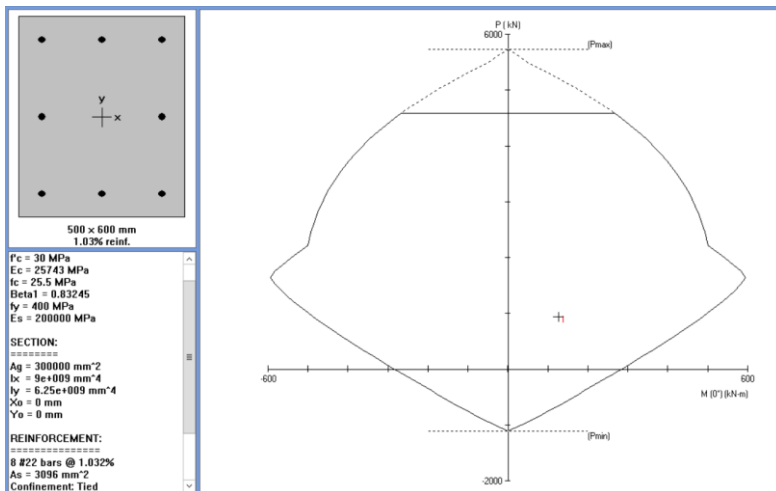
$$f_r = \frac{P_u}{\phi bh} = \frac{940197}{0,8 \times 500 \times 600} = 3,92 \leq f_{ijin} \text{ OK}$$

Penulangan Lentur Sloof :

Hasil Perhitungan Gaya Dalam yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, dimana dari PCACOL didapat output nilai $\rho = 1,03\%$, maka luasan tulangan (A_s) adalah

$$\begin{aligned} A_s &= 0.0103 \times 500 \times 527 \\ &= 2714,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka , dipasang tulangan 8 D22, $A_s = 3041,06 \text{ mm}^2$



Gambar 7.12 Hasil Analisa Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

Penulangan Geser Kolom Pedestal :

$$V_u = 9456 \text{ kg} = 94560 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\
 &= \left(1 + \frac{9401966}{14 \times 810000}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 500 \times 527 \\
 &= 779008,85 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0.5 \times 0.75 \times V_c \\
 &= 0.5 \times 0.75 \times 779008,85 \\
 &= 292128,32 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_c \\
 9456,00 & < & 292128,32 \text{ N} \quad \dots OK
 \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.

BAB VIII

KESIMPULAN

8.1 Kesimpulan Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
 - a. Plat lantai menggunakan bondek SUPER FLOOR DECK $t = 0,75$ mm, dengan tebal plat beton :
 - Lantai Atap $t = 90$ mm
 - Lantai Parkir $t = 110$ mm
 - Lantai Kantor $t = 100$ mm
 - Lantai Hunian $t = 120$ mm
 - Lantai Ruang Publik $t = 120$ mm
 - b. Balok Anak
 - Lantai Atap WF $250 \times 175 \times 7 \times 11$
 - Lantai Parkir WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$
 - Lantai Kantor WF $300 \times 150 \times 5,5 \times 8$
 - Lantai Hunian WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$
 - Lantai Ruang Publik WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$
 - c. Balok Tangga :
 - Pengaku Anak tangga L $50 \times 50 \times 4$
 - Bordes WF $100 \times 50 \times 5 \times 7$
 - Balok Utama $200 \times 150 \times 6 \times 9$
 - Balok Penumpu $250 \times 175 \times 7 \times 11$
 - d. Balok lift
 - Penumpu WF $350 \times 175 \times 7 \times 11$
 - e. Balok Ramp
 - Penumpu Ramp WF $350 \times 175 \times 7 \times 11$
 - Utama Ramp WF $450 \times 200 \times 9 \times 14$
 - f. Atap Rangka Baja
 - Gording WF $100 \times 50 \times 5 \times 7$
 - Penggantung Gording $\varnothing 16$ mm
 - Ikatan Angin $\varnothing 16$ mm

2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
 - a. Balok:
 - Melintang WF $500 \times 200 \times 10 \times 16$
 - Memanjang WF $500 \times 200 \times 10 \times 16$
 - Link Melintang WF $500 \times 300 \times 11 \times 18$
 - Link Memanjang WF $500 \times 300 \times 11 \times 18$
 - b. Kolom :
 - Lantai Dasar - 3 Komposit CFT $700 \times 700 \times 25$
 - Lantai 4 - 11 Komposit CFT $600 \times 600 \times 25$
 - Lantai 12 - Atap Komposit CFT $500 \times 500 \times 25$
 - Kolom Atap WF $300 \times 300 \times 10 \times 15$
 - c. Kuda – Kuda
 - Kuda Kuda WF $350 \times 175 \times 7 \times 11$
3. Dari hasil perhitungan struktur bresing & link didapatkan :
 - a. Panjang link arah :
 - Melintang 100 cm dengan pengaku sejarak 25 cm
 - Memanjang 100 cm dengan pengaku sejarak 25 cm
 - b. Bresing arah :
 - Melintang WF $200 \times 200 \times 8 \times 12$
 - Memanjang WF $200 \times 200 \times 8 \times 12$
4. Permodelan analisis struktur menggunakan porogram 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*).
5. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output SAP. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las & baut.

6. Pondasi struktur menggunakan Tiang Bor dengan $D = 60$ cm dengan kedalaman 28 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).

Hasil dari perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

8.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur bresing eksentrik lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. (2005), *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. AISC, Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2015)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (SNI 03-1729-2013)*. Bandung : BSN
- Becker, Roy & Michael Ishler. (1996). *Seismic Design Practice For Eccentrically Braced Frames*. California : Steel Tips Publication.
- Engelhardt, Michael D., (2007). *Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures*. USA :University of Texas
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1989). *Behavior of Long Links in Eccentrically Braced Frames*. Earthquake Engineering Research Center UBC/EERC-89/01, College of Engineering University of California at Berkeley.
- Engelhardt, Michael D., & Popov, Egor P. (1992). *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Structural Engineering. Vol. 118, No. 11.

- Egor P. Popov, Kazuhiko Kasai, & Michael D.Engelhardt. (1986). *Advances In Design of Eccentrically Braced Frames*. Structural Steel Conference, Auckland
- Kuranovas, Artiomas & Kazimieras Kvedaras, Audronis., (2007). *Behaviour of Hollow Concrete-Filled Steel Tubular Composite Elements*. Journal of Civil Engineering and Management
- Morino, Shosuke & Tsuda, Keiko. (2003). *Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan. Earthquake Emgineering and Engineering Seismology*
- Moestopo, M., & Yudi, H., (2006), *Kajian Kinerja Link Yang Dapat Diganti Pada Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik Tipe Split-K*. Seminar dan Pameran HAKI.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002)*. Jakarta : Erlangga.
- Suwignya, (2010), *Modifikasi Perencanaan Struktur Apartement Puncak Dharmahusada Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris*. ITS
- Untung, Djoko. (2012). *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Widyastuti, Erna, (2010). *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Gadjah Mada (Ugm) Di Sendowo, Sleman, Yogyakarta Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam*. ITS
- Wiryanto, Dewobroto. (2016). Seri Buku Teknik Sipil *STRUKTUR BAJA Edisi ke-2*

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Jum'at tanggal 14 Juli 2017 jam 08.00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

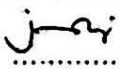


NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3115105012	Fariz Widya Harwanto	Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

Motivasi menggunakan EBF ditulis pada Bab 1. Ditulis teori daktilitas dan disertai energi. Penulangan pile cap jangan dibuat sama, nanti terbalik. Diameter bore pile terlalu kecil, denah penulangan pelat lantai dibuat, daftar pustaka diurutkan. Hitungan tiang pancang $\phi 30$ masih salah, konsep strong column weak beam $R = e$, pasang sendi plastis. Gambar 4.2 di perbaiki.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST. MT	
Data Iranata, ST. MT. PhD	
Harun Al Rasyid, ST. MT. PhD	

Surabaya, 14 Juli 2017
Dosen Pembimbing I
(Ketua)


Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)


Budi Suswanto, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing 3
(Sekretaris)



Form AK/TA 04
rev01

PROGRAM STUDI 5-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP	: 3115105012.
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi struktur Hotel Grand Dafam Kayan Surabaya dengan Menggunakan Sistem Rangka Bering. Eksentrik.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2.VI.4-1 / PP.05.02.00/2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	23-3-2017	A sistensi Gambar.	- pendekatan prelim dari profil Baja, 1/6 L, - Cek kontrol - Atap pakai profil Baja. - kerjakan struktur sekunder.	OK
2	11-4-2017	- Asistensi Plat Bondok - Asistensi Rencana Atap	- Harus ada potongan bondok & Anak - Harus dilengkapi dengan Gambar detail perhitungan	OK
3	21-4-2017	- Asistensi Rangka baja - Asistensi Ikatan Angin	- konsep menghitung Ikatan Angin, harus salah satu jenis titik Simpu / Cross - Pelajari Rangka Batang.	OK
4	3-5-2017	- Asistensi Ikatan Angin - Asistensi Balok Anak & Irf	- Perbaiki Gambar tangga, Gambar Tangga harus lengkap - Kecek profil yg besar pada Balok Anak	OK
5	10-5-2017	- Gambar pada Laporan Perhitungan Tangga - Asistensi Perhitungan Ramp.	- Gambar Tangga diberi Detail - Gambar Tangga harus Detail - Perbaiki Laporan & perhitungan	OK
6	19-5-2017	- Asistensi Gambar detail tangga pada Laporan AS. - Asistensi Laporan & perhitungan tangga	- Perbaiki hitungan detail - Perletakan plat, Balok Bordes, & Balok Utama Tangga harus jelas - Gambar & Hitungan Ramp diperbaiki.	OK

6



PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Fariz Widya Harwanto
NRP	: 3115105012
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan Menggantikan Sistem Rangka Bering Eksenitik.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2 VI 4 1 / PP. 05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7	29-5-2017	- Asistensi perletakan pelat, Balok Bordes & Balok Utama tangga - Asistensi Gambar & hitungan Rump	- Perbaiki hitungan Balok Utama Tangga - Gambar pembebanan penjabaran Beban terbagi rata.	
8	30-5-2017	- Asistensi hitungan Balok Utama Tangga. - Asistensi Gambar pembebanan beban merata.	- Perbaiki pembebanan Rump. - Perbaiki Gambar hitungan kontrol " Beri detail profil " - Kecilkan dimensi profilnya.	
9	6-6-2017	- Asistensi pembebanan Rump. - dimensi profil Balok Utama tangga.	- Perbaiki laporan tangga - detail profil diperbaiki "h" - Lanjut ke permodelan & Struktur Utama.	
10	13-6-2017	- Asistensi struktur Utama. - detail profil pada perhitungan - kontrol penampang	- Beri hasil output berupa foto - Hasil output ditampirkan di laporan	
11	15-6-2017	- membat hasil output SAP ke hardcopy - Asistensi struktur Utama.	- Kontrol kolom Komposit Beton. - Mutu Beton terhadap lentur - Profil Balok Indek di cek Momen & Geser.	
12	19-6-2017	- Asistensi perhitungan, Lentur kolom Komposit - Revisi output SAP B:Lebak	- Cari jurnal tentang CFT - Perbaiki perhitungan kolom Atap.	



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 60111
Telp.031-5996879, Fnx.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr .Ir. Triwulan . DEA.
NAMA MAHASISWA	: FARIZ WIDYA HARWANTO
NRP	: 3115105012 .
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi Struktur Hotel Grand Dafam Kayoon Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka Bering.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2 . VI . 4 . 1 / PP . 05 . 02 . 00 / 2017 .

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
13	3-7-2017	- Menunjukkan Jurnal CFT - Asistensi perhitungan kolom Atap.	- Cariteng Es & Ec dari kolom komposit - Lanjut Sambungan .	✓ ✓ ✓
14	6-7-2017	- Hubungan Mekanika Bahan $n = E_s/E_c$ pada komposit.	- Perbaiki hitungan komposisi dijabarkan perhitungannya.	
15	12-7-2017	- perbaiki hitungan kolom komposit.	- Perbaiki laporan - Meju sidang.	



Form AK/TA-04
rev.01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: Fariz Widya Harwanto
NRP	: 3115105012
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN MODIFIKASI STRUKTUR BE GEDUNG HOTEL GRAND DAFAM KAYOOD SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BERING EKSENTRIK
TANGGAL PROPOSAL	: 17 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / IT2.VI 4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	7-3-2017	- Denah dan BAG Sekunder " dinamis struktur Sekunder" - Tabelkan Bentang 2 meter yg lain	- Tabel Tabel perhitungan tiap Bentang,	
2	23-3-2017	- Balok Anak, ganti pembebanan karena tidak masuk akal - ganti bahan dasar	- Balok Irfi, Tangga & Rambu	
3	24-3-2017	- Asistensi Rangka Atap Baja	- Mer Gambar Rangka Atap Baja & Perhitungannya	
4	10-4-2017	- Perhitungan Balok Irfi - tangga	- perbaiki dimensi balok Irfi - perbaiki tangga	
5	28-4-2017	- Perhitungan Tangga Revisi - Perhitungan Balok Irfi Revisi	- Lanjutkan perhitungan Rambu - kontrol permodelan struktur	
6	5-5-2017	- Asistensi perhitungan kontrol permodelan	- kontrol permodelan dijadikan ke Word	
7	8-5-2017	- Perbaiki penulisan di Word bab 1 permodelan,	- Lanjut Struktur primer.	
8	15-5-2017	- Asistensi per letakan Tangga.	- Lanjut Sambungan, Pondasi Struktur Bawah & Gambar.	



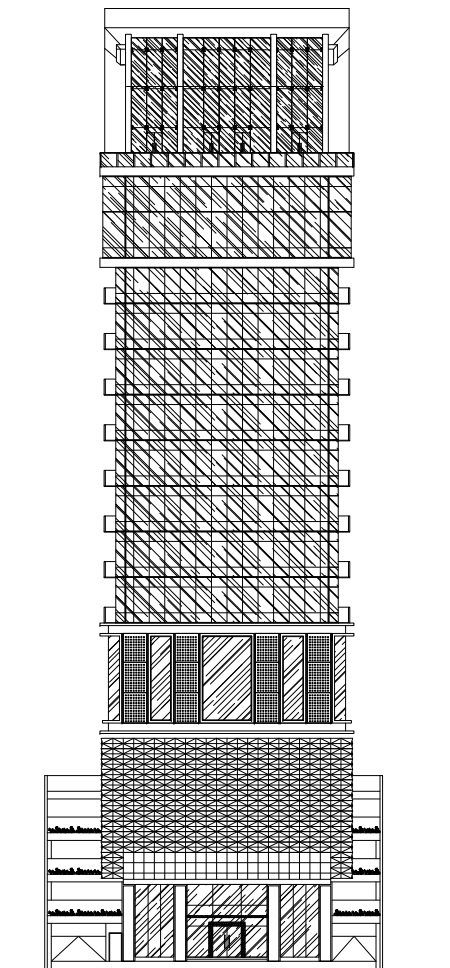
Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

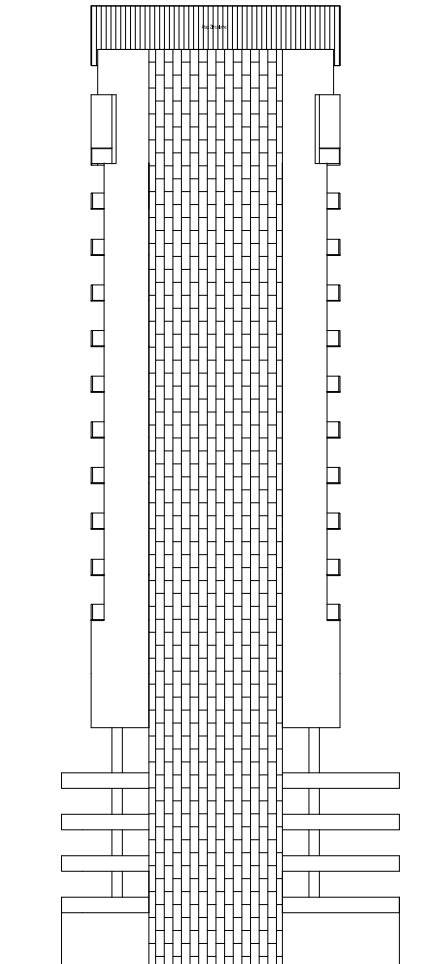
Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Budi Surwanto, ST, MT, Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Fariz Widya Harwanto.
NRP	: 315105012
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Grad dalam Kawasan Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka Besing Eksentrik.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016078 / 112.VI.A.1 / PP-05.02.00 / 2017.

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9	5-6-2017	- Asistensi Sambungan & Pondasi	- Perbaiki perhitungan. - Cek kolom komposit	
10	15-6-2017	- Cek kolom komposit - Perbaiki perhitungan.	- Perbaiki perhitungan kolom komposit.	



TAMPAK DEPAN
SKALA 1 : 200

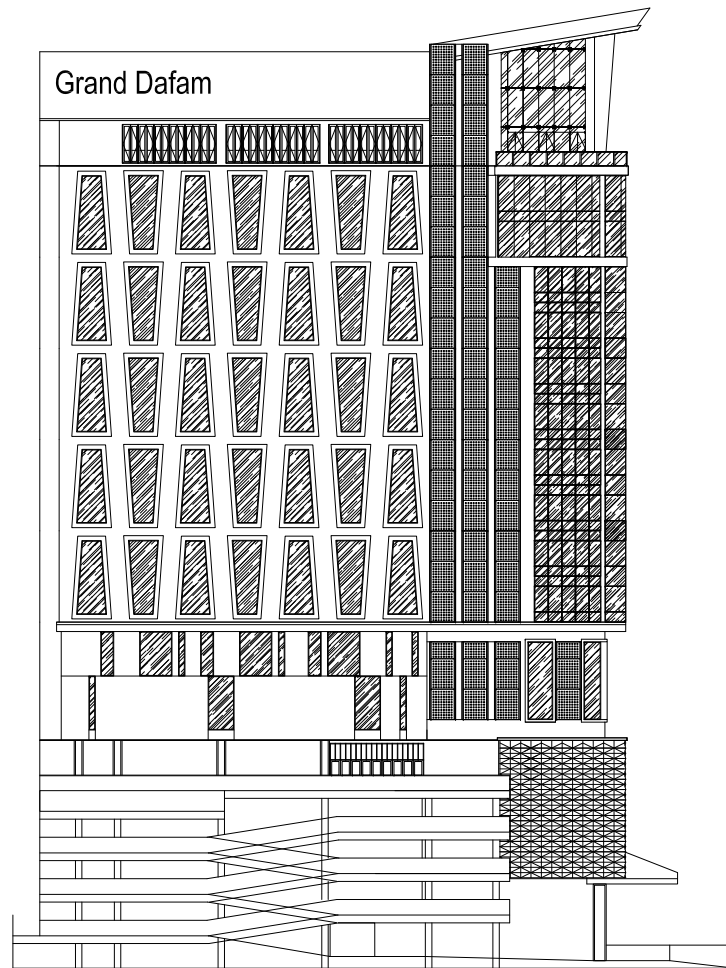


TAMPAK BELAKANG
SKALA 1 : 200

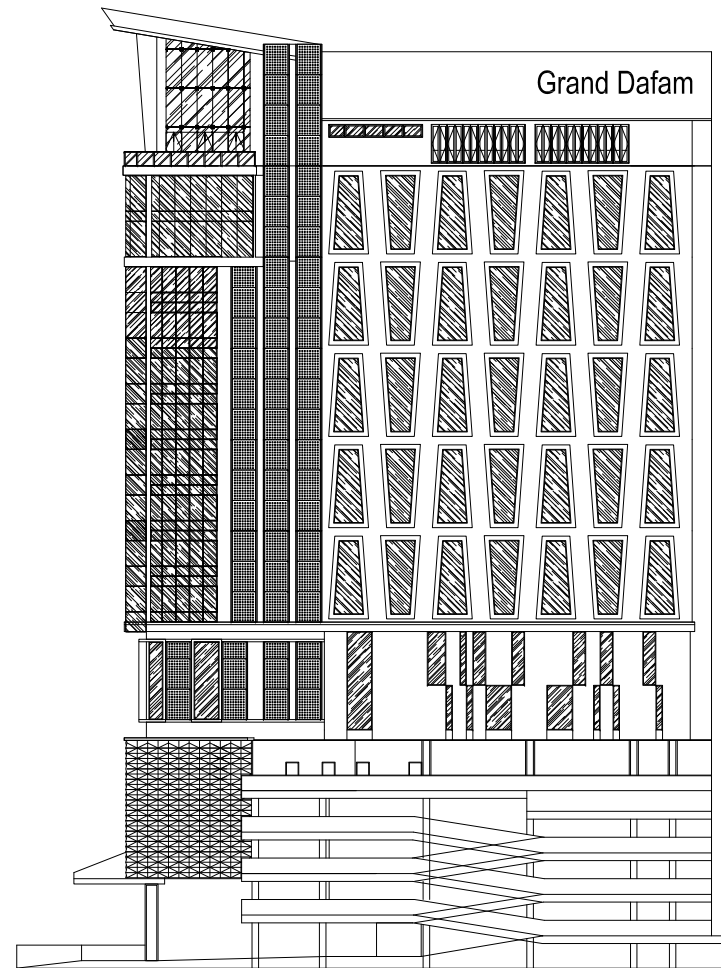


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. TAMPAK DEPAN 2. TAMPAK BELAKANG	1:200	1	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



TAMPAK SAMPING KANAN
SKALA 1:200

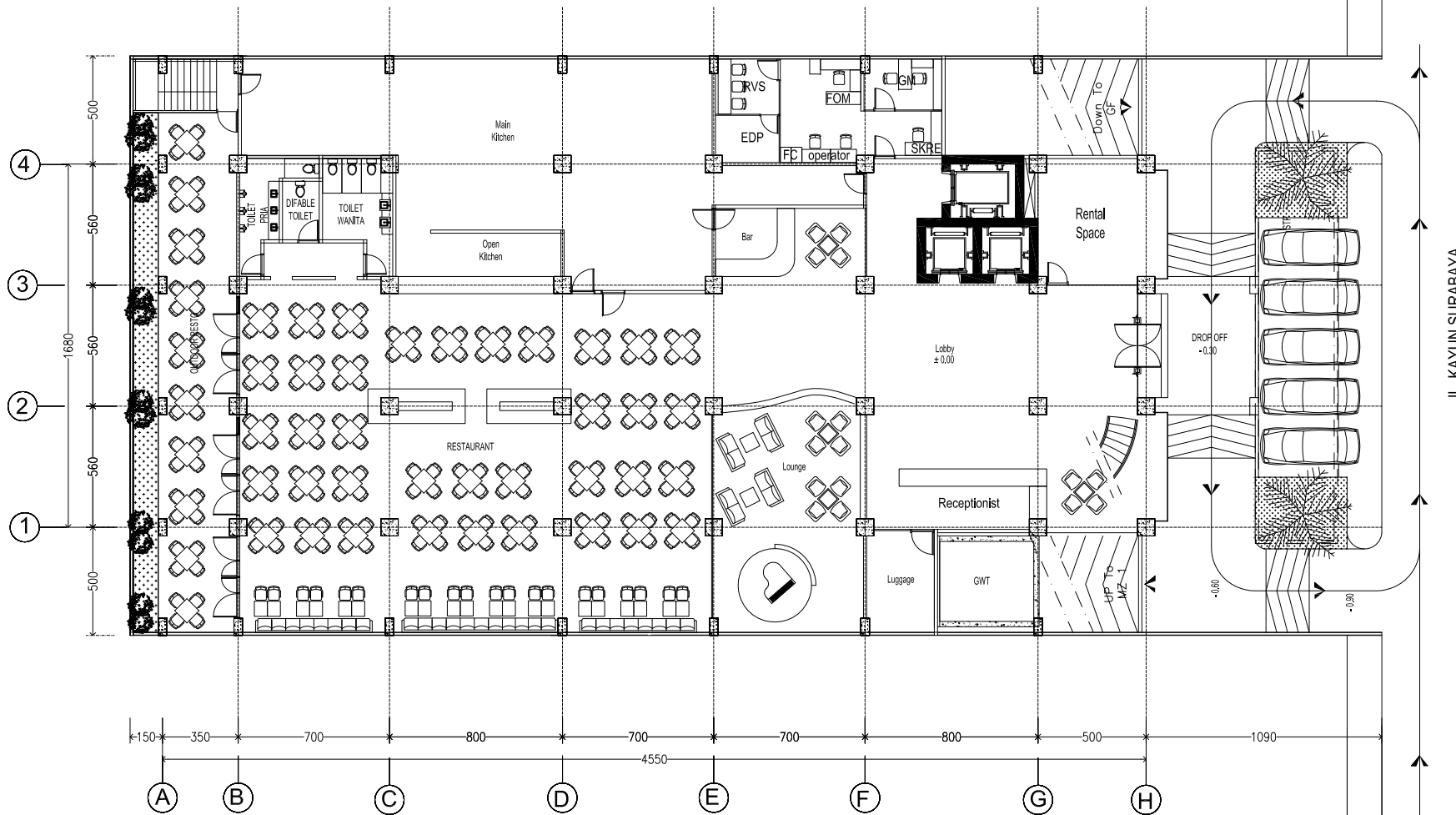


TAMPAK SAMPING KIRI
SKALA 1:200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. TAMPAK SAMPING KIRI 2. TAMPAK SAMPING KANAN	1:200	2	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



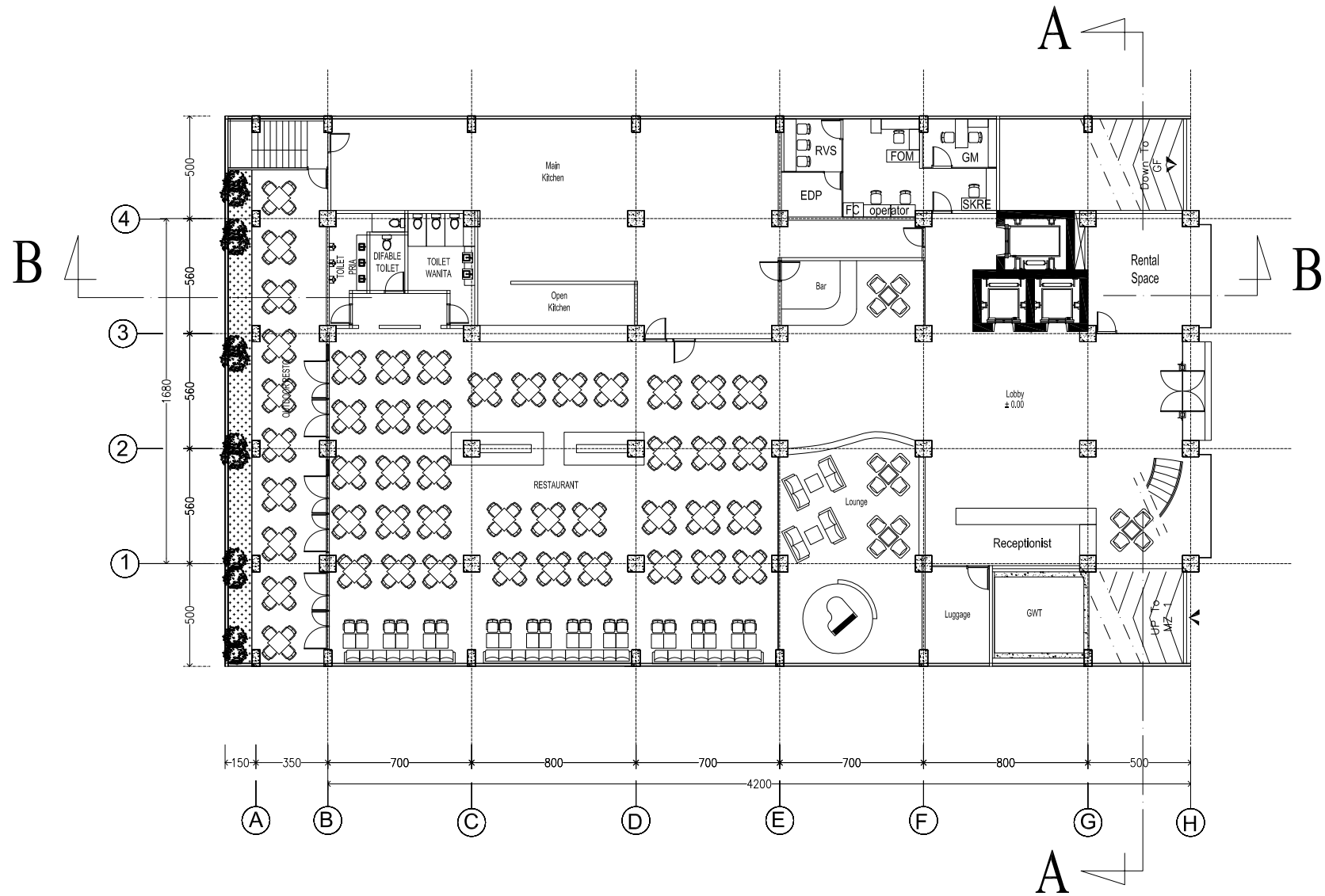
SITE PLAN

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. SITE PLAN	1:200	3	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



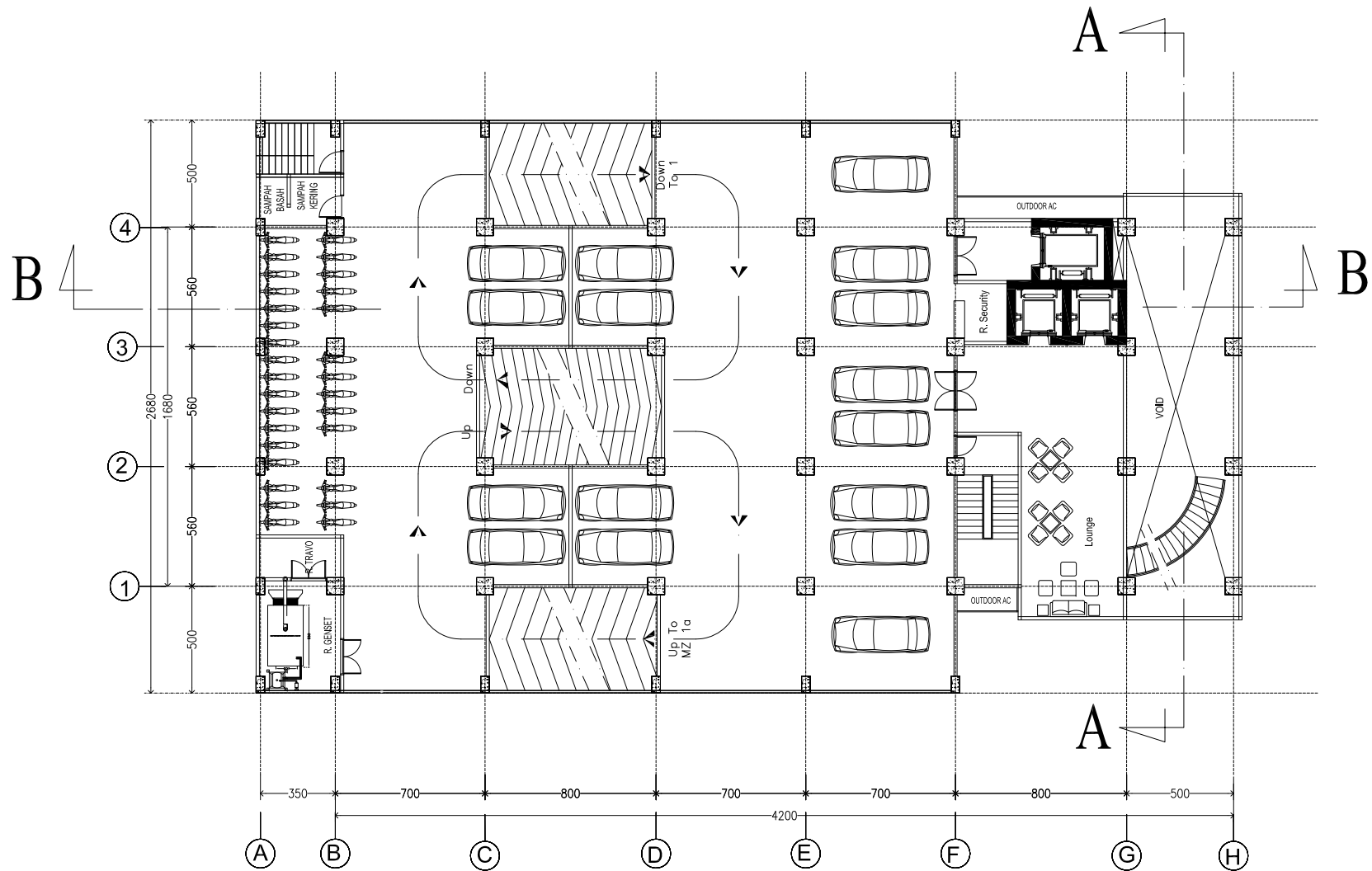
GROUND FLOOR

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH GROUND FLOOR	1:200	4	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



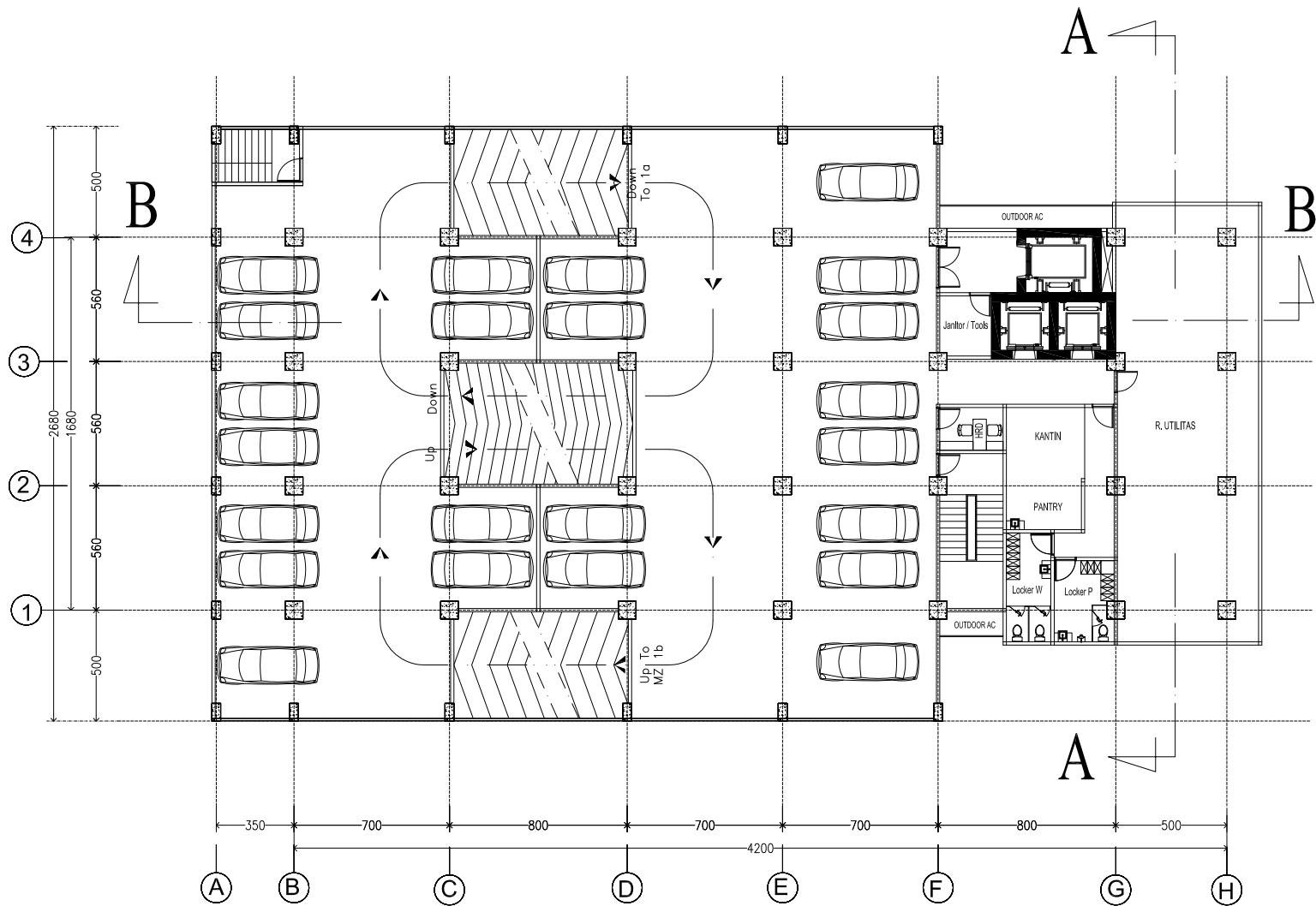
DENAH LT.MZ 1

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. MZ 1	1:200	5	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



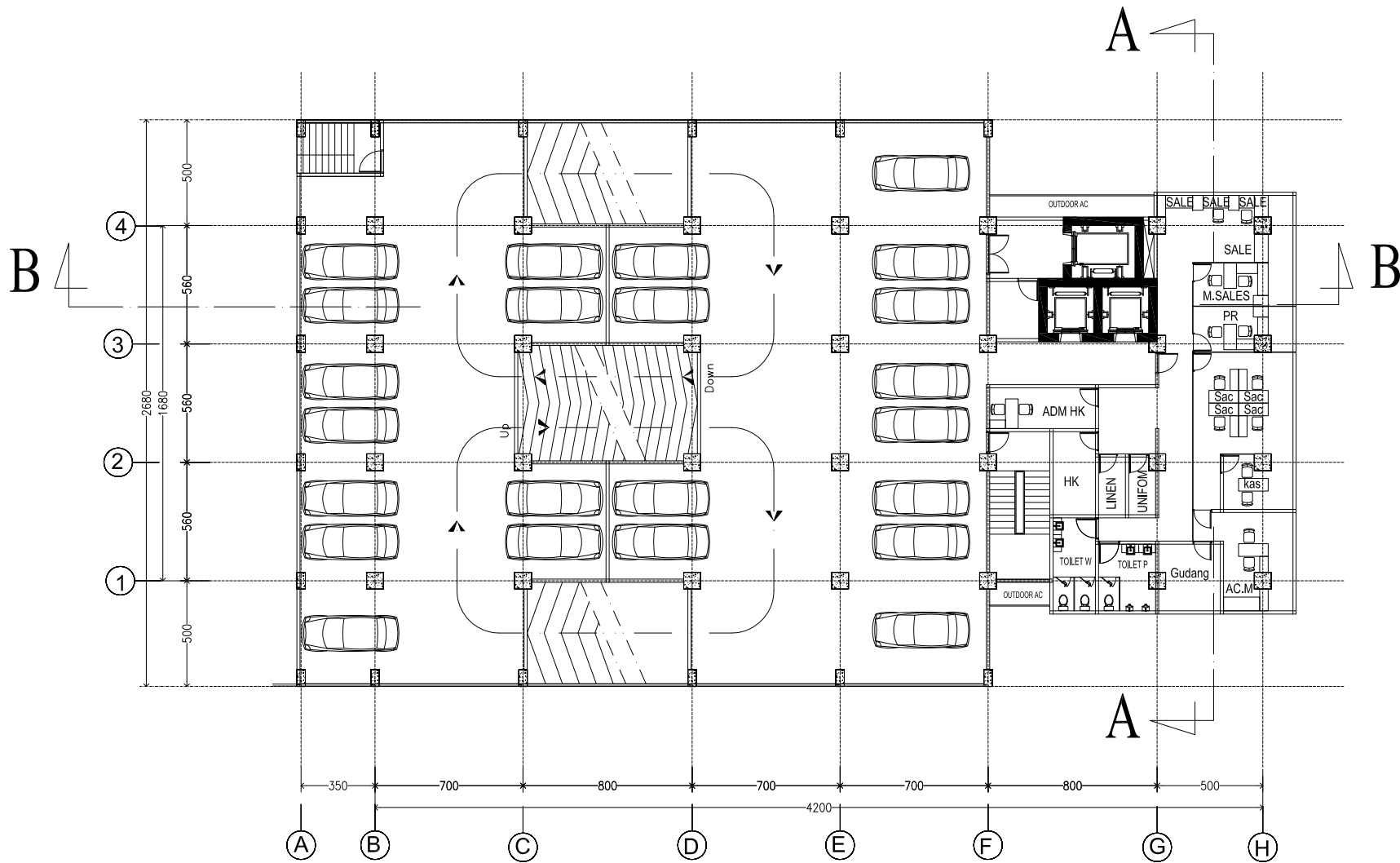
DENAH LT.MZ 1A

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1A	1:200	6	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



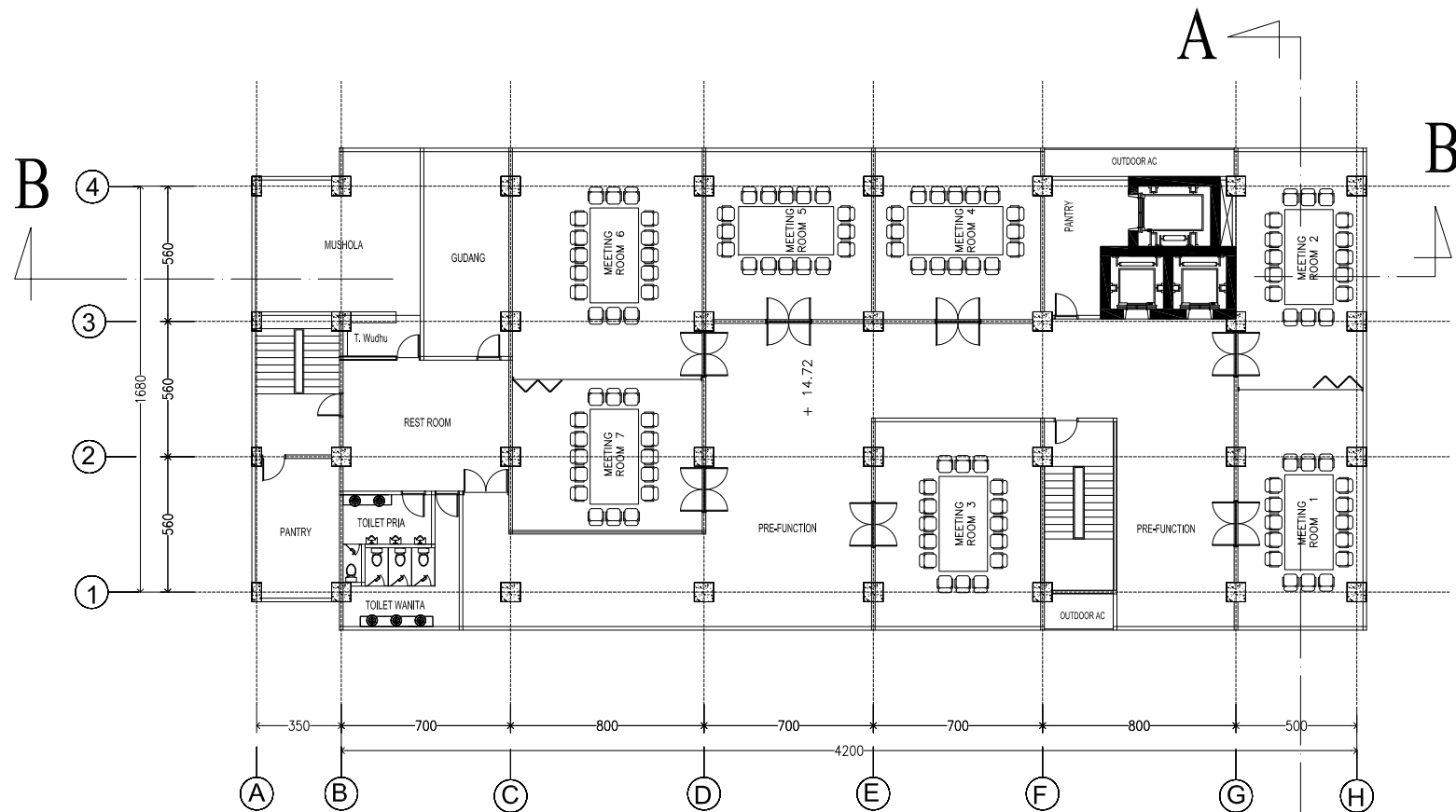
DENAH LT.MZ 1B

SKALA 1 : 200



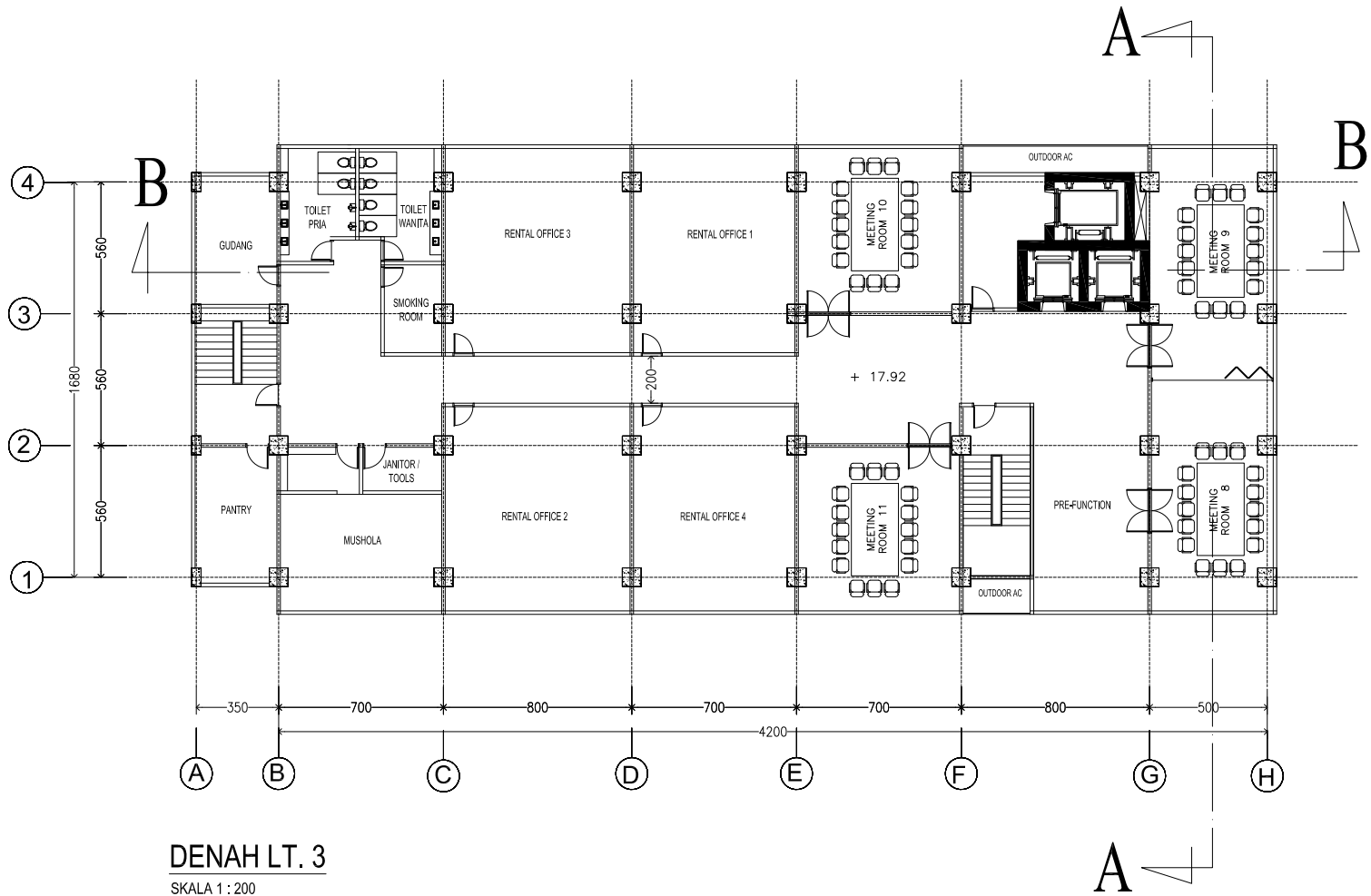
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. MZ 1B	1:150	7	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



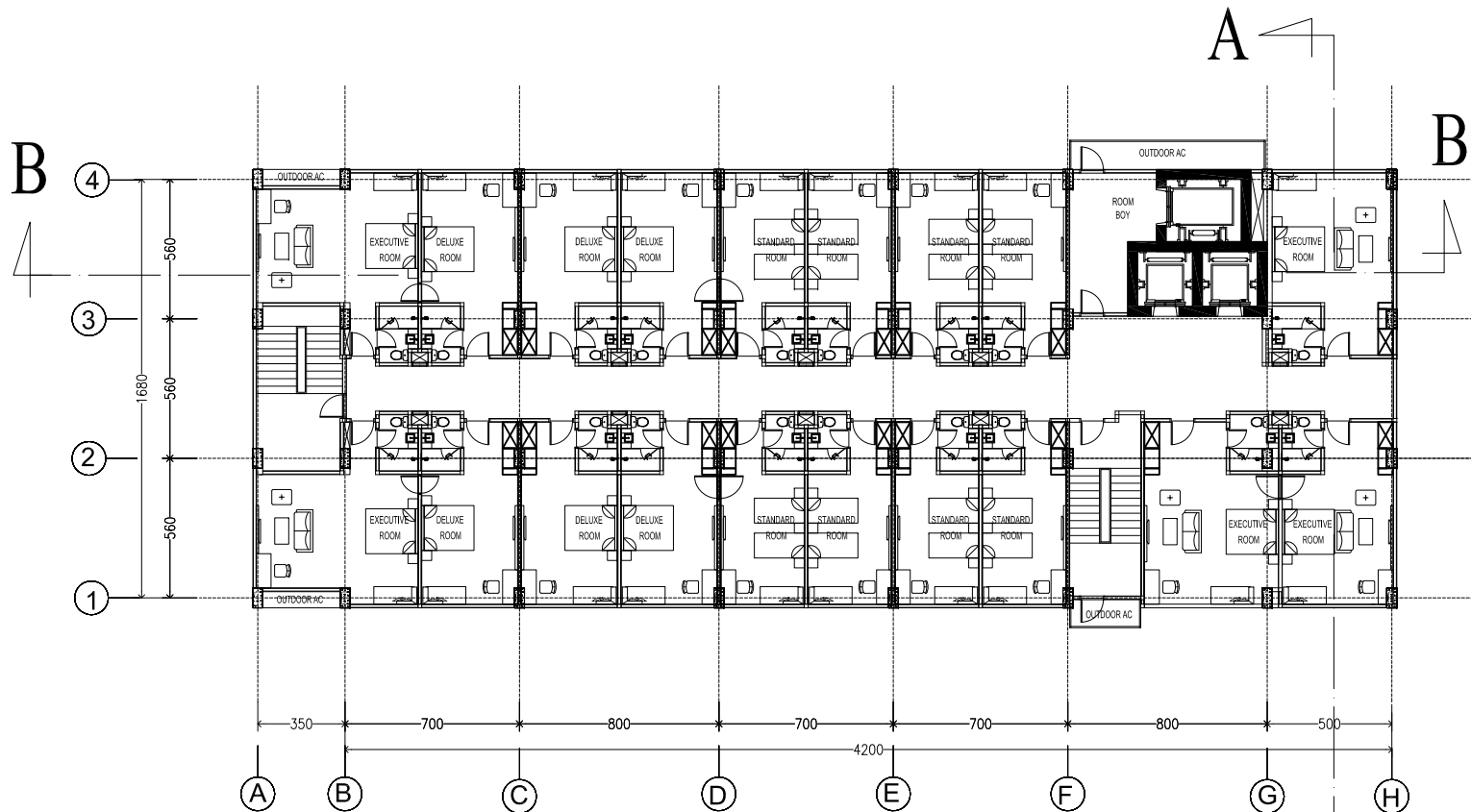
DENAH LT. 2
SKALA 1 : 200

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN		NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2014		1. DENAH LT. 2	1:150	8	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 3	1:150	9	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



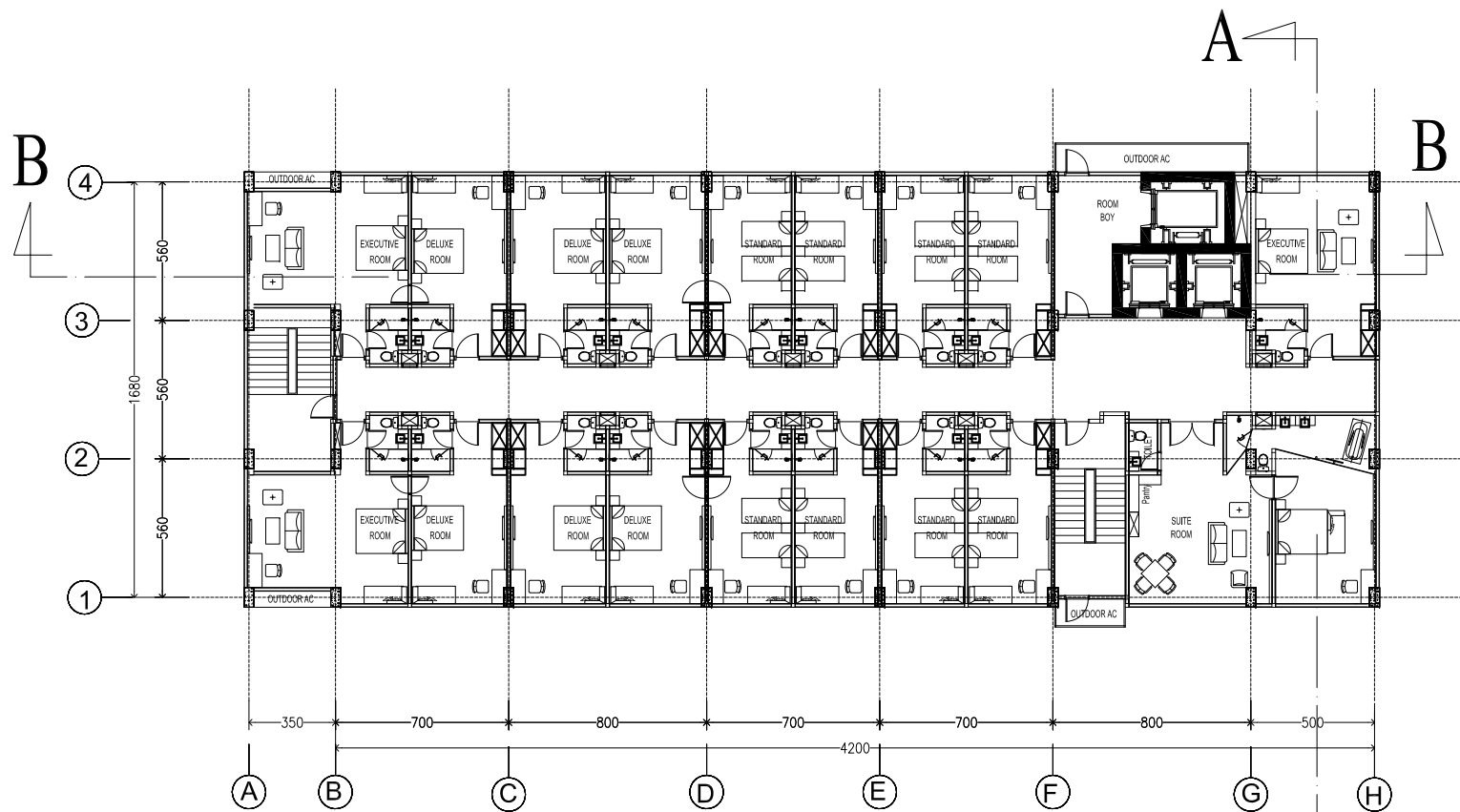
DENAH LT. 4 - 12

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 4 - 12	1:150	10	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



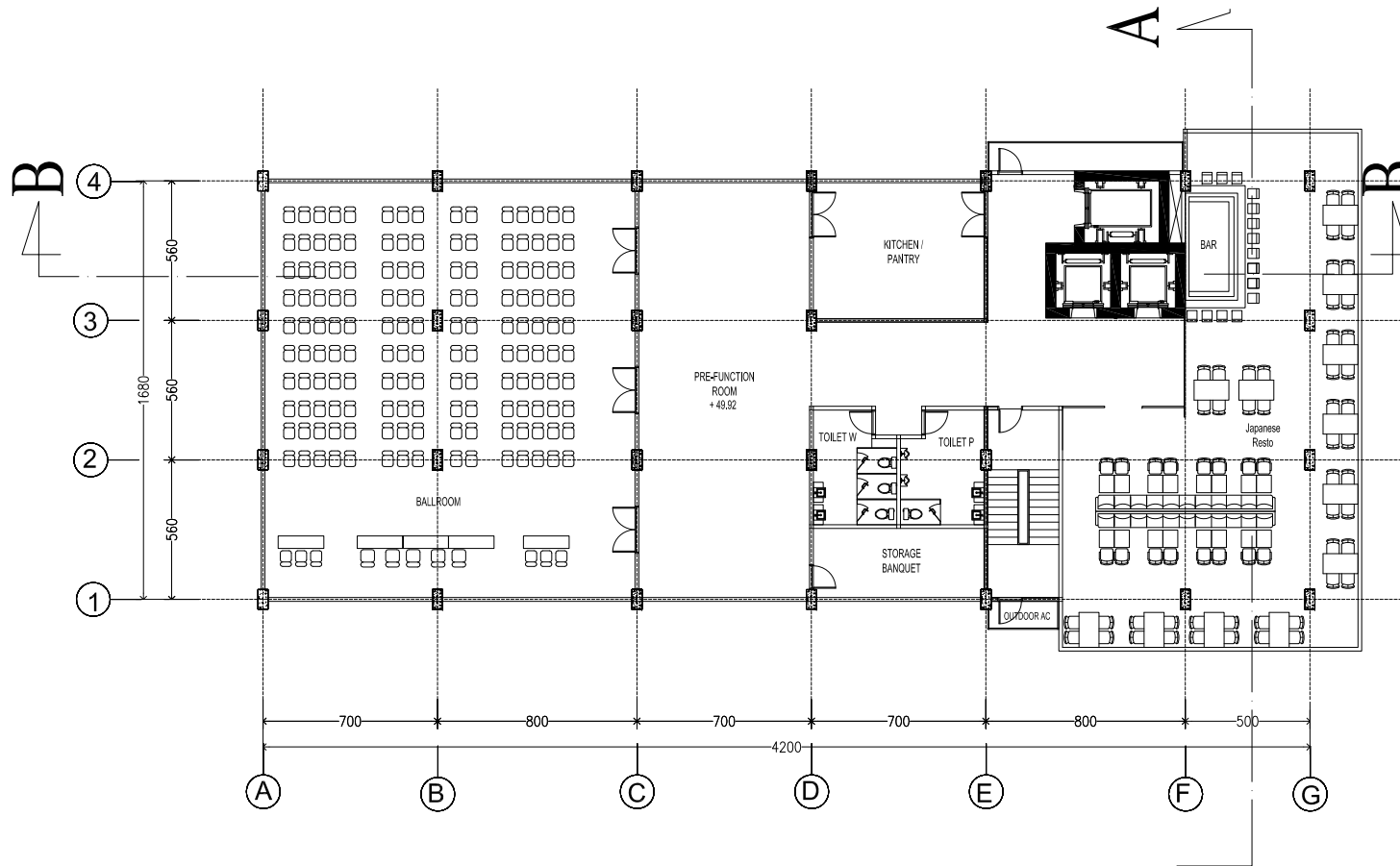
DENAH LT. 13 - 14

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 13 - 14	1:150	11	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



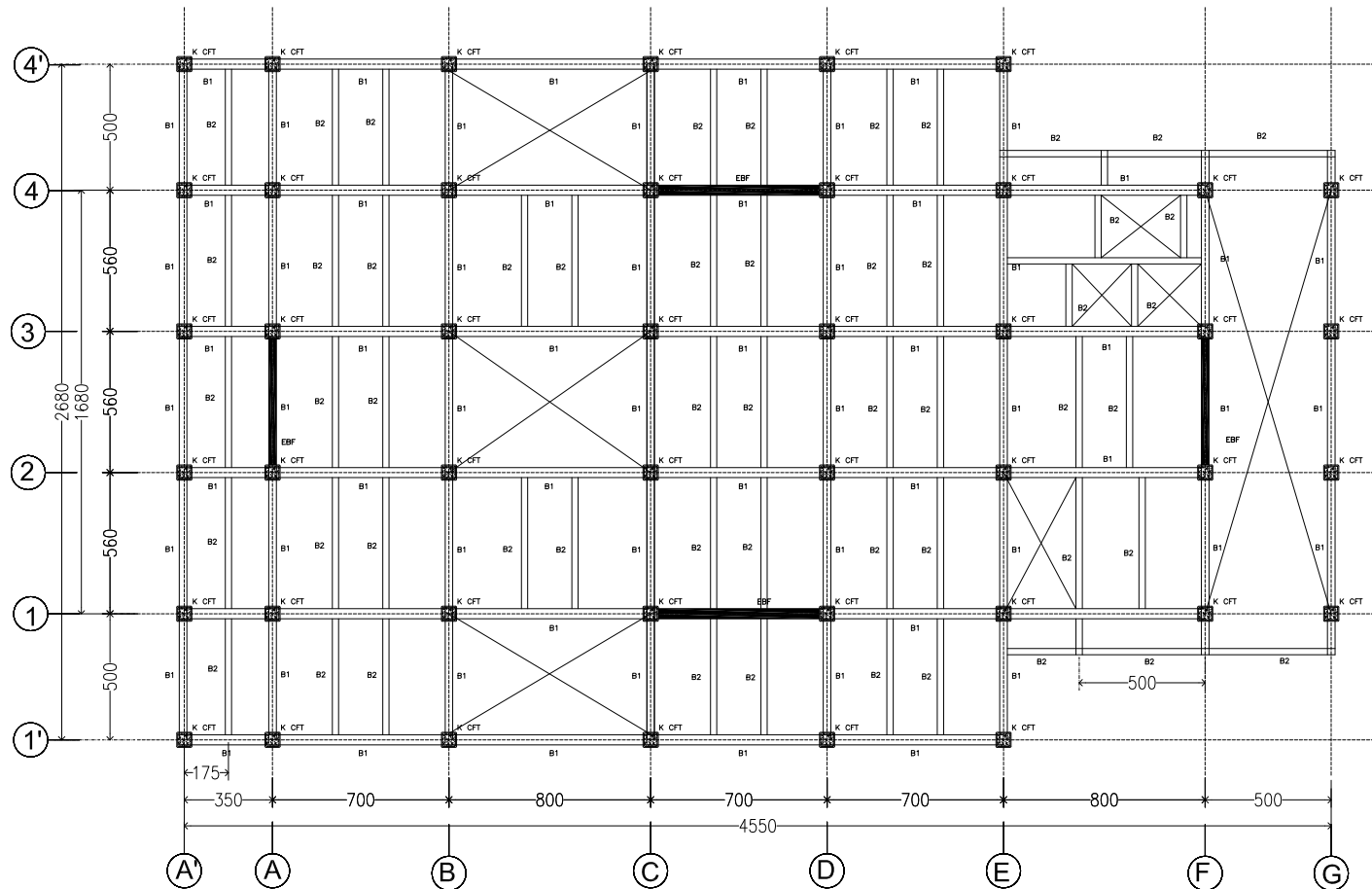
DENAH LT. 15

SKALA 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH LT. 15	1:200	12	12	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	ARS



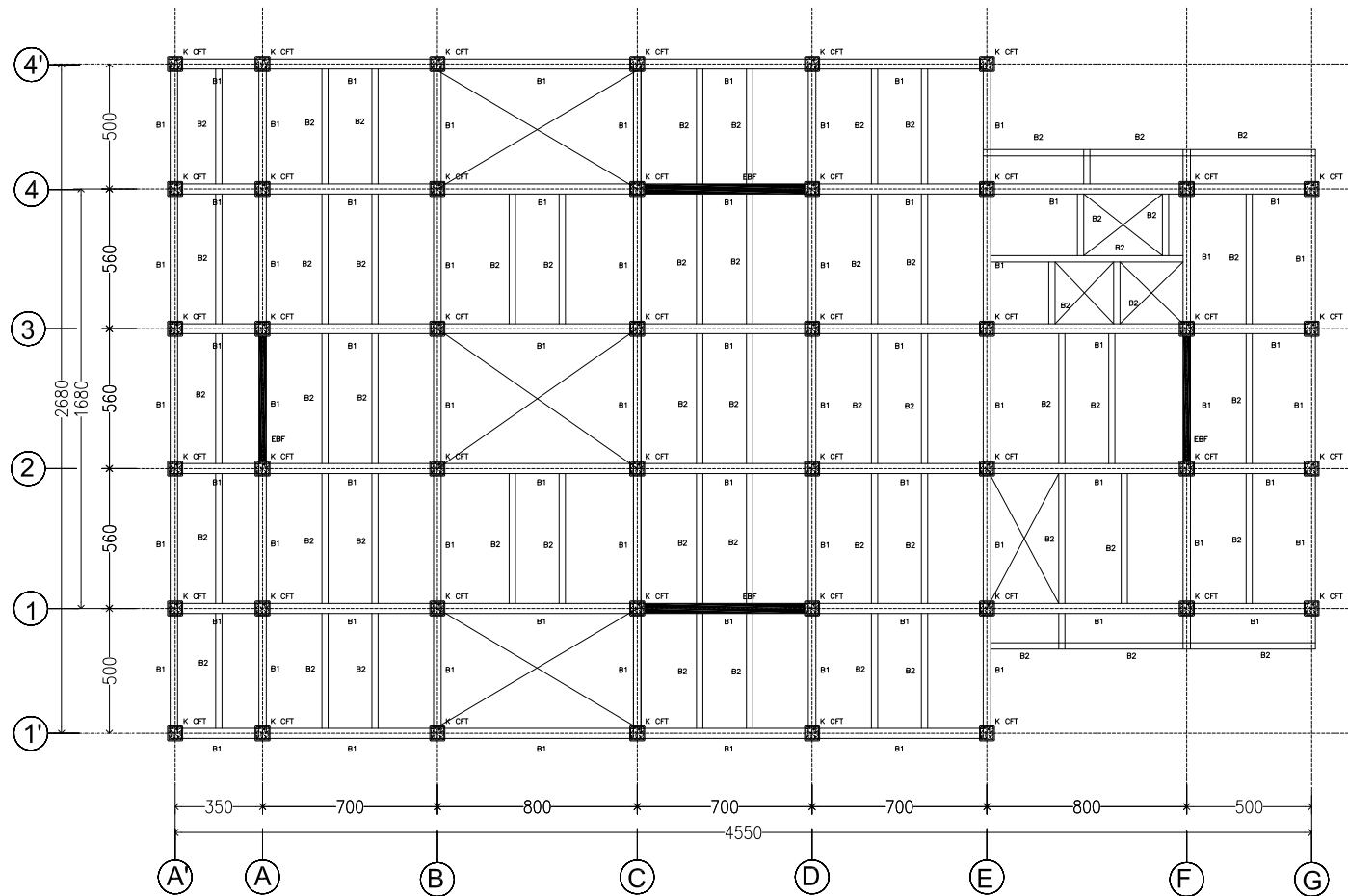
DENAH BALOK LT. MZ 1
 skala 1 : 200

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1	1:200	1	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

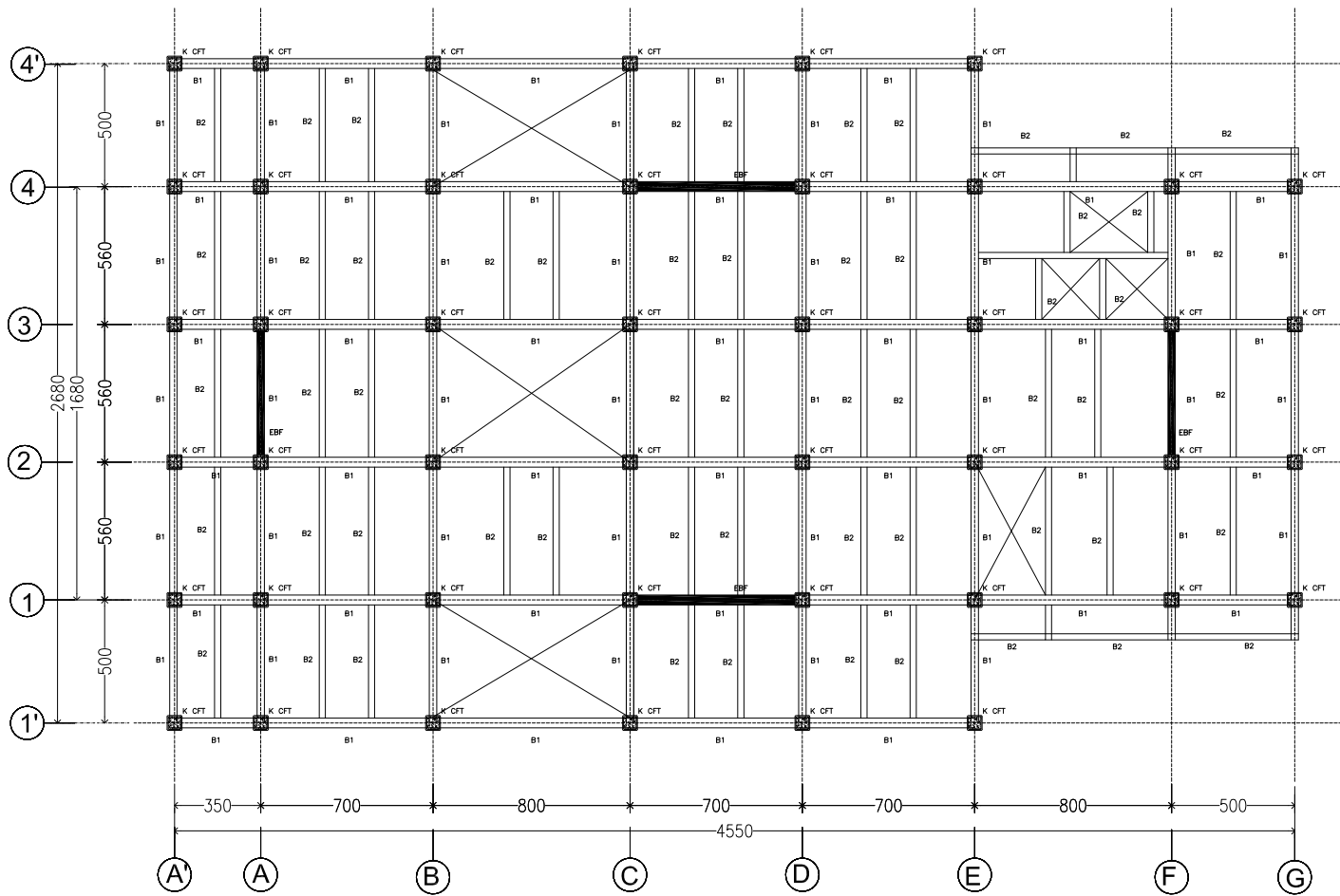


DENAH BALOK LT. MZ 1a
 skala 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1A	1:200	2	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



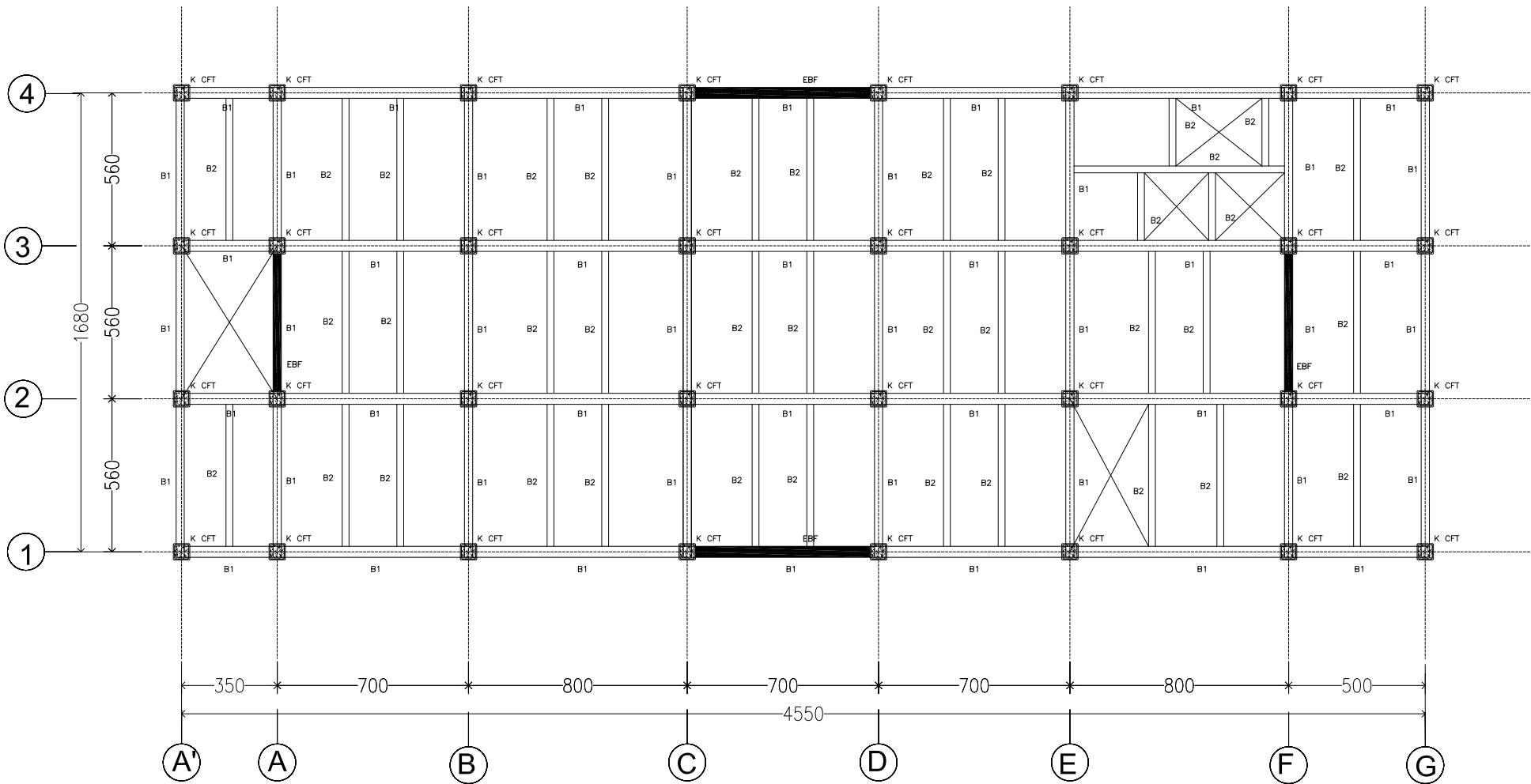
DENAH BALOK LT. MZ 1b
 skala 1 : 200

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. MZ 1B	1:200	3	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



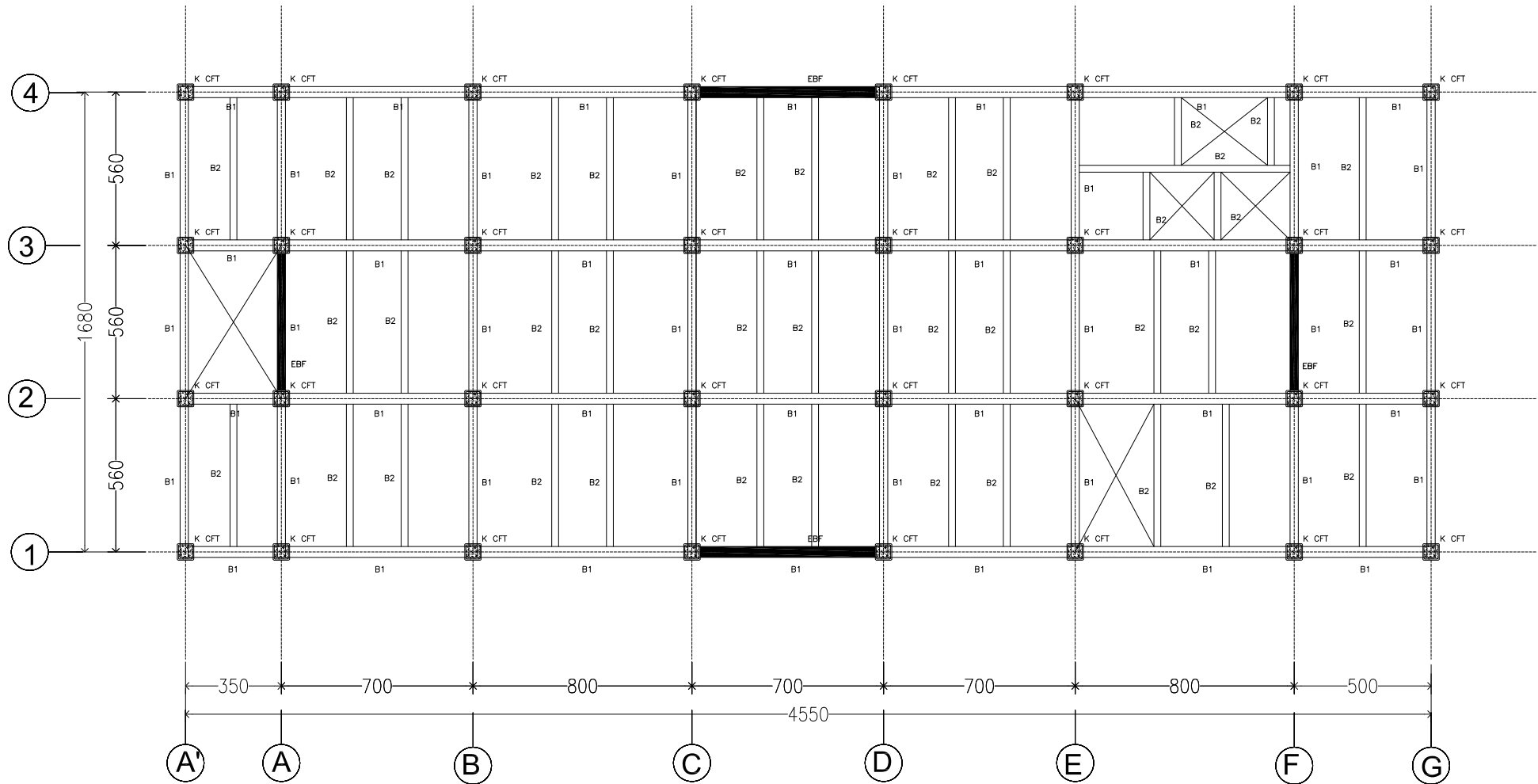
DENAH BALOK LT. 3
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 2	1:150	4	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



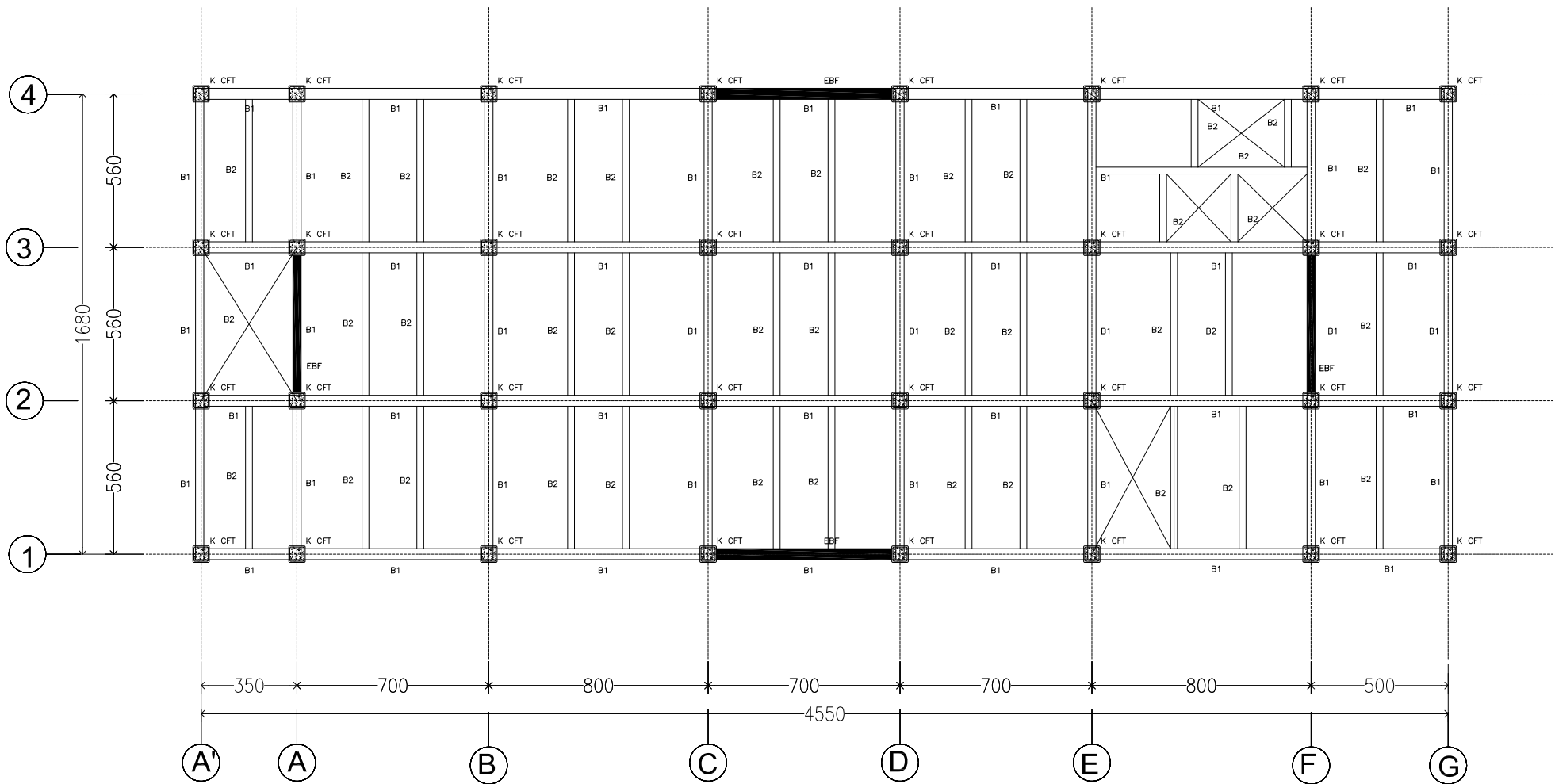
DENAH BALOK LT. 3
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 3	1:150	5	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



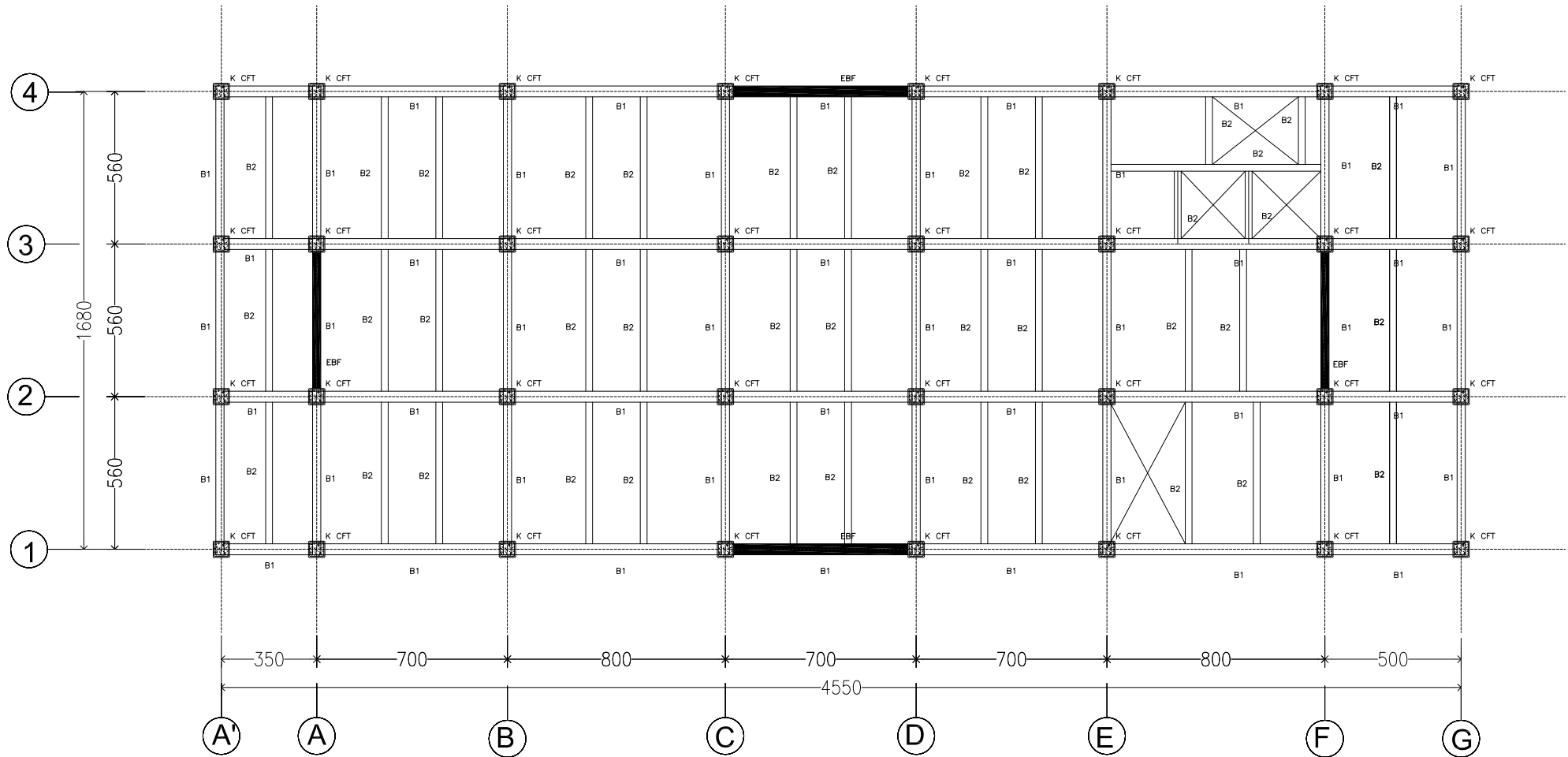
DENAH BALOK LT. 4 - 14
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 4 - 14	1:150	6	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



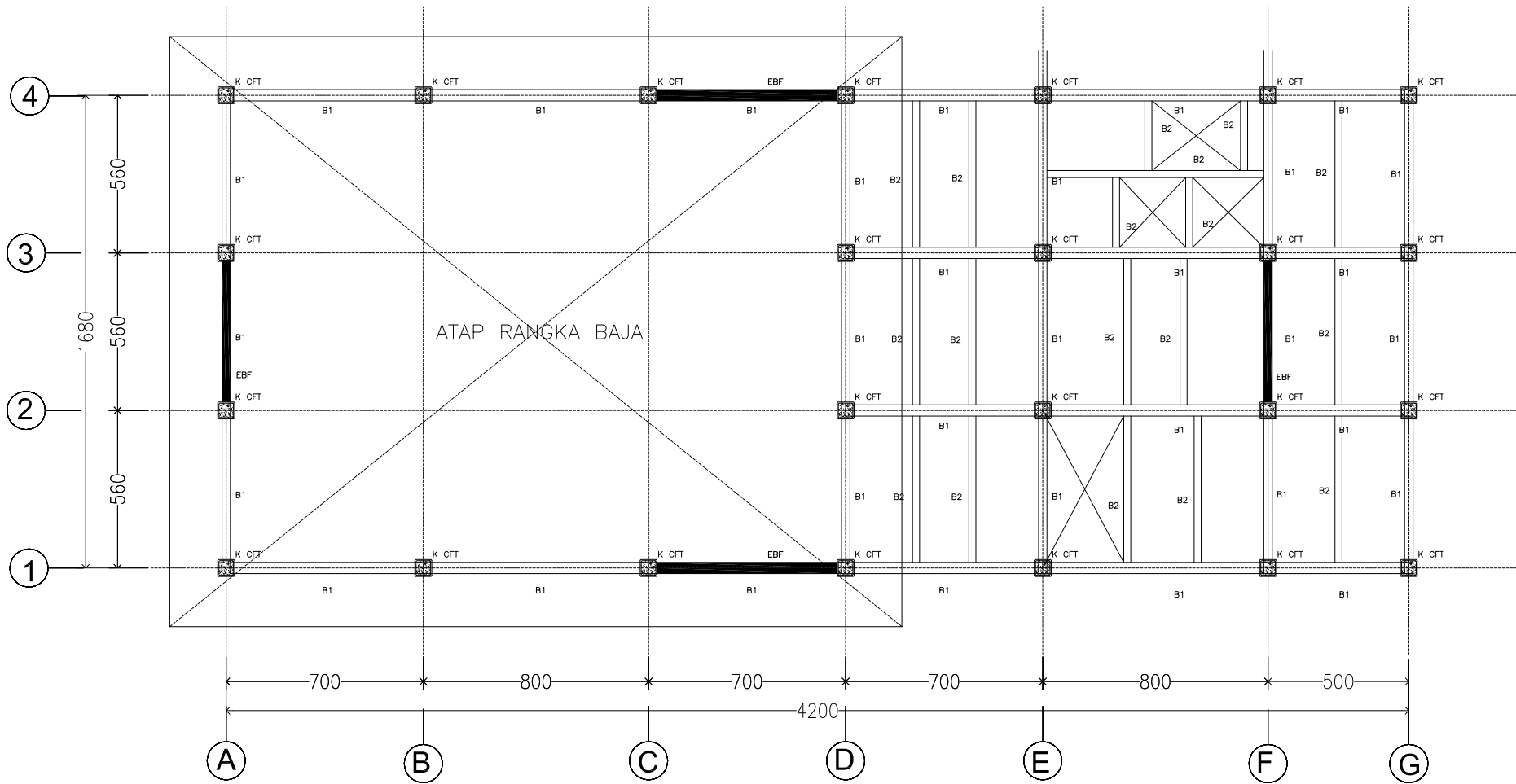
DENAH BALOK LT. 15
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. 15	1:150	7	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



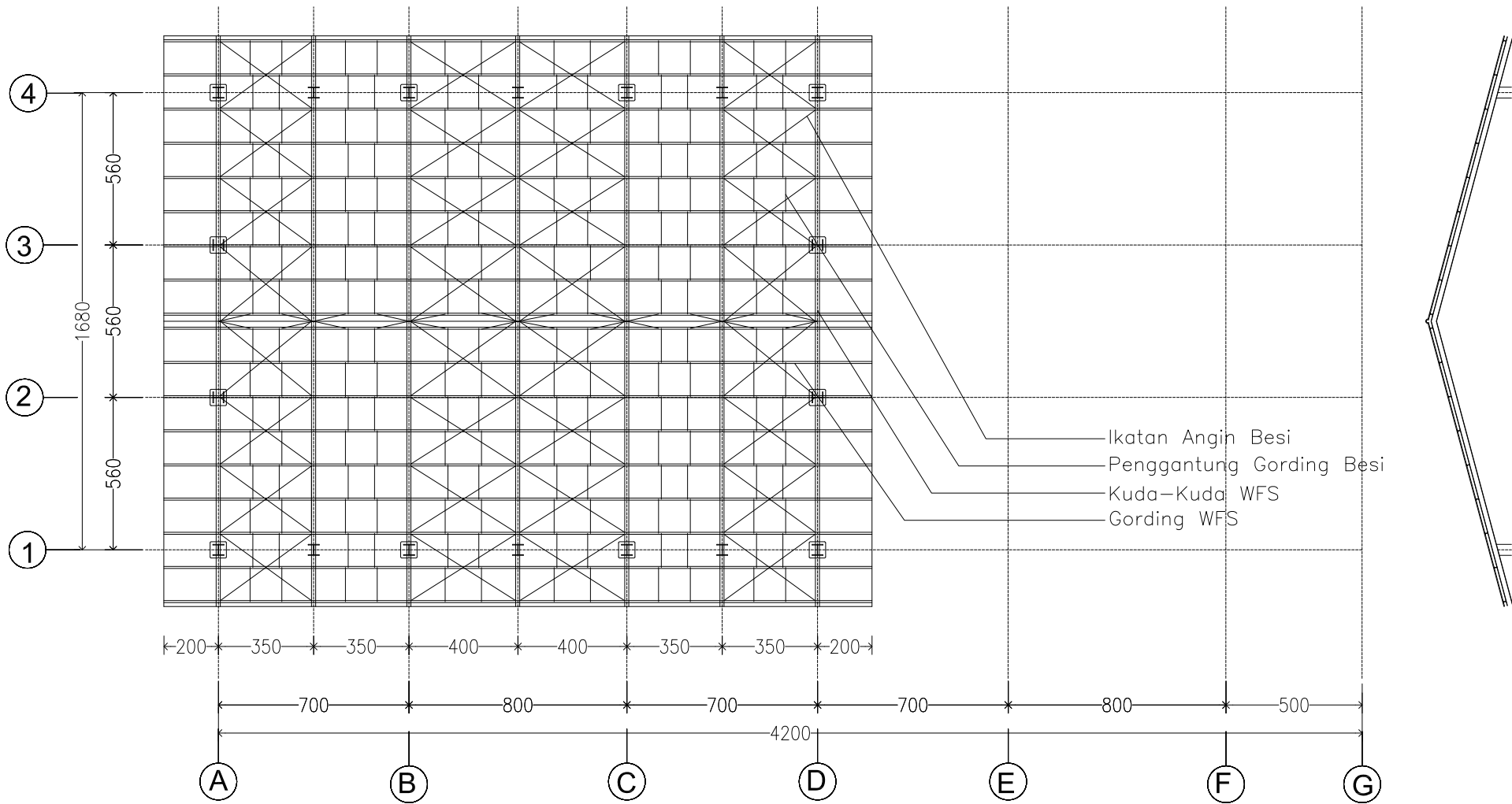
DENAH BALOK LT. ATAP
 skala 1 : 150

JENIS BALOK	
B1	BALOK INDUK
B2	BALOK ANAK



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH BALOK LT. ATAP	1:150	8	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

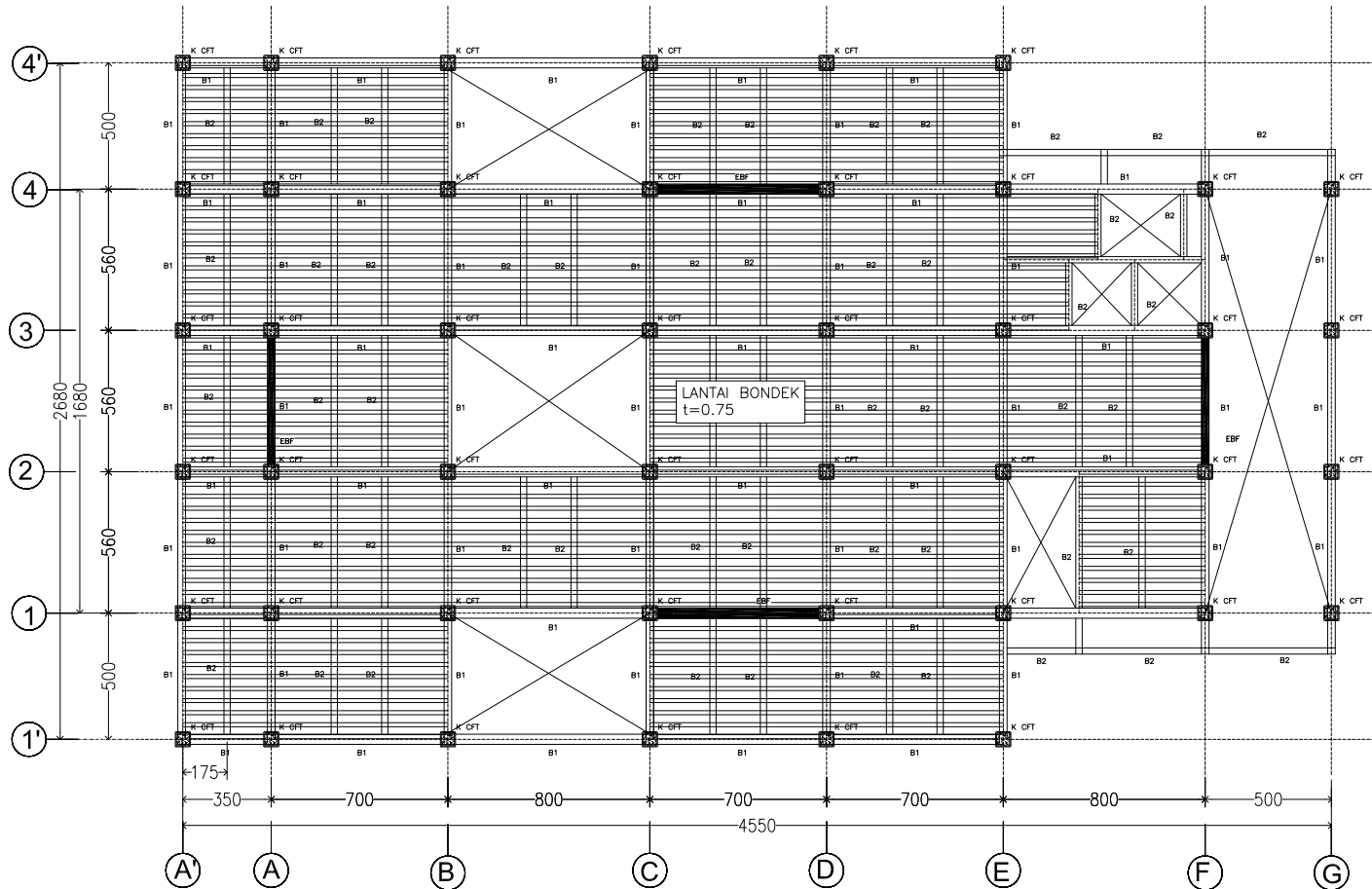


DENAH RANGKA ATAP BAJA
 skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH RANGKA ATAP BAJA	1:200	9	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

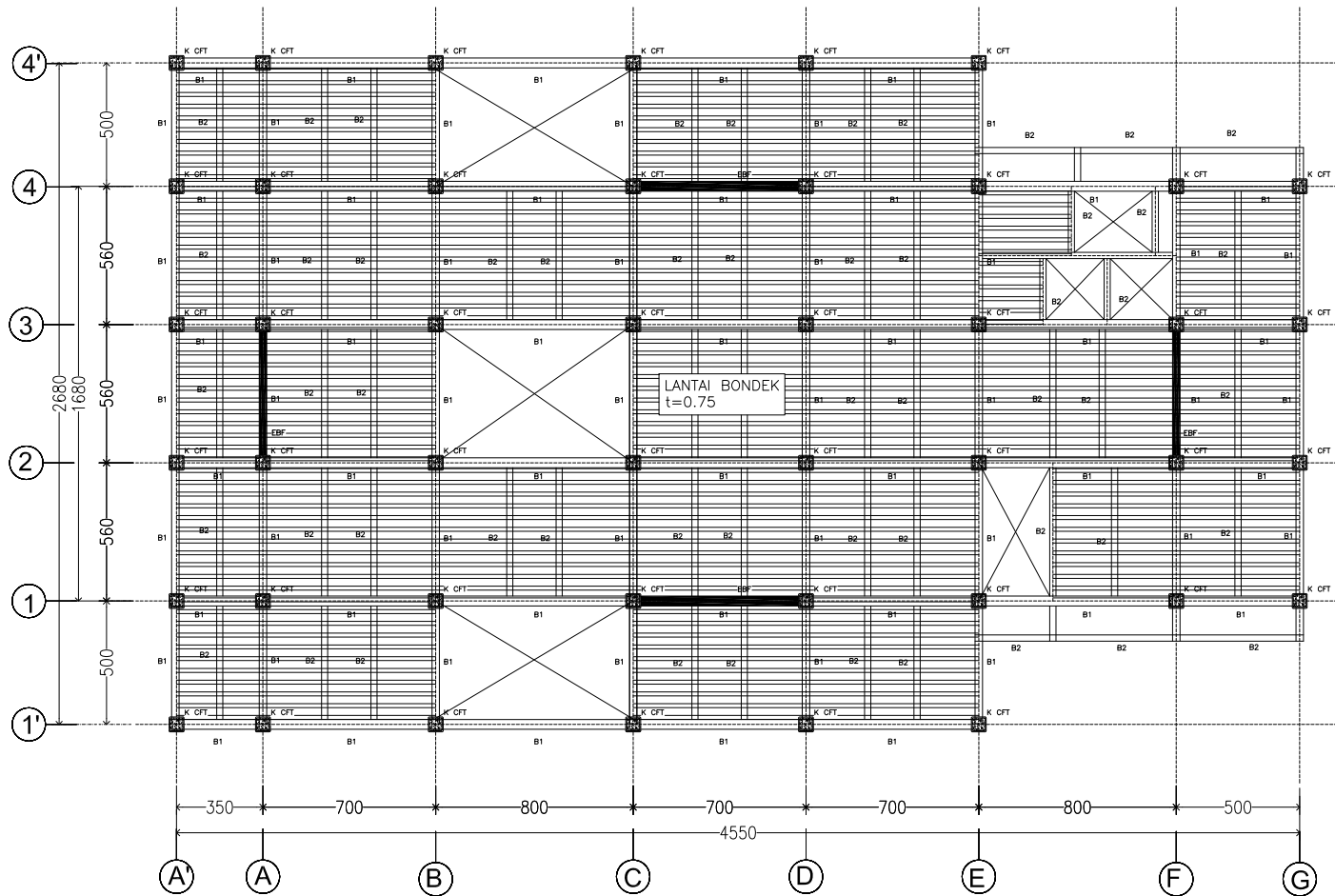


■ DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1
 skala 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1	1:200	10	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

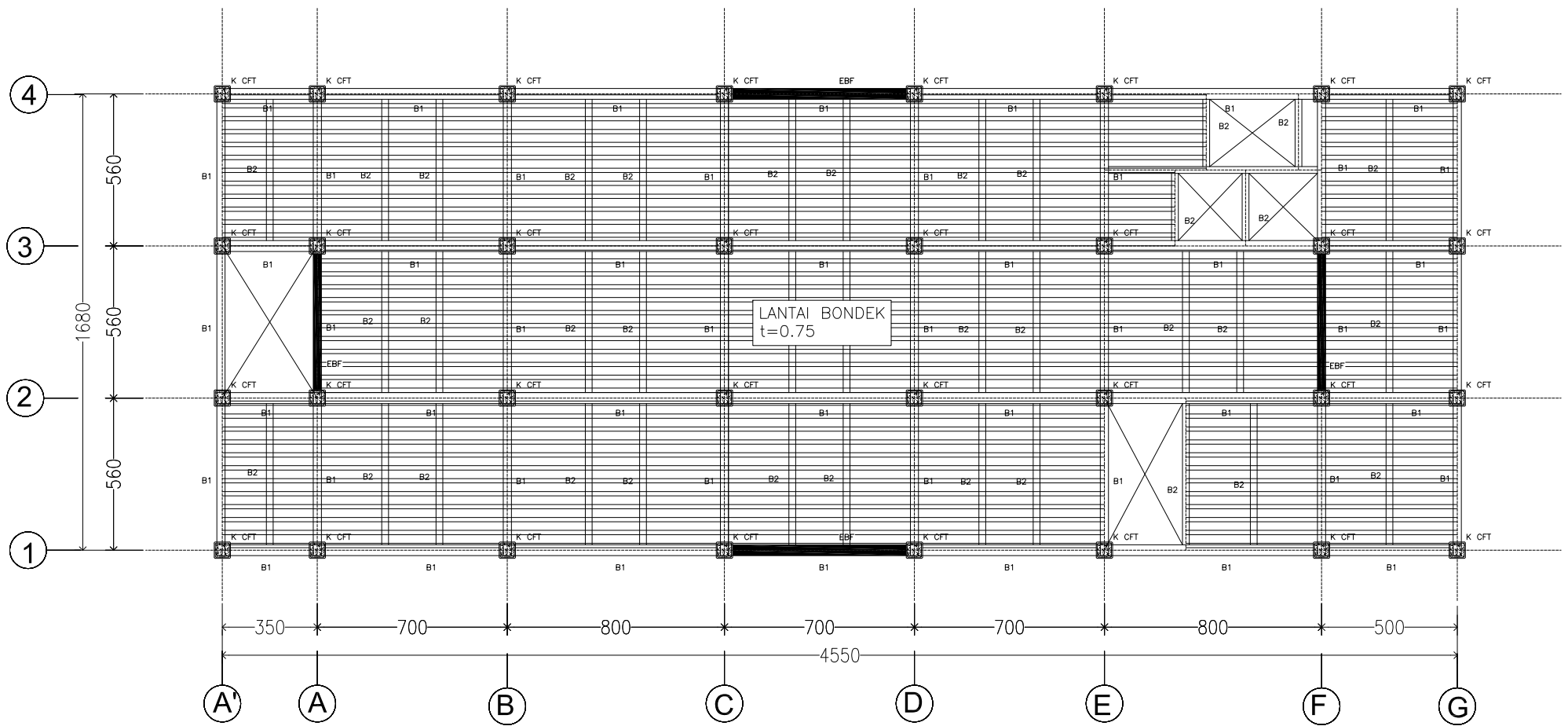


DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1a - 1b
skala 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT. MZ 1a-1b	1:200	11	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

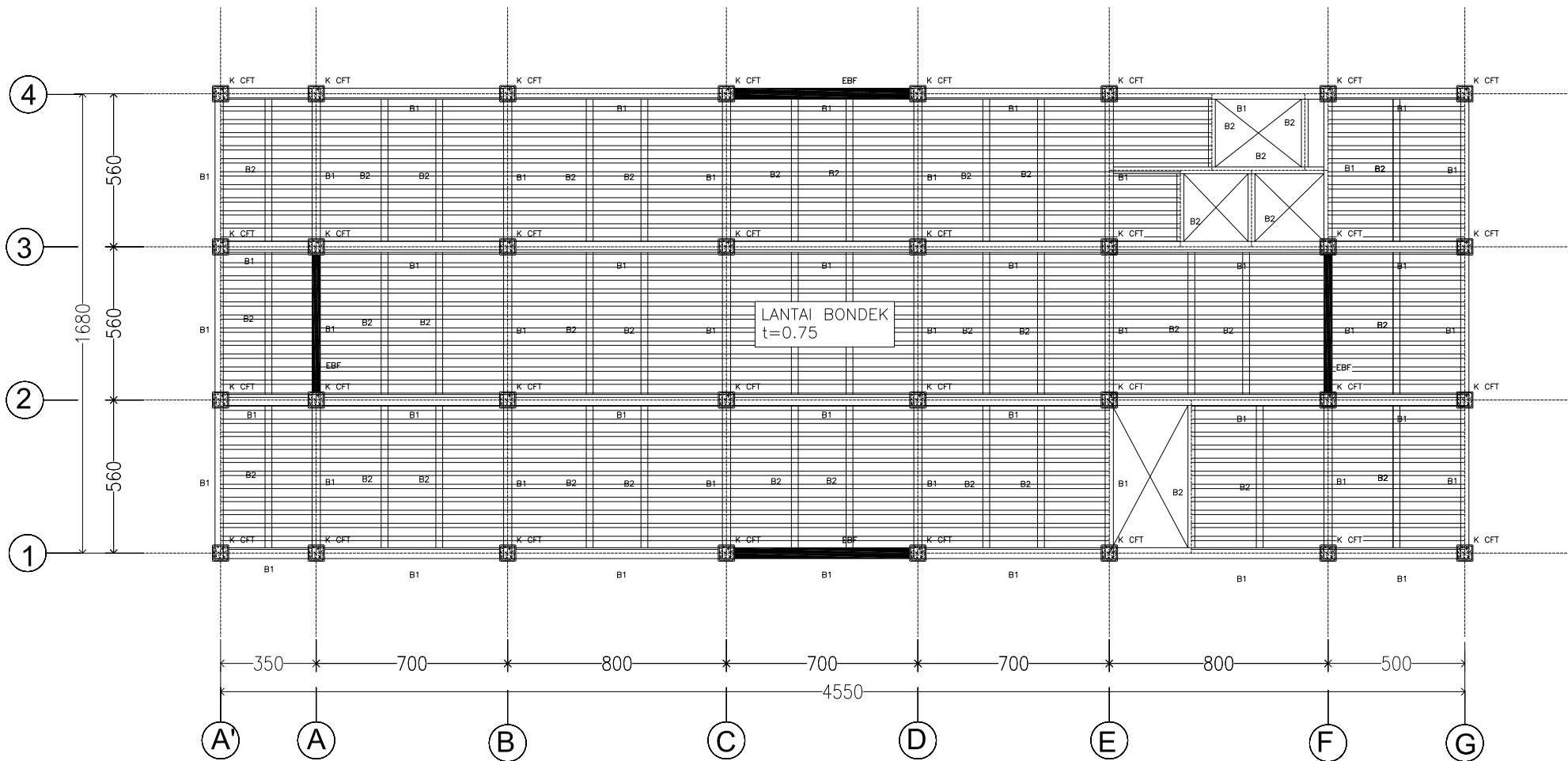


DENAH PELAT BONDEK LT. 2 - 14
 skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT 2-14	1:150	12	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

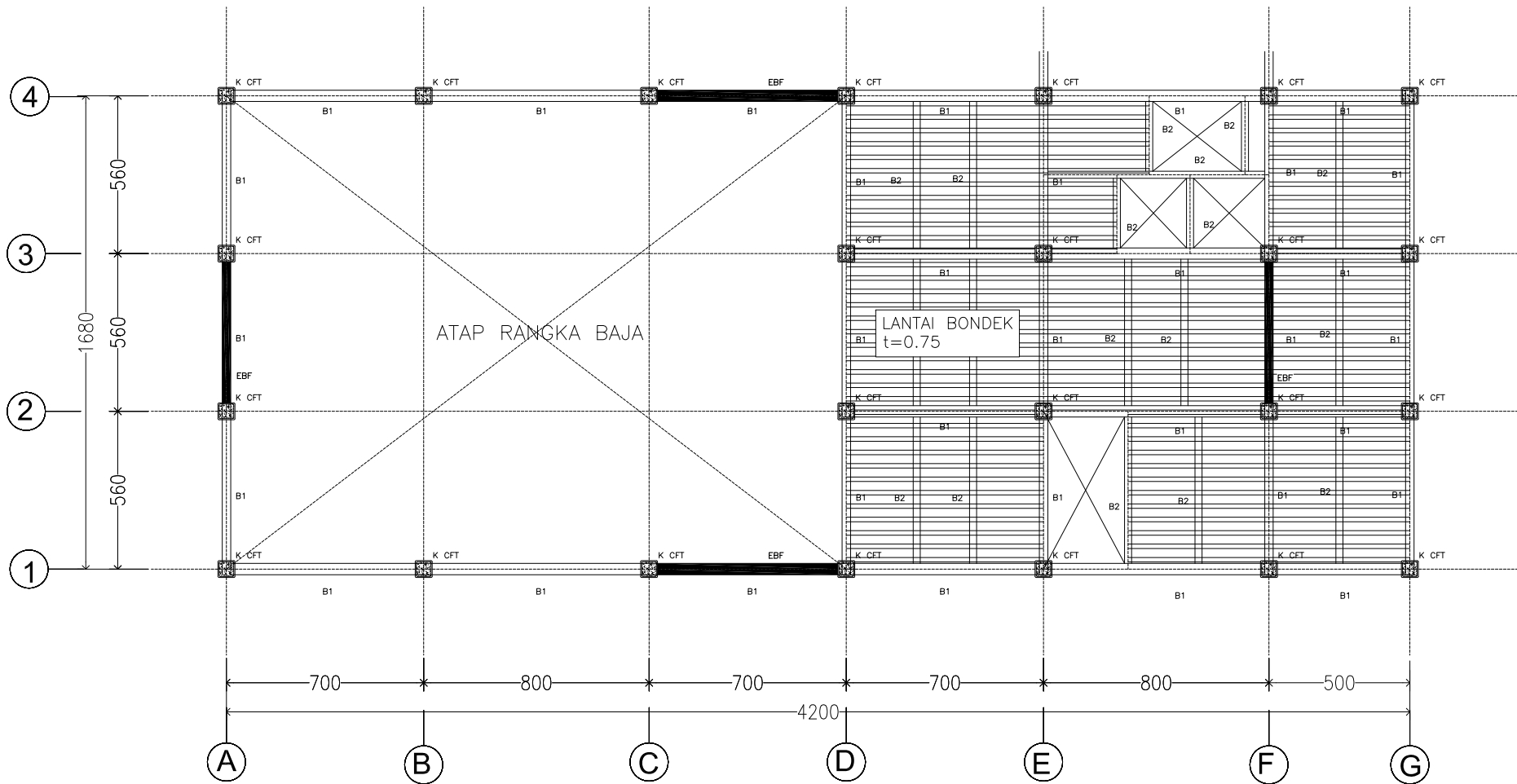


DENAH PELAT BONDEK LT. 15
 skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PELAT BONDEK LT. 15	1:150	13		FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

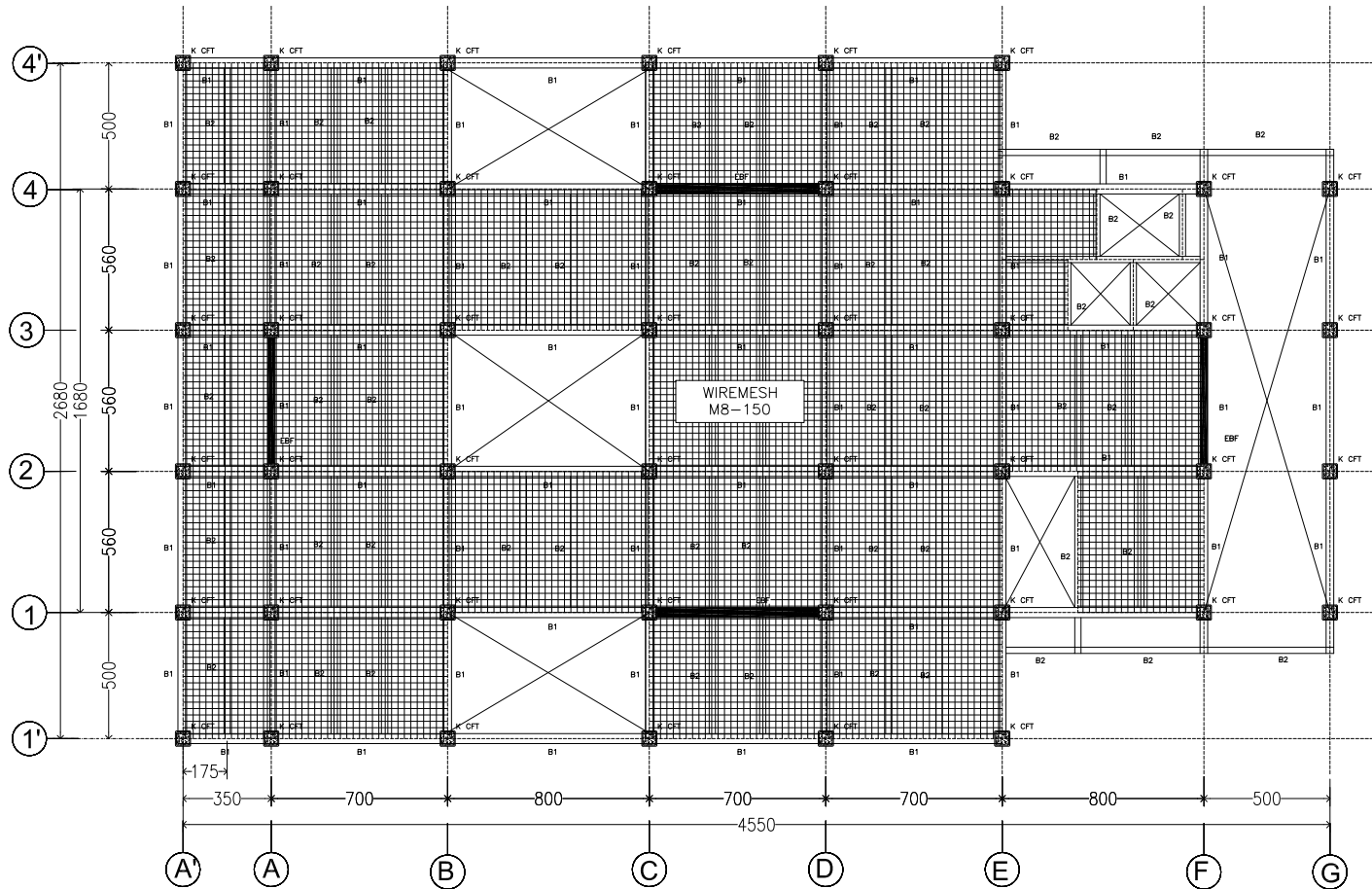


DENAH PELAT BONDEK LT. ATAP
 skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1.DENAH PELAT BONDEK LT. ATAP	1:150	14	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

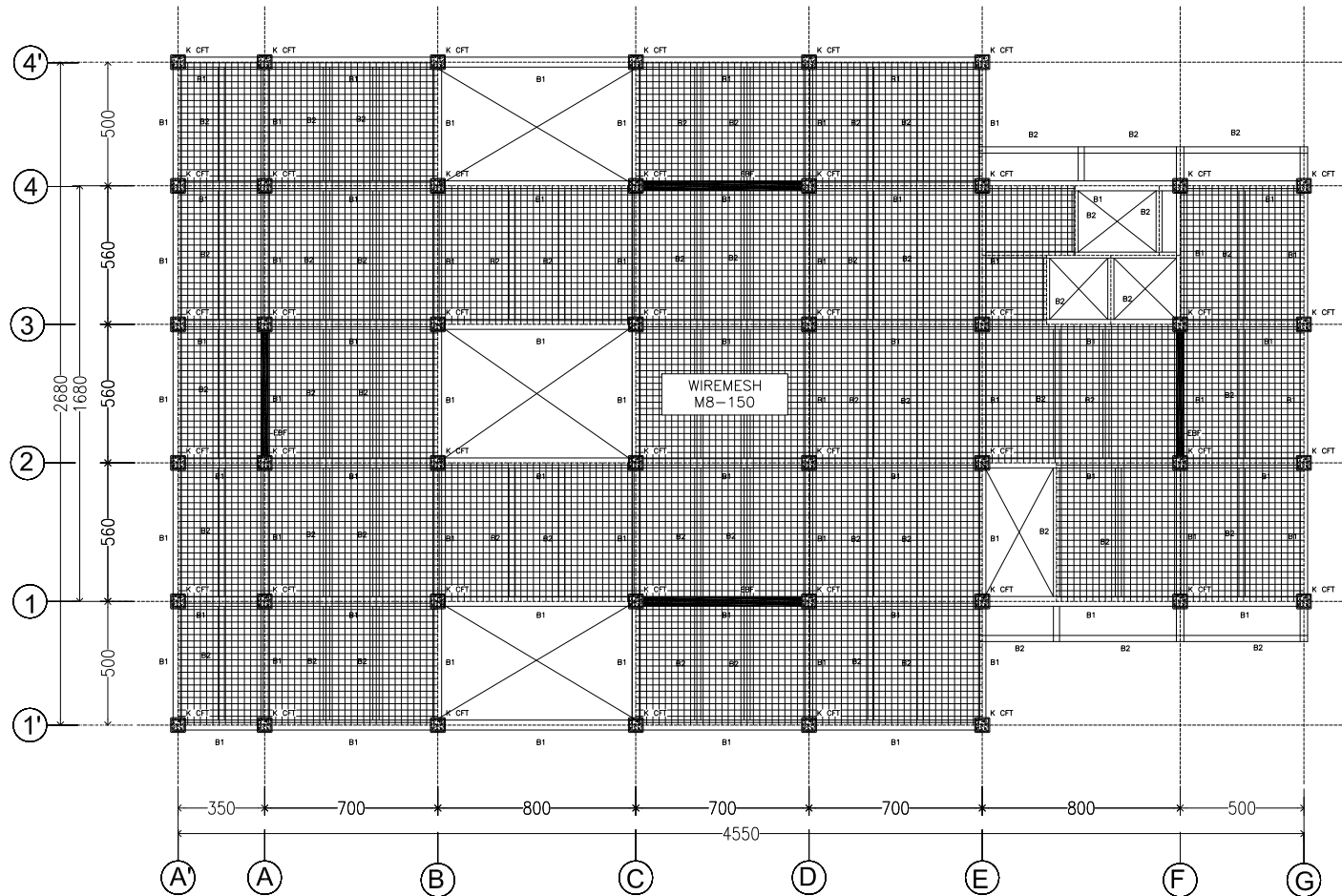


DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1
 skala 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1	1:150	15	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

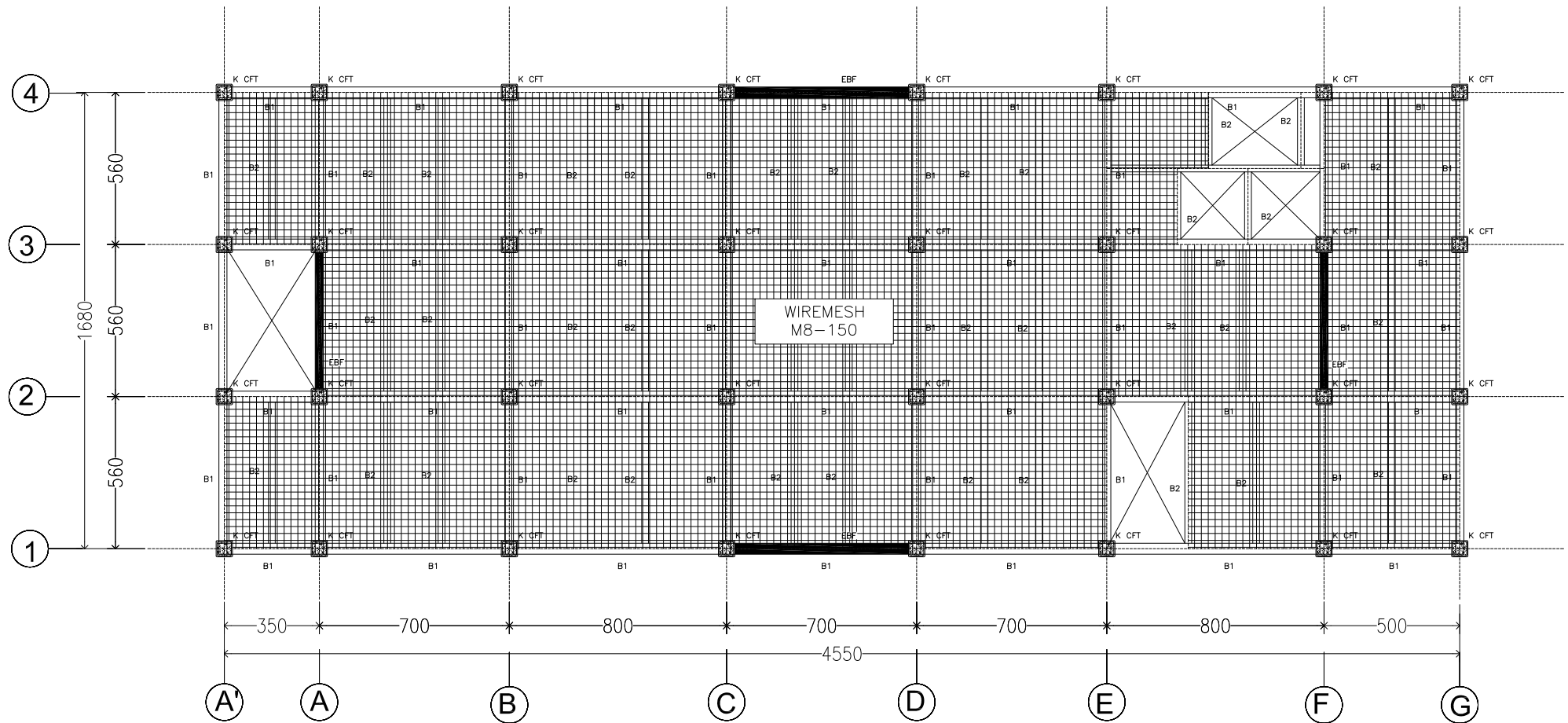


DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1a - 1b
 skala 1 : 200



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. MZ 1a-1b	1:200	16	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

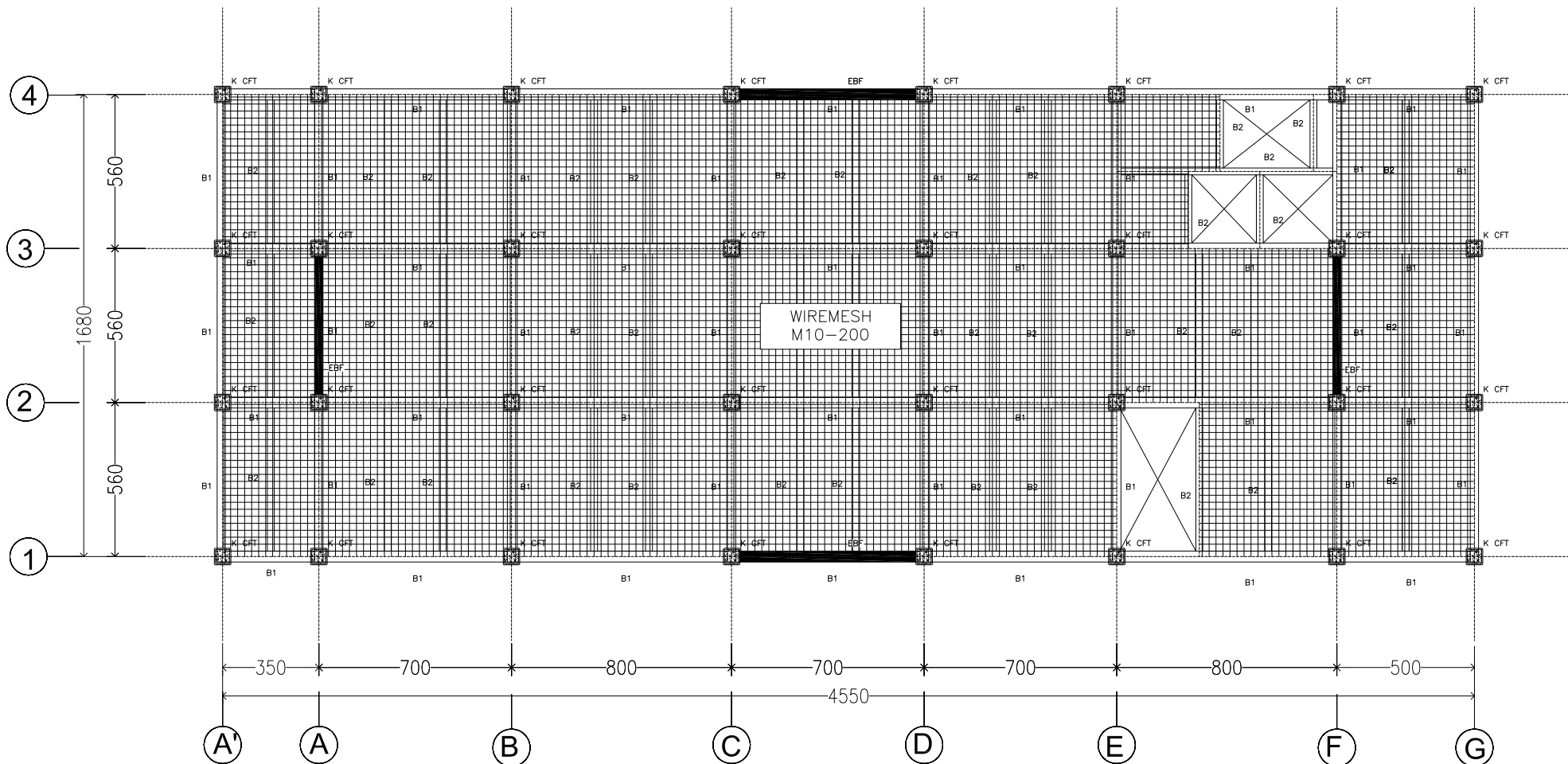


DENAH PENULANGAN PELAT LT. 2 - 3
 skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. 2-3	1:200	17	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

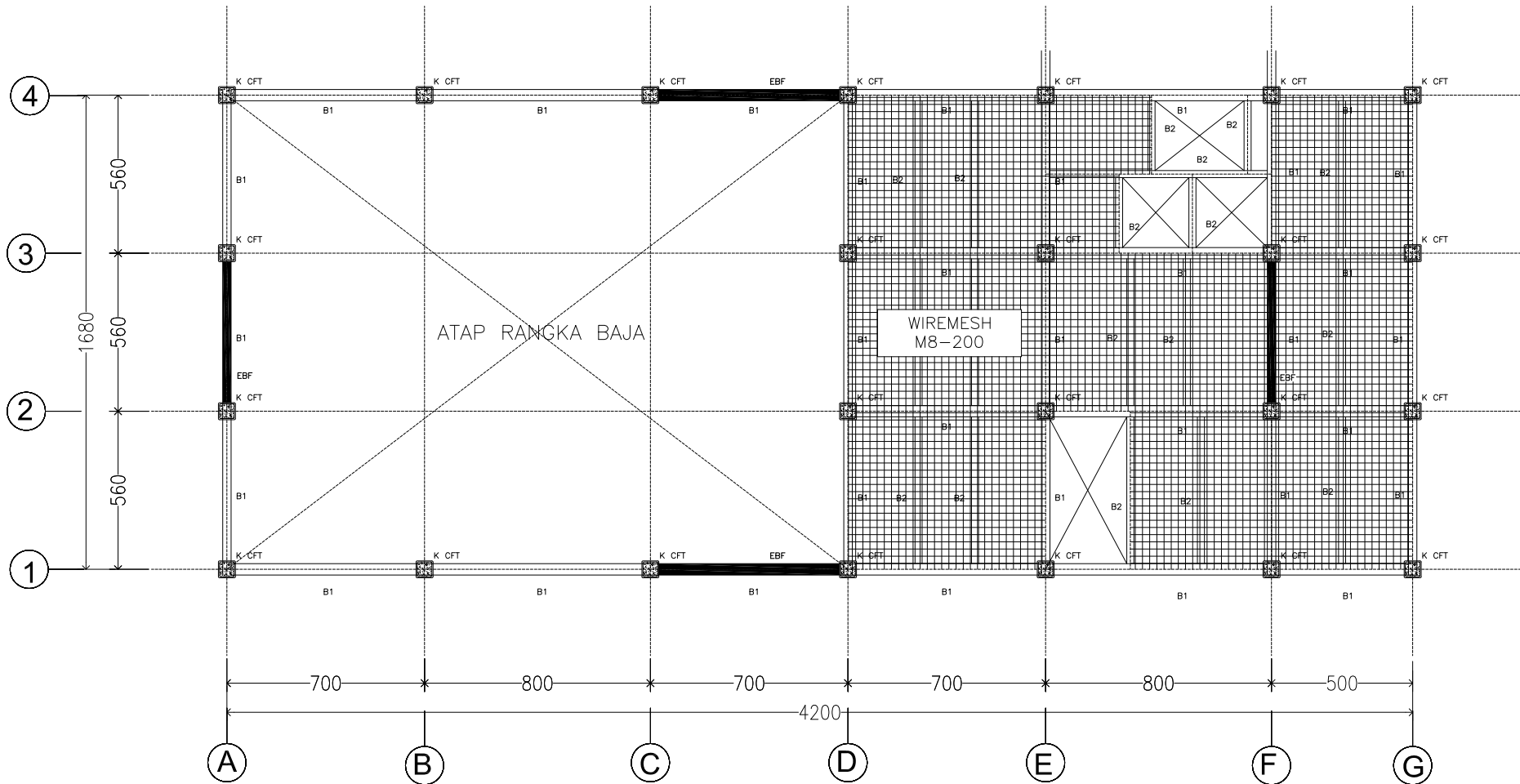


 **DENAH PENULANGAN PELAT LT. 4 -15**
 skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. 4-15	1:200	18	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



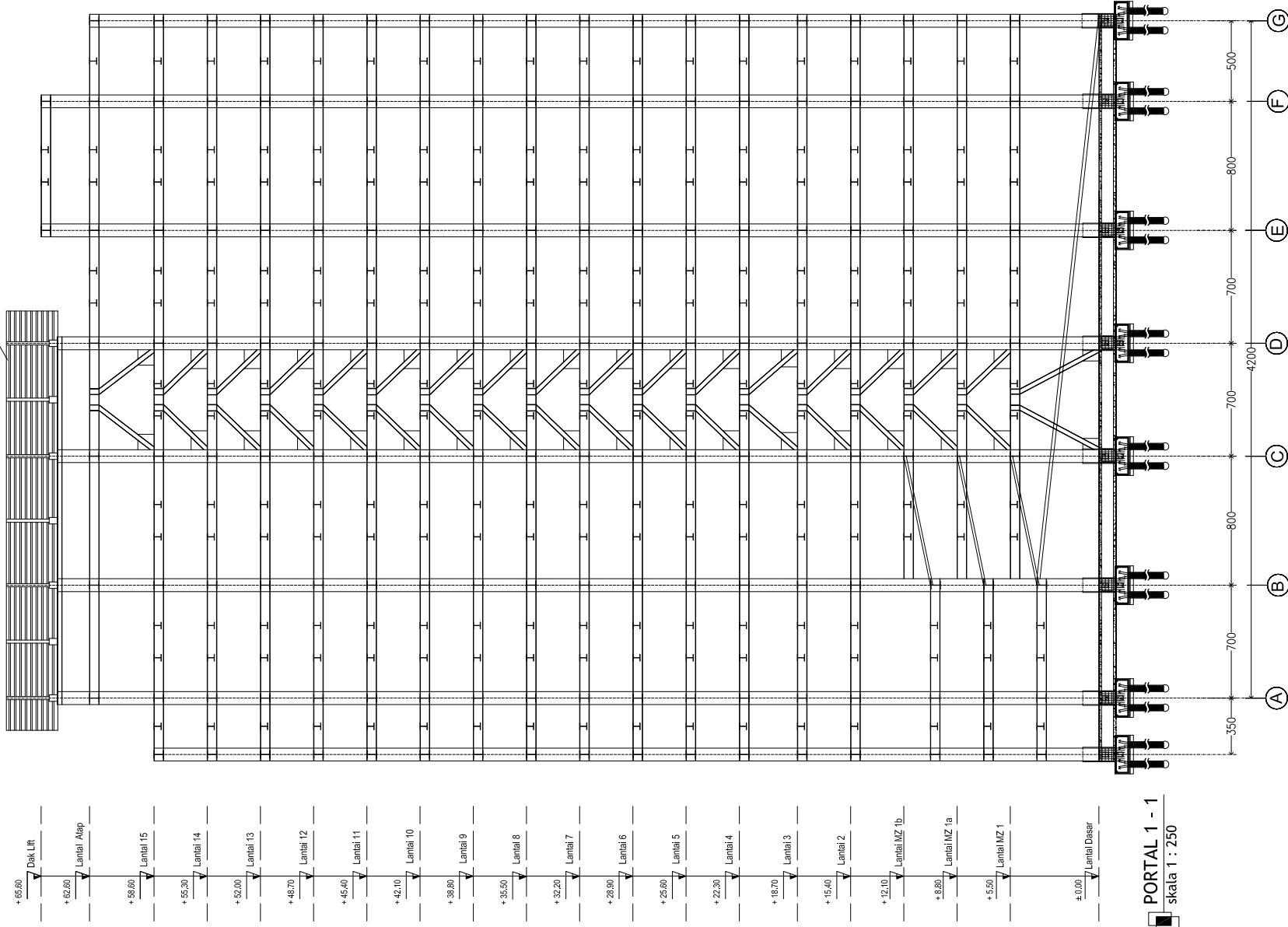
DENAH PENULANGAN PELAT LT. ATAP
 skala 1 : 150



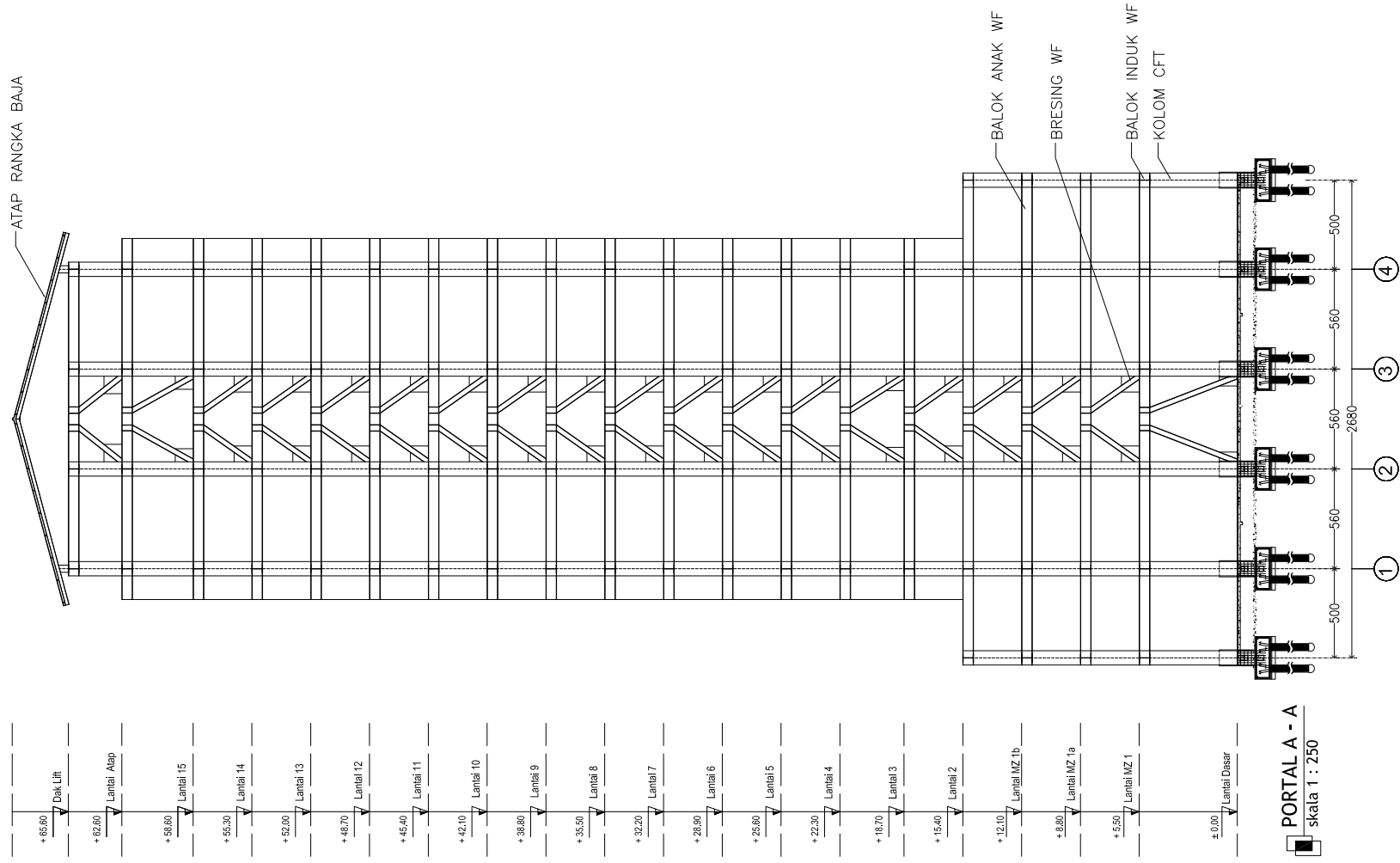
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PENULANGAN PELAT LT. ATAP	1:200	19	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

ATAP RANGKA BAJA



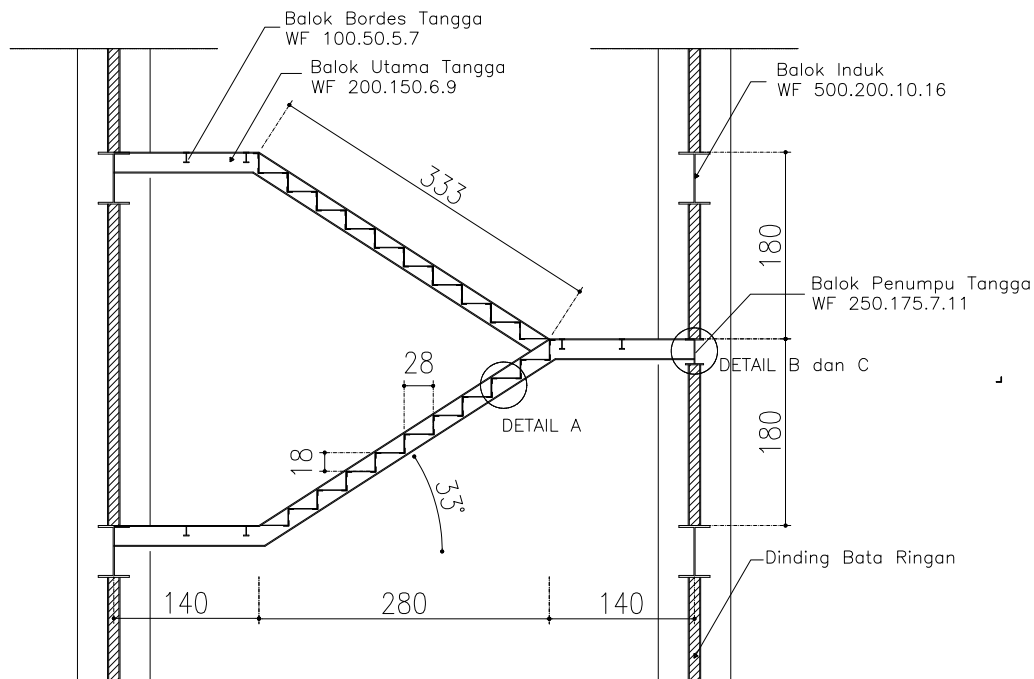
PORTAL 1 - 1
skala 1 : 250



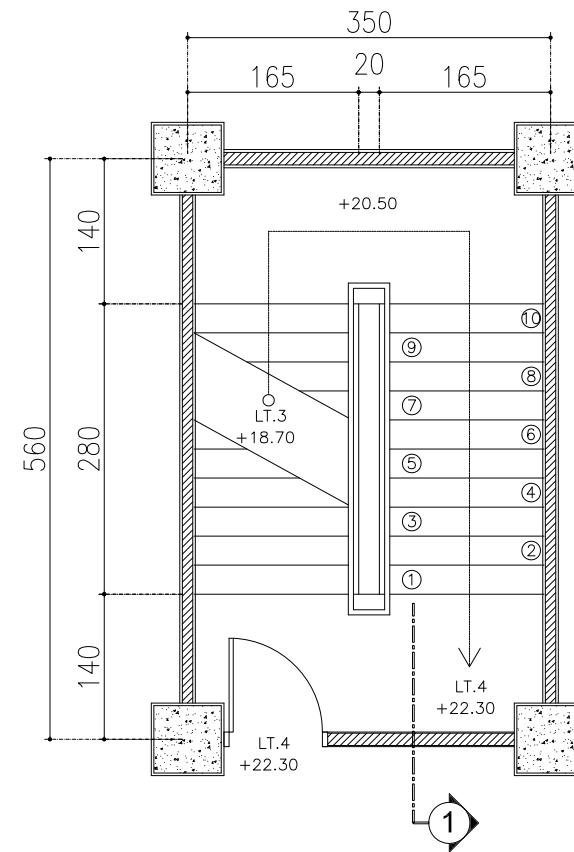
PORTAL A - A
skala 1 : 250



NAMA GAMBAR	SKALA	NO	JUMLAH	NAMA MAHASISWA
1. POTONGAN B - B	1 : 300	21	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 31115105012




POTONGAN 1
 skala 1 : 50

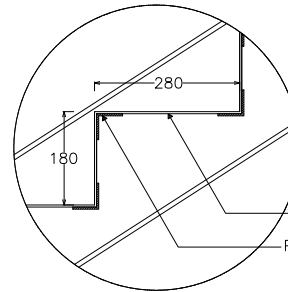



DENAH TANGGA
 skala 1 : 50



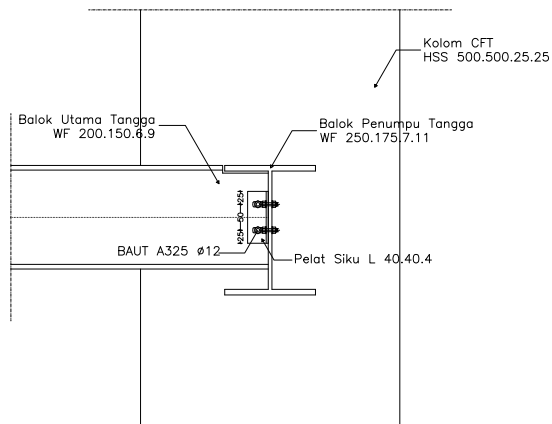
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH TANGGA	1:50	22	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. POTONGAN 1						

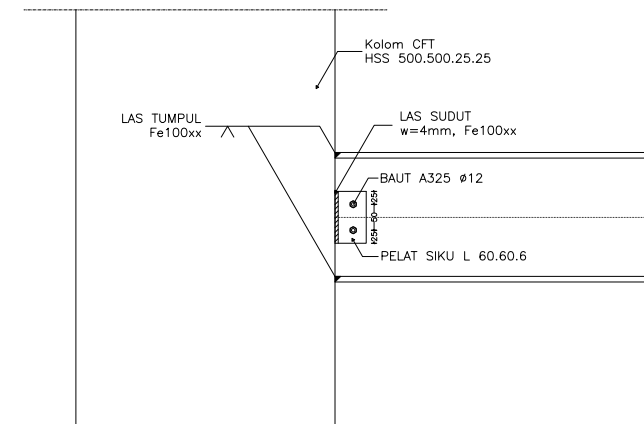


Pelat Anak Tangga t=4mm
 Profil Siku L 50.50.4

DETAIL SAMBUNGAN A
 skala 1 : 10



DETAIL SAMBUNGAN B
 skala 1 : 10

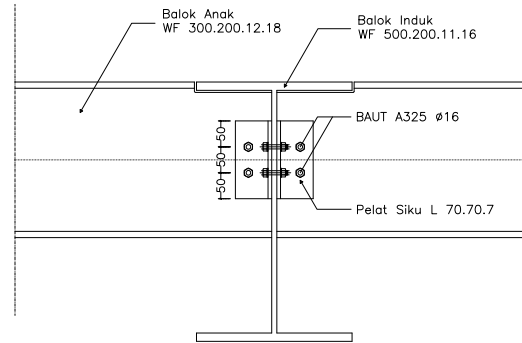
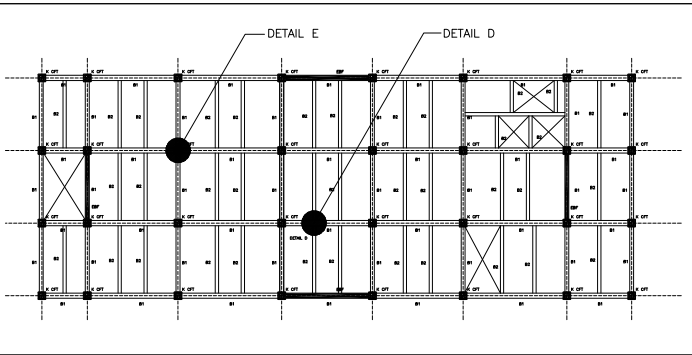


DETAIL SAMBUNGAN C
 skala 1 : 10

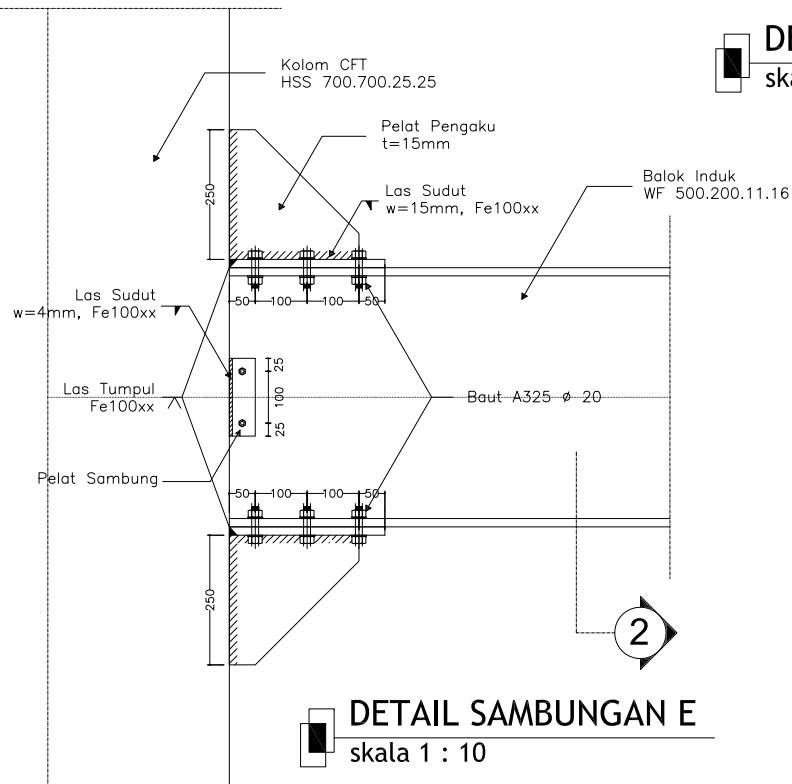


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

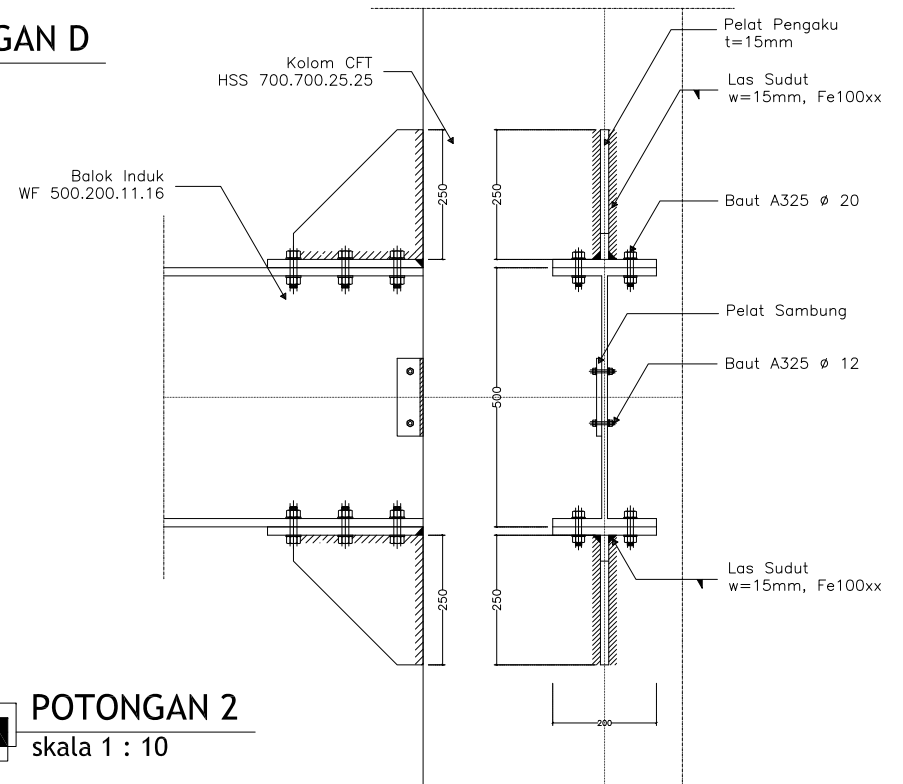
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN A	1:10	23	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. DETAIL SAMBUNGAN B						
3. DETAIL SAMBUNGAN C						



DETAIL SAMBUNGAN D
skala 1 : 10



DETAIL SAMBUNGAN E
skala 1 : 10

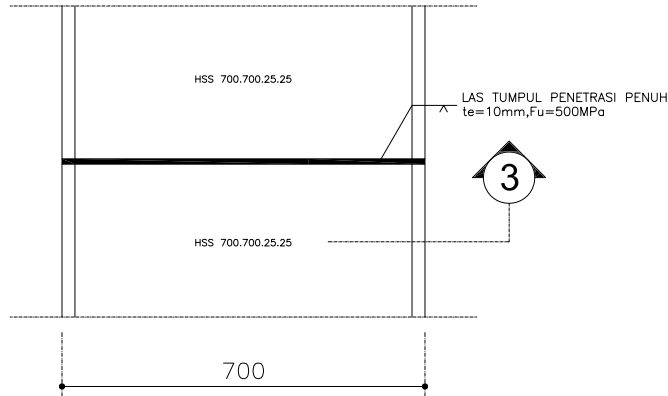
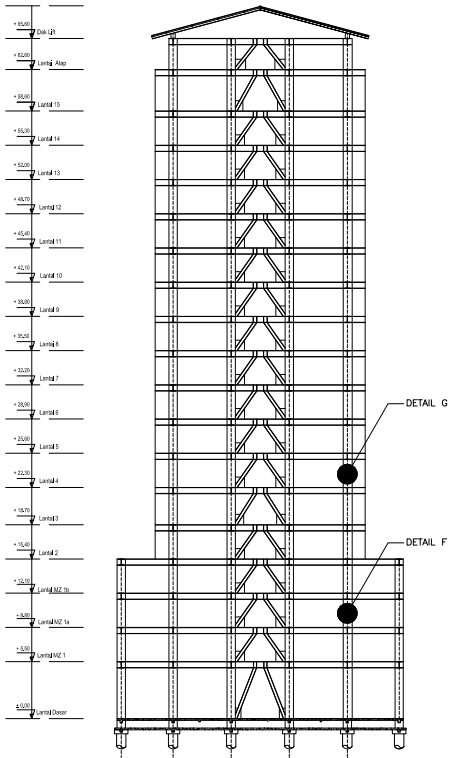


POTONGAN 2
skala 1 : 10

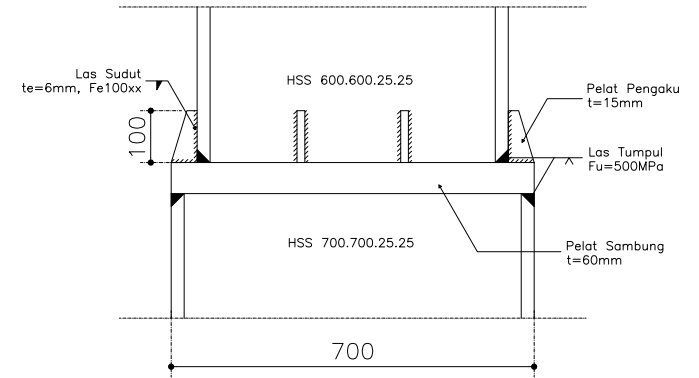


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

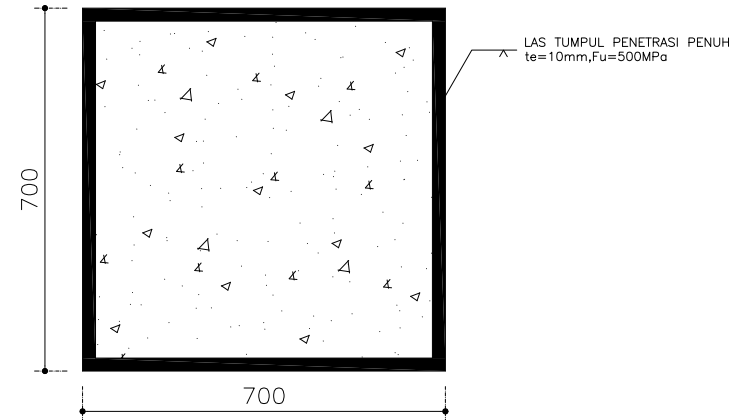
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN D	1:10	24	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. DETAIL SAMBUNGAN E						
3. POTONGAN 2						



DETAIL Sambungan F
skala 1 : 10



DETAIL Sambungan G
skala 1 : 10

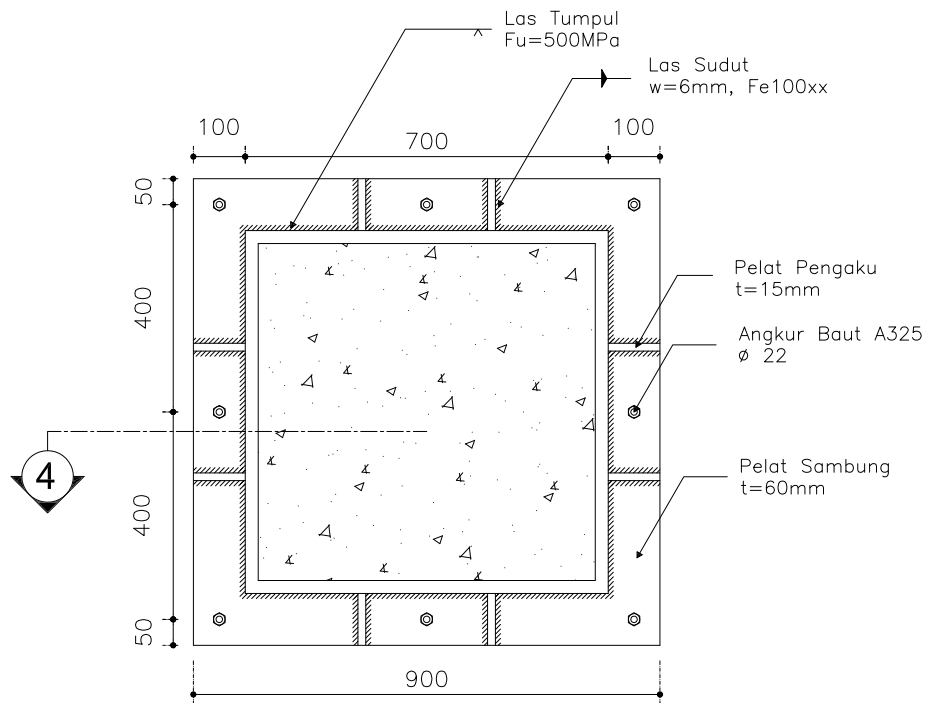


POTONGAN 3
skala 1 : 10

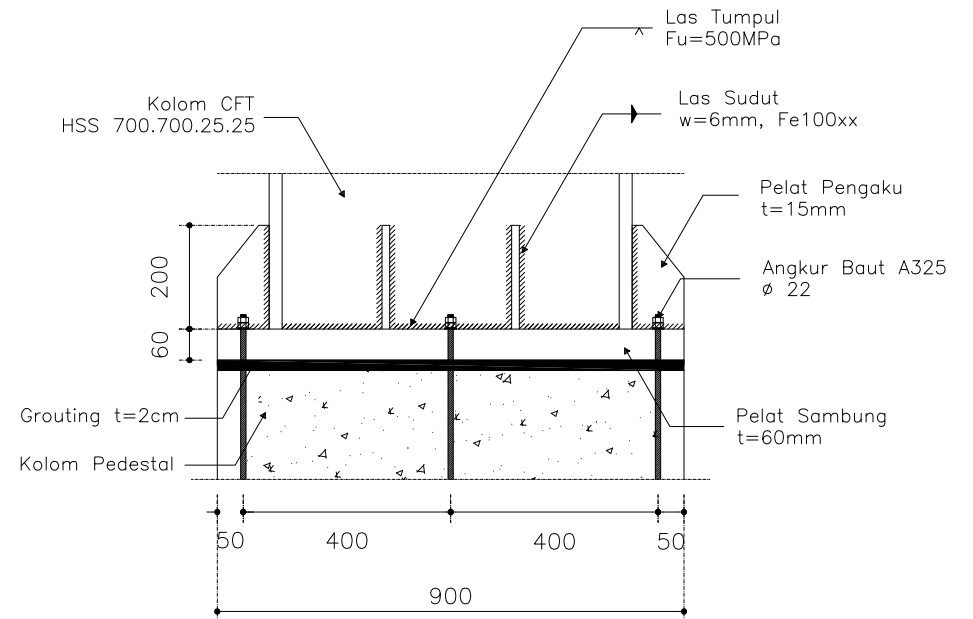


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL Sambungan F	1:10	25	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. DETAIL Sambungan G						
3. POTONGAN 3						



TAMPAK ATAS BASE PLATE
skala 1 : 10

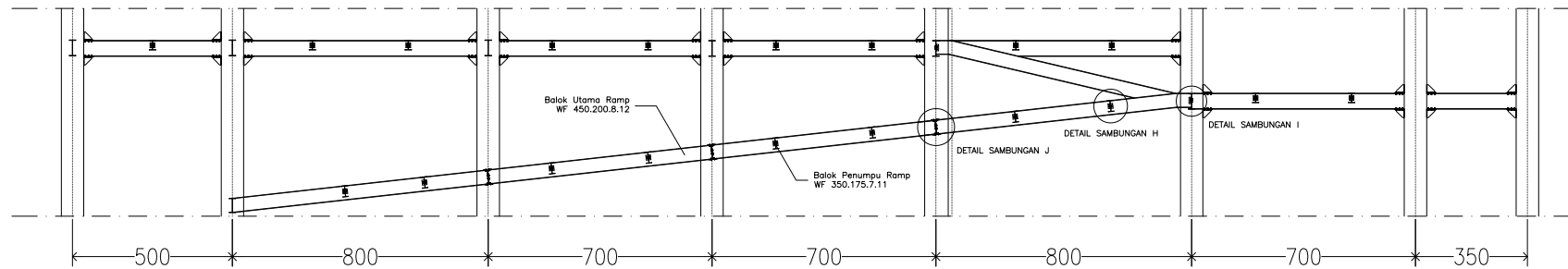


POTONGAN 4
skala 1 : 10

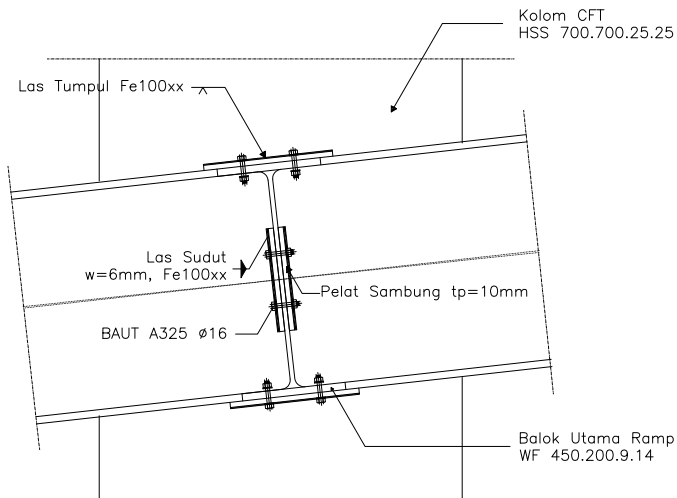


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

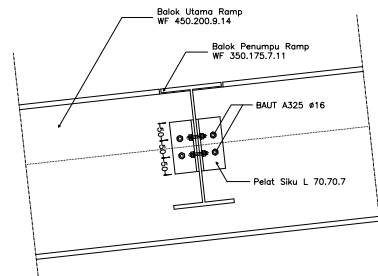
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. TAMPAK ATAS BASE PLATE 2. POTONGAN 4	1:10	26	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



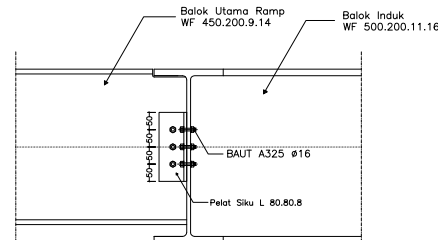
POTONGAN RAMP
skala 1 : 150



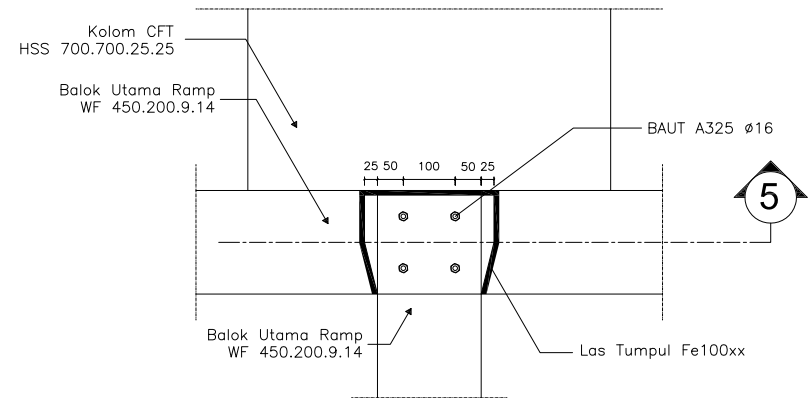
POTONGAN 5
skala 1 : 10



DETAIL SAMBUNGAN H
skala 1 : 15



DETAIL SAMBUNGAN I
skala 1 : 15

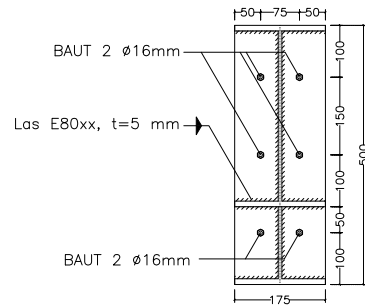
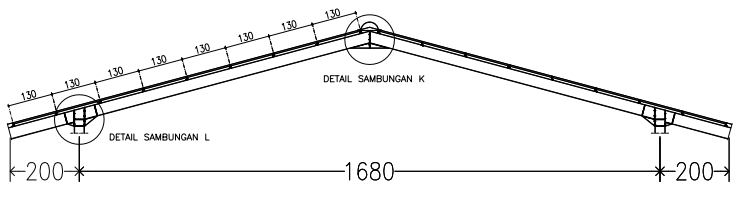


DETAIL SAMBUNGAN J
skala 1 : 10

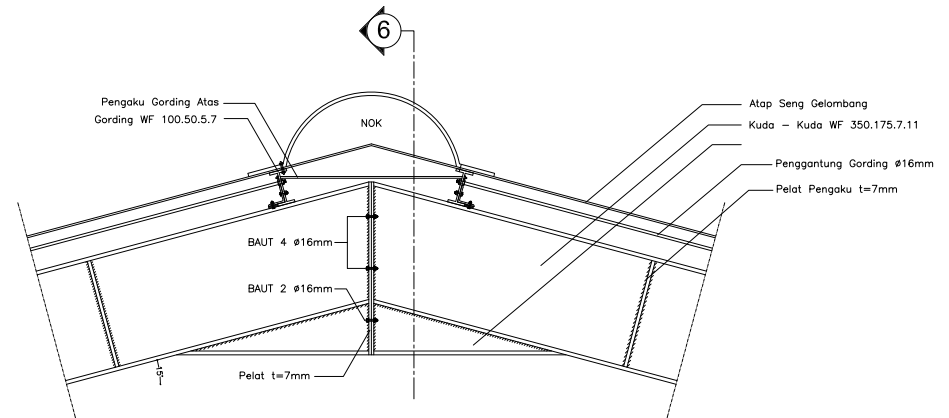


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

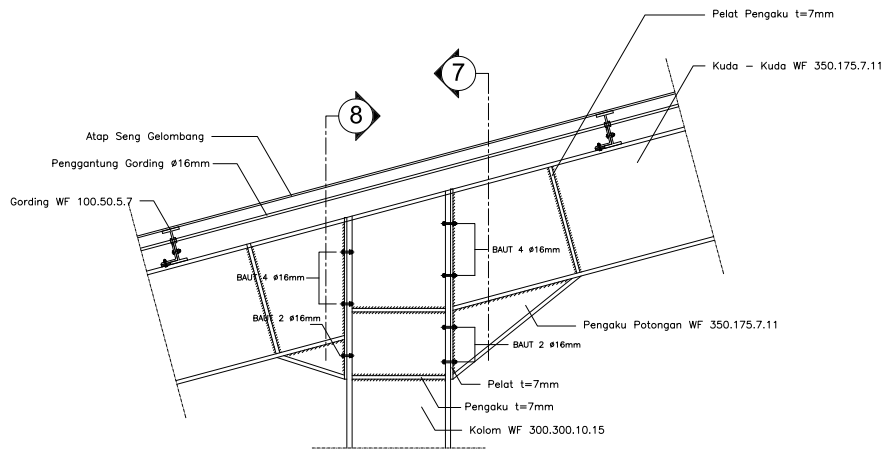
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN H	1 : 10	27	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. DETAIL SAMBUNGAN I	1 : 10					
3. DETAIL SAMBUNGAN J	1 : 10					
4. POTONGAN 5	1 : 10					
5. POTONGAN RAMP	1 : 150					



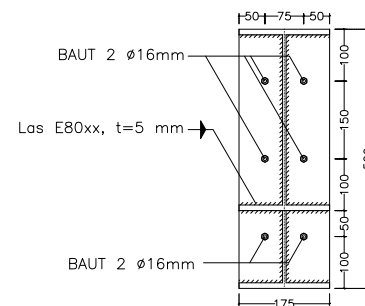
POTONGAN 6
skala 1 : 10



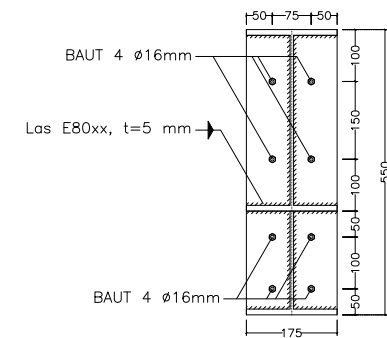
DETAIL SAMBUNGAN K
skala 1 : 15



DETAIL SAMBUNGAN L
skala 1 : 15



POTONGAN 8
skala 1 : 10

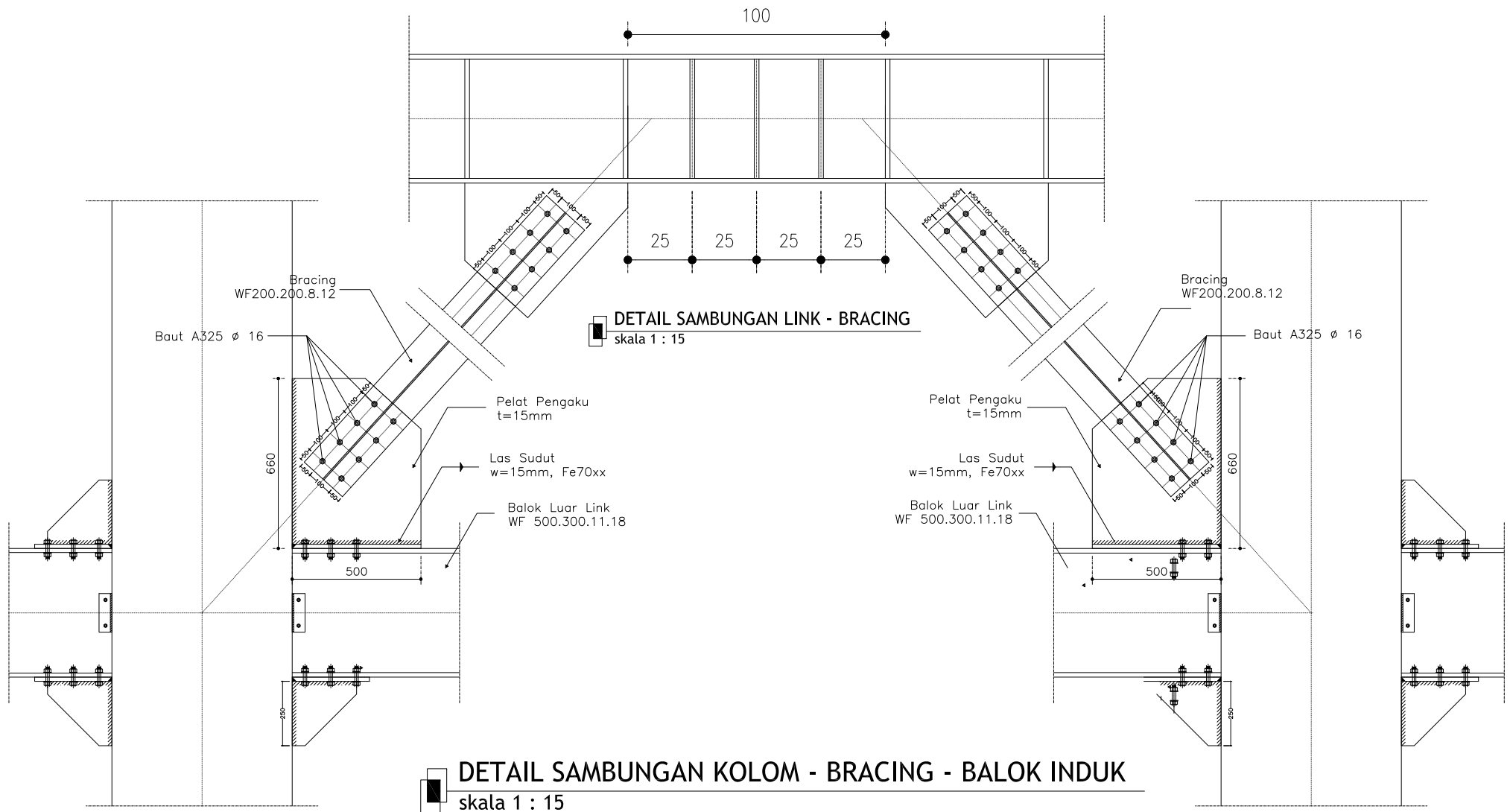


POTONGAN 7
skala 1 : 10



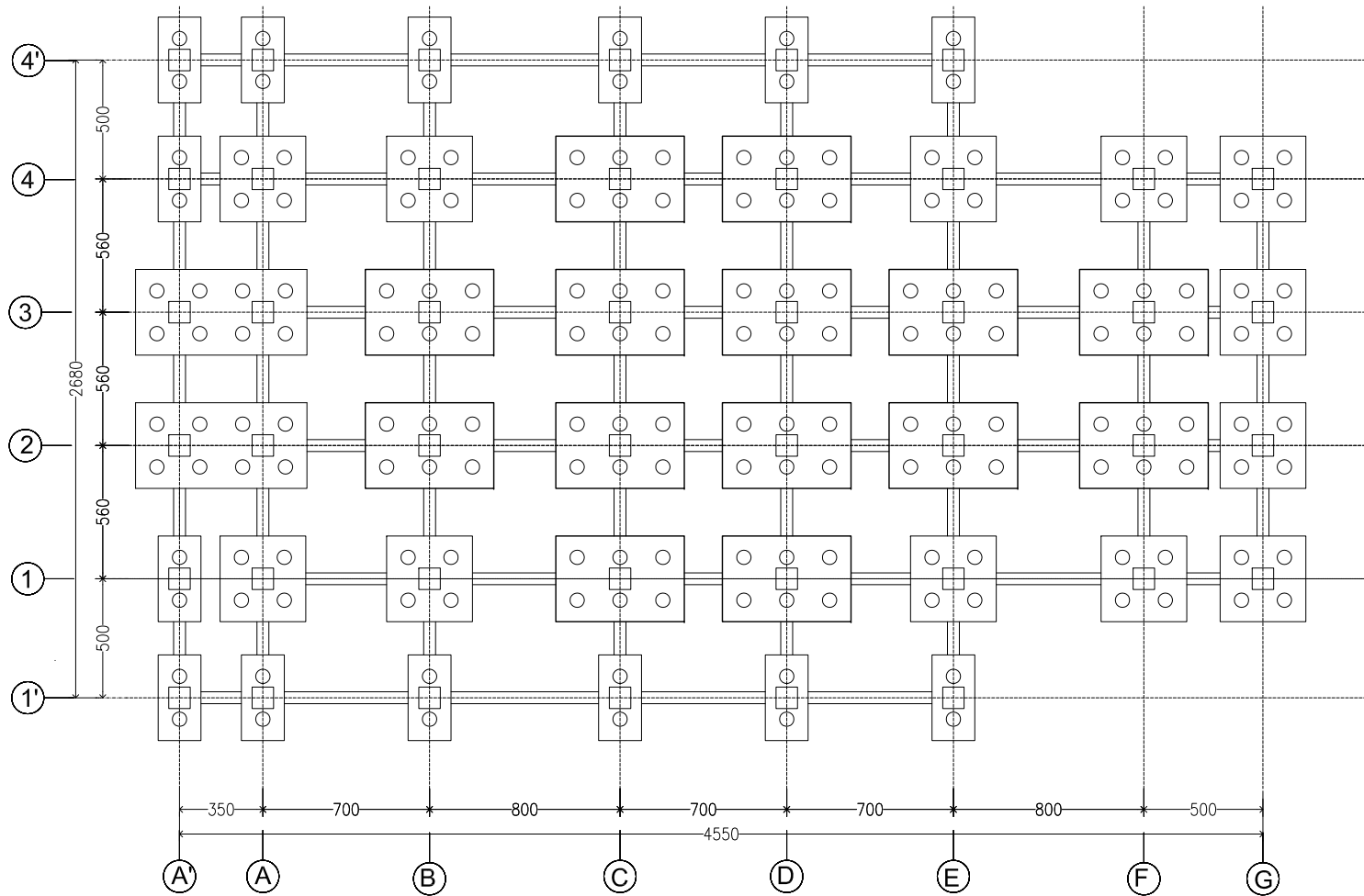
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN K	1 : 15	28	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. DETAIL SAMBUNGAN L	1 : 15					
3. POTONGAN 6	1 : 10					
4. POTONGAN 7	1 : 10					
5. POTONGAN 8	1 : 10					



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL SAMBUNGAN LINK BRACING	1:20	29	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. SAMBUNGAN KOLOM BRACING BALOK INDUK						

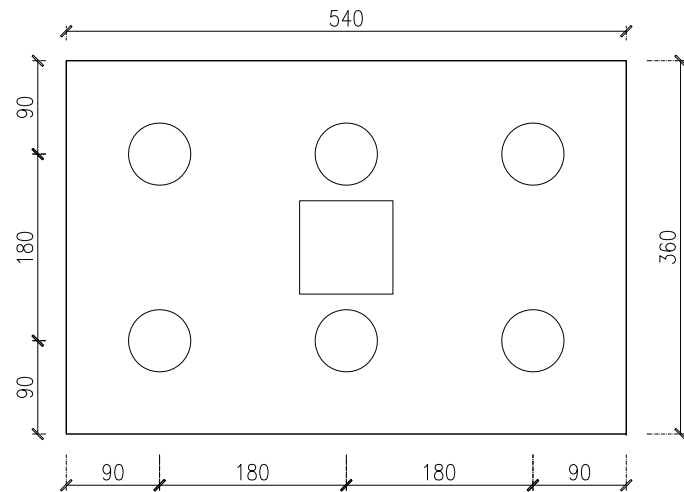


DENAH PONDASI
 skala 1 : 200

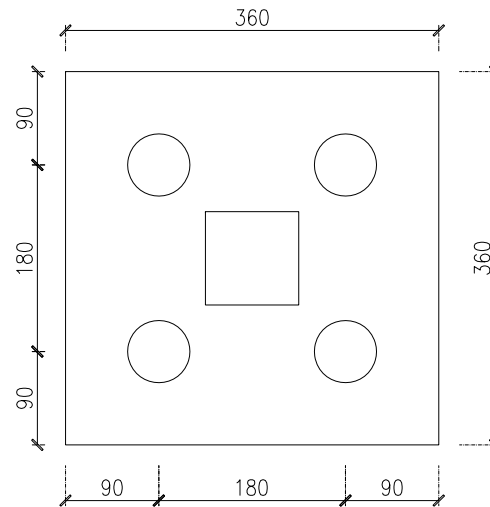


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2014

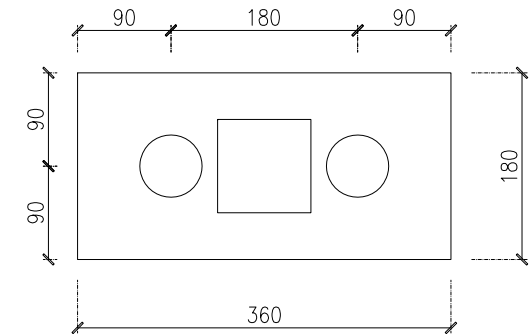
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DENAH PONDASI	1:20	30	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



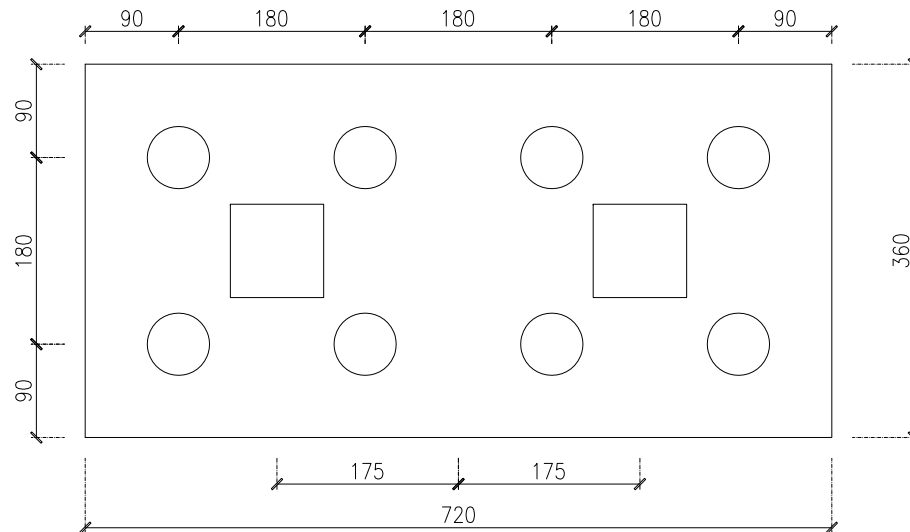
DETAIL P1
skala 1 : 50



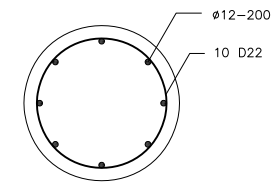
DETAIL P2
skala 1 : 50



DETAIL P3
skala 1 : 50



DETAIL P4
skala 1 : 50

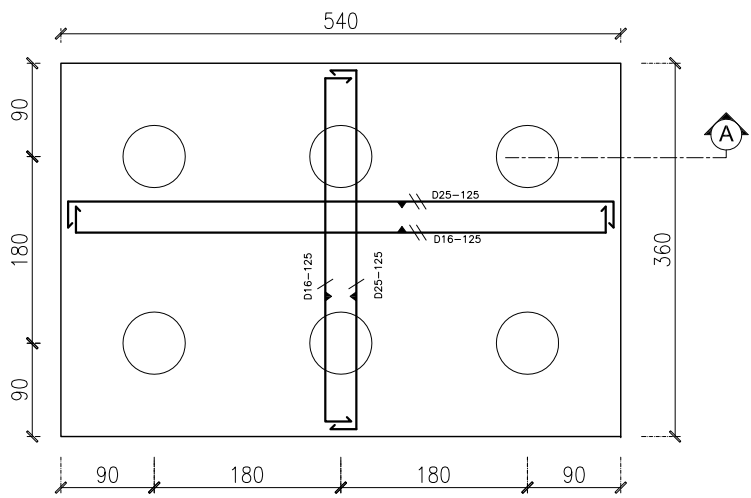


DETAIL PILE
skala 1 : 20

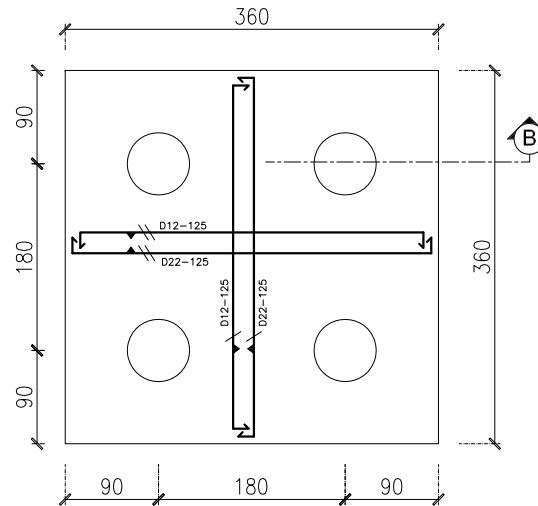


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

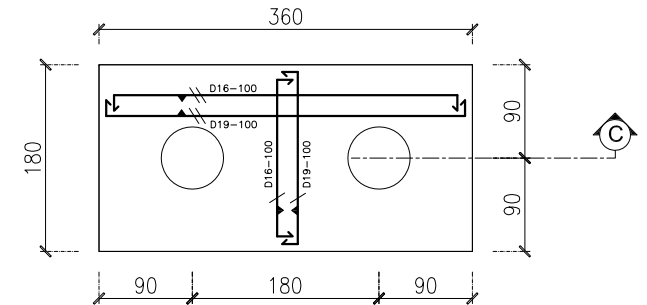
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL PONDASI P1 2. DETAIL PONDASI P2 3. DETAIL PONDASI P3 4. DETAIL PONDASI P4 5. DETAIL PILE	1 : 50 1 : 50 1 : 50 1 : 50 1 : 20	31	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



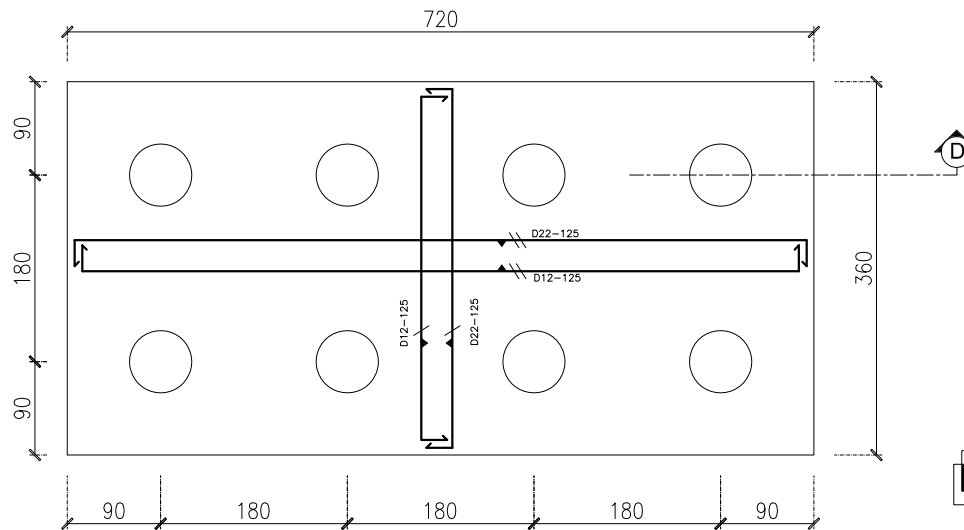
DETAIL TULANGAN PONDASI P1
skala 1 : 50



DETAIL TULANGAN PONDASI P2
skala 1 : 50



DETAIL TULANGAN PONDASI P3
skala 1 : 50

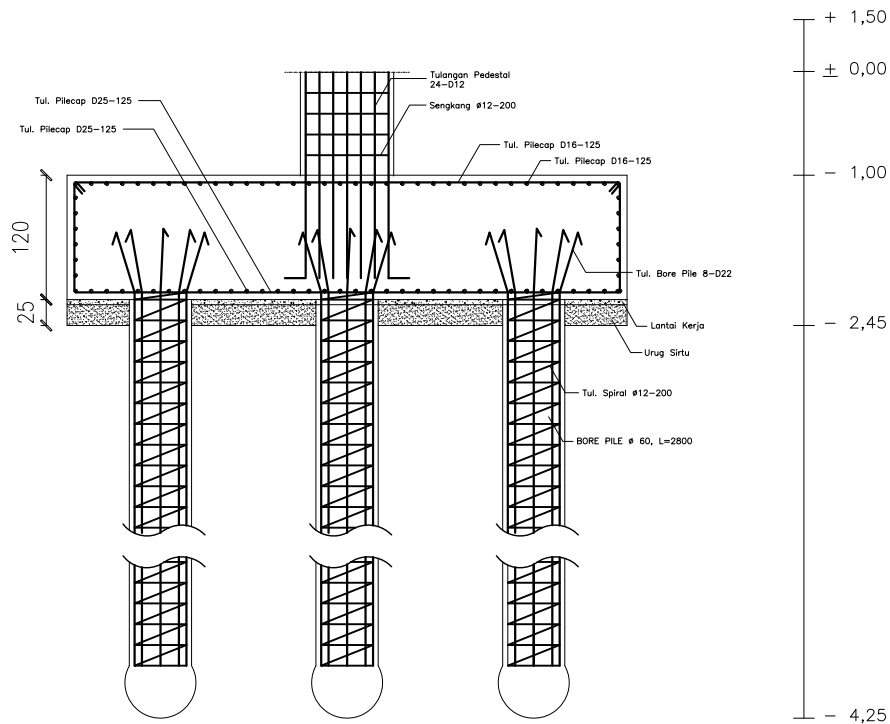


DETAIL TULANGAN PONDASI P4
skala 1 : 50

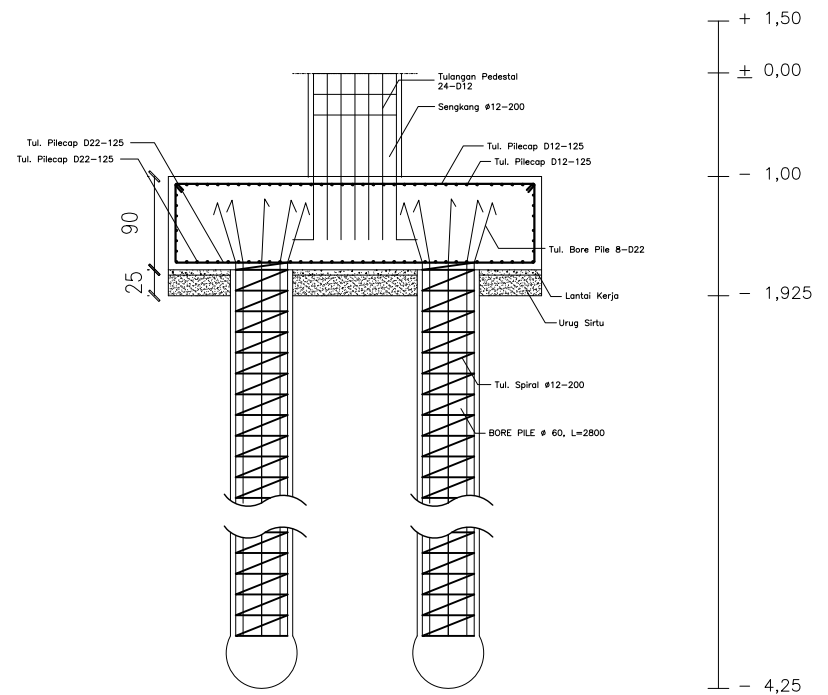


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. DETAIL TUL. PONDASI P1	1 : 50	32	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR
2. DETAIL TUL. PONDASI P2	1 : 50					
3. DETAIL TUL. PONDASI P3	1 : 50					
4. DETAIL TUL. PONDASI P4	1 : 50					



POTONGAN A-A
skala 1 : 50

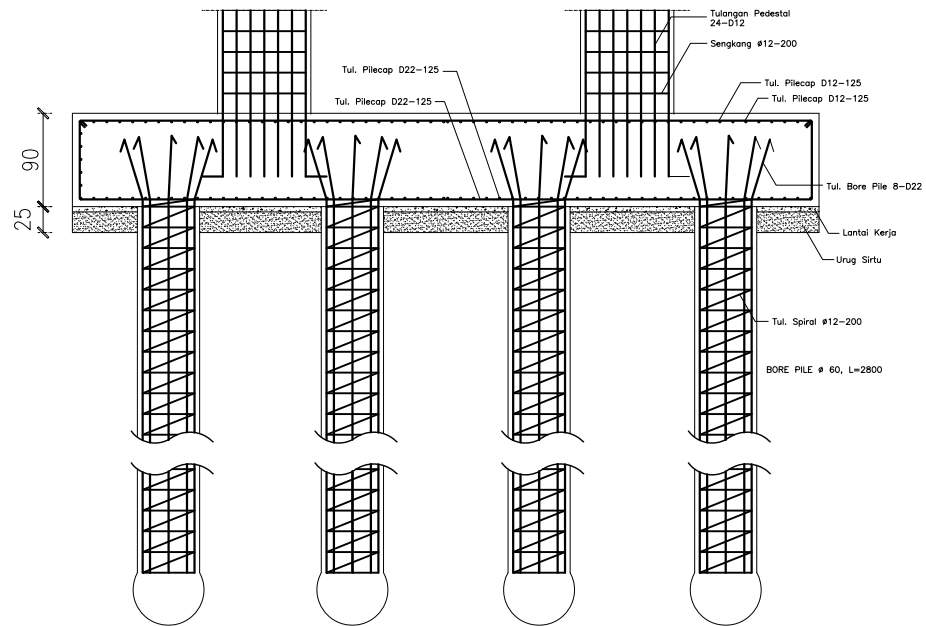


POTONGAN B-B
skala 1 : 50

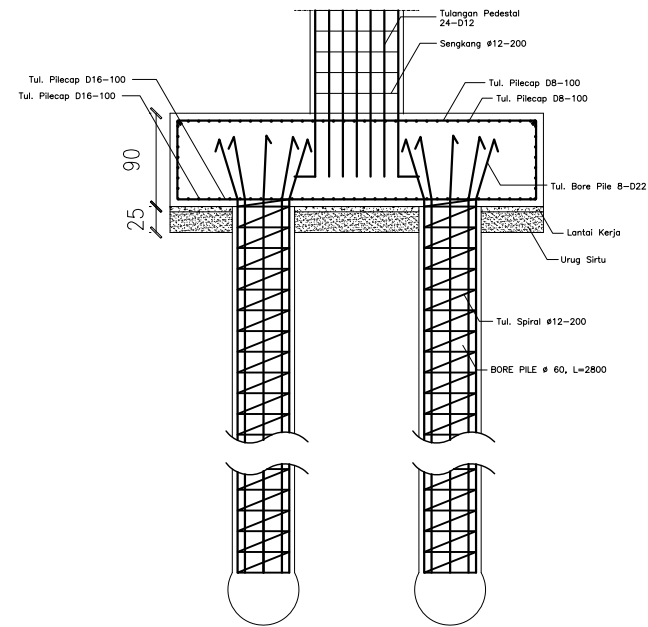
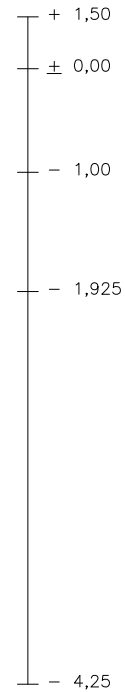


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

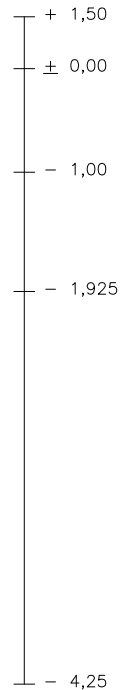
NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. POTONGAN A-A 2. POTONGAN B-B	1 : 50 1 : 50	33	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR



POTONGAN D-D
skala 1 : 50



POTONGAN C-C
skala 1 : 50



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

NAMA GAMBAR	SKALA	NO.	JUMLAH	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	KETERANGAN
1. POTONGAN C-C 2. POTONGAN D-D	1 : 50 1 : 50	34	34	FARIZ WIDYA HARWANTO 3115105012	1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA 2. Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D	STR

BIODATA PENULIS



Fariz Widya Harwanto, dilahirkan di Nganjuk, 01 Desember 1992, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Ganung Kidul 1 Kabupaten Nganjuk tahun 2005, SMP Negeri 1 Nganjuk Kabupaten Nganjuk tahun 2008, SMA Negeri 1 Kabupaten Nganjuk tahun 2011, D3 Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2011. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2014, Penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur Teknik yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2015 dan terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 3115 105 012. Pada Program Studi S1 Lintas Jalur Teknik Sipil ini. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh ITS.