



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR - RC090342

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA DENGAN STRUKTUR BAJA
METODE LRFD

EKA ARISMIA PUTRA
NRP. 3109 030 106

BAGUS DWI KUSUMA HASAN
NRP. 3109 030 127

Dosen Pembimbing
Ir. SUNKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2012



PROYEK AKHIR - RC090342

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA DENGAN STRUKTUR BAJA
METODE LRFD**

**EKA ARISMIA PUTRA
NRP. 3109 030 106**

**BAGUS DWI KUSUMA HASAN
NRP. 3109 030 127**

**Dosen Pembimbing
Ir. SUNKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001**

**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2012**



FINAL PROJECT- RC090342

STRUCTURAL REDESIGN OF ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY TENTH OF NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA USING STEEL FRAME STRUCTURE WITH LRFD METHOD

EKA ARISMIA PUTRA
NRP. 3109 030 106

BAGUS DWI KUSUMA HASAN
NRP. 3109 030 127

COUNSELLOR LECTURER
Ir. SUNKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2012



FINAL PROJECT- RC090342

**STRUCTURAL REDESIGN OF ELECTRICAL
ENGINEERING LABORATORY TENTH OF
NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA USING STEEL FRAME STRUCTURE
WITH LRFD METHOD**

**EKA ARISMIA PUTRA
NRP. 3109 030 106**

**BAGUS DWI KUSUMA HASAN
NRP. 3109 030 127**

**COUNSELLOR LECTURER
Ir. SUNKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001**

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2012**

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA DENGAN STRUKTUR BAJA
METODE LRFD**

PROYEK AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
pada**

**Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

Mahasiswa I

Mahasiswa II

EKA ARISMIA PUTRA.

3109.030.106

BAGUS DWI KUSUMA HASAN

3109.030.127

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ir. Sungkono CES

NIP. 19591130 198601 1 001

SURABAYA, JULI 2012

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Umum.....	5
2.2 Profil Baja Solid.....	5
2.3 Peraturan-Peraturan yang Dipakai.....	6
2.4 Mutu Bahan yang Digunakan.....	6
2.5 Preliminary Design.....	6
2.5.1 Perencanaan Dimensi Balok, Kolom dan Sloof.....	6
2.5.2 Perencanaan Tangga.....	7
2.6 Tata Langkah Perencanaan Perhitungan Struktur.....	8
2.6.1 Pembebanan.....	8
2.6.2 Beban Gempa.....	9
2.6.3 Kontrol Perhitungan Balok (lentur).....	10
2.6.4 Kontrol Perhitungan kolom (kolom).....	11
2.6.5 Shear Connector.....	13
2.6.6 Sambungan (tarik).....	13
2.6.7 Pelat Lantai.....	14
2.6.8 Pondasi.....	15

BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur	23
3.2 Data Bangunan	23
3.3 Beban-beban pada struktur.....	24
3.4 Kontrol Perencanaan Struktur Utama.....	24
3.4.1 Kontrol Perhitungan Balok dan Kolom.....	25
3.4.2 Kontrol Sambungan	25
3.5 Perhitungan Struktur Bawah	25
3.5.1 Kumpulkan data	25
3.5.2 Perhitungan daya dukung tanah	25
3.5.3 Kontrol kekuatan tiang pondasi	25
3.5.4 Perencanaan Poer.....	25
3.6 Penggambaran	25

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR ATAP

4.1 Umum.....	29
4.2 Data Perencanaan	29
4.3 Perencanaan Gording	30
4.3.1 Perhitungan Beban pada gording	34
4.3.2 Perhitungan Momen Gording.....	36
4.3.3 Perhitungan Momen Berfaktor Gording	38
4.3.4 Kontrol Profil Gording.....	39
4.4 Perencanaan Penggantung Gording.....	42
4.5 Perencanaan Ikatan Angin.....	45
4.6 Perencanaan Kuda-Kuda	48
4.6.1 Perhitungan Kuda-kuda.....	52
4.6.2 Kontrol Kekuatan kuda-kuda	53
4.7 Kontrol Sambungan kuda-kuda.....	58
4.7.1 Sambungan A.....	58
4.7.2 Sambungan B	61

BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung	65
5.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Laboraturium	66
5.1.2 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Atap Gedung	67
5.2 Balok Anak	69
5.3 Perencanaan tangga	72
5.3.1 Data-data Perencanaan Tangga Lantai	72
5.3.2 Perencanaa Pelat Tangga	74
5.3.3 Perencanaan Pengaku Pelat Tangga	76
5.3.4 Pelat Bordes	80
5.3.5 Perencanaan Balok Bordes	82
5.3.6 Balok Tangga	85
5.3.7 Perencanaan Balok Tumpuan Tangga	93

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1 Perhitungan Gempa	101
6.1.1 Perhitungan Gaya Gempa	103
6.2 Kontrol Dimensi Balok Induk	115
6.2.1 Perencanaan Balok Induk Lantai Melintang	116
6.2.2 Perencanaa Balok Induk Lantai Memanjang	120
6.3 Kontrol Dimensi Kolom Utama	125
6.3.1 Kolom Lantai 1 – Lantai 4	125

BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk	141
7.2 Sambungan Balok Induk ke Kolom	143
7.3 Sambungan Kolom – Kolom	150
7.4 Sambungan Kolom dengan Base Plate	155

BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

8.1 Umum	163
8.2 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	165
8.2.1 Perhitungan Daya Dukung ijin	166
8.2.2 Kekuatan Tanah dan Kekuatan Bahan	167

8.2.3 Kelompok Tiang Pancang.....	167
8.2.4 Perhitungan Daya Dukung Pile berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO.....	168
8.2.5 PerencanaanTebal Pile (Poer).....	169
8.2.6 Daya Dukung Tiang dalam Kelompok	175
8.3 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer).....	182
8.3.1 Penulangan Poer Arah Sumbu X	183
8.3.2 Penulangan Poer Arah Sumbu Y	186
8.4 Perencanaan Sloof Pondasi	188
8.4.2 Penulangan Tarik pada Sloof.	189
8.4.3 Penulangan Geser pada Sloof.	191
8.5 Penulangan Pedestal	191

BAB XI PENUTUP

9.1 Kesimpulan	195
9.2 Saran	197

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

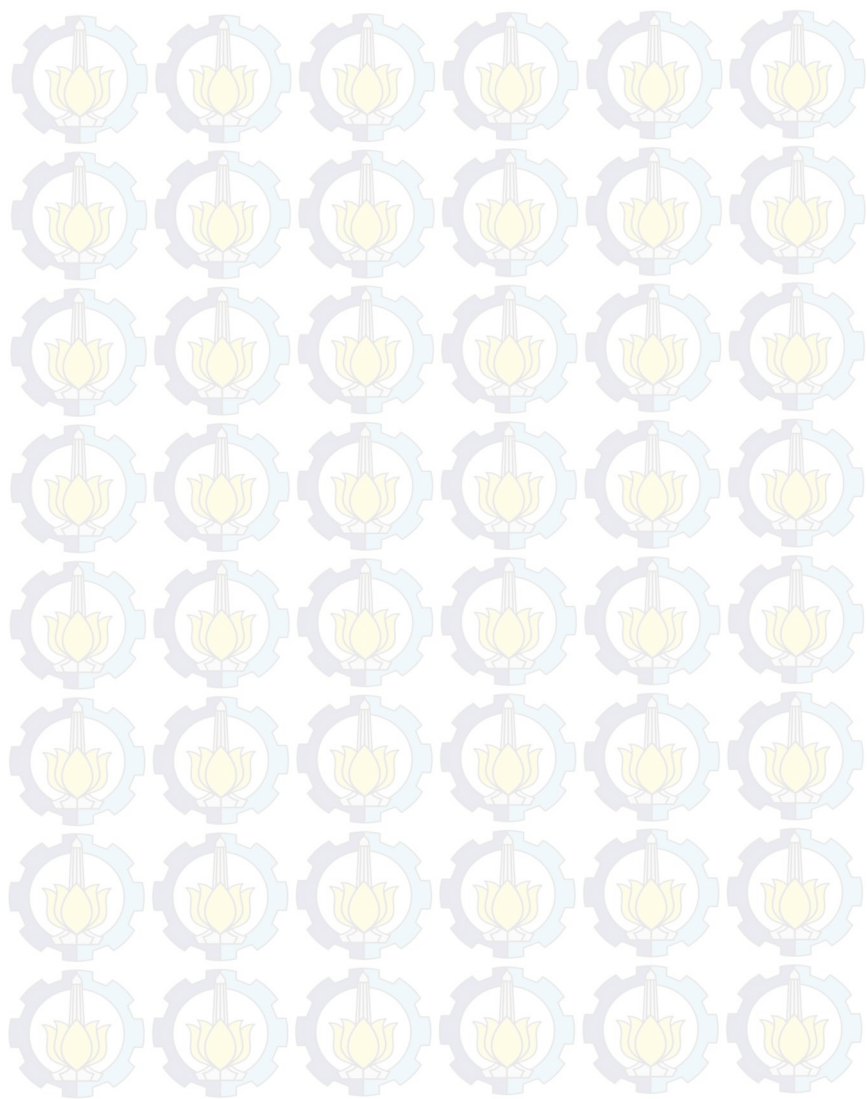
Tabel 6.1	Gaya gempa memanjang lantai 1.....	109
Tabel 6.2	Gaya gempa memanjang lantai 2.....	110
Tabel 6.3	Gaya gempa memanjang lantai 3.....	110
Tabel 6.4	Gaya gempa memanjang lantai 4.....	111
Tabel 6.5	Gaya gempa melintang lantai 1.....	112
Tabel 6.6	Gaya gempa melintang lantai 2.....	113
Tabel 6.7	Gaya gempa melintang lantai 3.....	113
Tabel 6.8	Gaya gempa melintang lantai 4.....	114
Tabel 6.9	Gaya dalam maksimum pada balok induk	115
Tabel 6.10	Gaya dalam pada balok induk untuk kontrol lendutan.....	115
Tabel 8.1	Rata – rata conus Kg/cm ²	166
Tabel 8.2	Tabel perhitungan jarak x dan y.....	176
Tabel 8.3	Tabel perhitungan jarak x dan y.....	178
Tabel 8.4	Tabel perhitungan jarak x dan y.....	180

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Berapa jenis profil solid	5
Gambar 2.2	Pondasi group tiang pancang	15
Gambar 2.3	Kontrol Geser Ponds Pada pile cap akibat Beban kolom	17
Gambar 2.4	Kontrol geser Ponds pada pile cap akibat Beban tiang pancang	20
Gambar 3.1	Flow chart metodologi	26
Gambar 4.1	Rencana kuda-kuda melintang	30
Gambar 4.2	Flow chart perencanaan gording	30
Gambar 4.3	Denah rencana gording	34
Gambar 4.4	Koefisien Angin (PPIUG'83 tabel 4.1) ..	35
Gambar 4.5	Momen pada Gording	36
Gambar 4.6	Beban mati merata pada gording (satuan dalam m)	36
Gambar 4.7	Beban hidup akibat hujan pada gording (satuan m)	37
Gambar 4.8	Beban hidup terpusat pada gording (Satuan dalam m)	37
Gambar 4.9	Beban angin tekan pada gording (satuan dalam m)	38
Gambar 4.10	Letak penggantung gording	42
Gambar 4.11	Ikatan angin (Satuan dalam m)	45
Gambar 4.12	Gaya-gaya yang bekerja (dalam satuan m)	46
Gambar 4.13	Flowchart perhingan kuda-kuda	48
Gambar 4.15	Rencana Atap Baja	52
Gambar 4.16	Gaya gaya dalam akibat beban kombinasi ($1,2D + 1L - 0,3E_X - 1E_Y$)	53
Gambar 4.17	Tipe sambungan kuda-kuda	58
Gambar 4.18	Detail rencana sambungan A kuda-kuda	58
Gambar 4.19	Garis Berat Sambungan tipe A	59
Gambar 4.20	Detail rencana sambungan B kuda-kuda	61
Gambar 4.21	Gaya yang bekerja pada balok	62
Gambar 4.22	Jarak titik putar sambungan B	62

Gambar 5.1	Sketsa perletakan bondek	65
Gambar 5.2	Sketsa Detail Bondek	65
Gambar 5.3	Detail penulangan plat bondek	67
Gambar 5.4	Detail penulangan plat bondek	68
Gambar 5.5	Denah perencanaan tangga	73
Gambar 5.6	Bagian-bagian dari tangga	73
Gambar 5.7	Potongan pelat anak tangga	74
Gambar 5.8	Sketsa pembebanan pelat anak tangga ...	77
Gambar 5.9	Bagian-bagian dari bordes	80
Gambar 5.10	Pembebanan Struktur tangga	86
Gambar 5.11	Bidang M tangga	88
Gambar 5.12	Bidang D tangga	89
Gambar 5.13	Bidang N tangga	90
Gambar 5.14	Reaksi perletakan tangga	94
Gambar 5.15	Pembebanan Pada Balok Tumpuan Tangga.....	98
Gambar 6.1	Flowchart Perhitungan Gempa	101
Gambar 6.2	Grafik Respons Spektrum	102
Gambar 6.3	Penyebaran gaya gempa	103
Gambar 6.4	Penyebrana gaya gempa memanjang	109
Gambar 6.5	Denah Penyebaran Gaya Gempa Memanjang	109
Gambar 6.6	Denah Penyebaran Gaya Gempa Melintang.....	112
Gambar 6.7	Gaya dalam momen untuk cek lendutan.	119
Gambar 6.8	Gaya dalam momen untuk cek lendutan.	124
Gambar 6.9	Profil WF	125
Gambar 6.10	Posisi kolom terhadap balok	126
Gambar 6.11	Nomogram kolom arah x.....	129
Gambar 6.12	Nomogram kolom arah y.....	131
Gambar 6.13	Gaya dalam M 2-2 akibat beban tetap ($1,2D+1,6L$).....	133
Gambar 6.14	Gaya dalam M2-2 akibat beban gempa (Q_y).....	135

Gambar 6.15	Gaya dalam M3-3 akibat beban tetap ($1,2D+1,6L$).....	136
Gambar 6.16	Gaya dalam M3-3 akibat beban gempa (Q_y).....	137
Gambar 7.1	Sambungan Balok Anak atap dan Balok Induk lantai atap.	141
Gambar 7.2	Sambungan balok induk dan kolom.....	143
Gambar 7.3	Gaya yang bekerja pada balok	144
Gambar 7.4	Gaya yang bekerja pada profil T	146
Gambar 7.5	Penampang profil T.....	147
Gambar 7.6	Rencana sambungan kolom profil 400.400.20.35	154
Gambar 7.7	Sambungan las pada baseplate	155
Gambar 7.8	Desain baseplate arah Y	157
Gambar 7.9	Desain baseplate arah X.....	160
Gambar 8.1	Flowchart Perencanaan Struktur Pondasi.....	163
Gambar 8.2	Geser satu arah pada poer	170
Gambar 8.3	Geser dua arah pada poer.....	171
Gambar 8.4	Gambar arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban sementara.....	176
Gambar 8.5	Gambar arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban sementara.....	178
Gambar 8.6	Gambar arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban tetap	180
Gambar 8.7	Gambar mekanika gaya pada poer arah X.....	183
Gambar 8.8	Gambar mekanika gaya pada poer arah Y.....	186



KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta salawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga kita bisa menyelesaikan dan menyusul Laporan Proyek Akhir ini tepat waktu.

Terselesaikannya laporan Proyek Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah sangat banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami mengucapkan terimakasih, terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah memberi dukungan moril maupun materiil terutama doa.
2. Bapak Ir. Sigit Darmawan, M.Eng, PhD selaku koordinator Program Studi Diploma III Teknik Sipil.
3. Bapak Ir. Sungkono selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
4. Bapak Ir. Munarus Suluch selaku Dosen Wali kami.
5. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proyek akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang kami sajikan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Penyusun

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA DENGAN STRUKTUR BAJA
METODE LRFD**

Nama Mahasiswa : Eka Arismia Putra
NRP : 3109 030 106
Nama Mahasiswa : Bagus Dwi Kusuma Hasan
NRP : 3109 030 127
Jurusan : D3 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : 1. Ir Sungkono, CES

ABSTRAK

Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITS Surabaya yang terletak di kampus ITS, Keputih Surabaya. Gedung tersebut menggunakan sistem beton bertulang dalam pengerjaan struktur utamanya dan rangka baja pada struktur atapnya. Dalam tugas akhir ini membahas perencanaan ulang Gedung Laboratorium Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Dengan Struktur Baja.

Analisa dan dimensi struktur menggunakan alat bantu software SAP2000 V14.2. Metode yang digunakan Load Resistance Factor Design (LRFD). Peraturan yang dipakai SNI 03-1729-2002, SNI 03-2847-2002 dan PPIUG 1983.

Jika ditinjau dari segi kualitas dan efisiensi waktu pekerjaan bangunan dengan struktur baja lebih menguntungkan. Lebih efisien dalam pelaksanaan dan berat struktur lebih ringan. Beberapa profil yang digunakan antara lain WF 500.300.11.15 pada balok induk, WF 400.200.8.13 pada balok anak dan WF 400.400.20.35 pada kolom.

Kata kunci : Konstruksi Baja, LRFD

**STRUCTURAL REDESIGN OF ELECTRICAL
ENGINEERING LABORATORY TENTH OF NOVEMBER
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA
USING STEEL FRAME STRUCTURE
WITH LRFD METHOD**

Student : Eka Arismia Putra
NRP : 3109 030 106
Student : Bagus Dwi Kusuma Hasan
NRP : 3109 030 127
Faculty : D3 Teknik Sipil
Consellor Lecturer : 1. Ir Sungkono, CES

ABSTRACT

Laboratory Building of Electrical Engineering ITS Surabaya, located on the campus ITS, Surabaya whitish. The building was in the process using a system of reinforced concrete in the works and the main structure on a steel frame roof structure. In this thesis discusses about the planning of re-building of Laboratory Electro Technique Tenth of November Institute of Technology Surabaya Using Steel Frame Structure.

Analysis and dimensional structure using of software SAP2000 V14.2. The method used Load Resistance Factor Design (LRFD). Regulations adopted ISO 03-1729-2002, ISO 03-1729-2002 and PPIUG 1983.

If viewed in terms of quality and efficiency of the work of building a steel structure is more favorable. More efficient in the implementation and lighter weight structures. Some profiles are used, among others, WF 500.300.11.15 at the beam, WF 400.200.8.13 at the joist and WF 400.400.20.35 at the column.

Keywords : Steel Construction, LRFD

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITS Surabaya yang terletak di kampus ITS, Keputih Surabaya. Gedung tersebut dalam pengerjaannya menggunakan sistem beton bertulang dalam pengerjaan struktur utamanya dan rangka baja pada struktur atapnya.

Pada Tugas Proyek Akhir ini, bangunan Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITS Surabaya akan direncanakan ulang, yang mana seluruh struktur utama dan struktur atap menggunakan konstruksi baja dengan metode LRFD.

Konstruksi baja merupakan suatu Alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur yang lainnya baik dalam skala kecil maupun besar. Hal ini dikarenakan material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi yang lain. Seperti sifat baja dengan berat sendiri yang ringan dan proses pengerjaan yang relatif lebih cepat.

Perencanaan gedung bertingkat yang menggunakan konstruksi baja perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain kriteria kekuatan, kekakuan, kelayakan, keamanan dan estetika dari bangunan yang akan dibuat.

Gedung Laboraturium Teknik Elektro ITS yang terdiri dari 4 lantai yang memiliki data proyek sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Gedung Laboraturium Teknik Elektro ITS
2. Pemilik Proyek : PT. Adhi Karya
3. Struktur Bangunan Atas : Lt 1 s/d 4 menggunakan konstruksi beton bertulang
4. Struktur Bangunan Bawah : Pondasi Tiang Pancang

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang dihadapi dalam proyek akhir ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan ulang Gedung Laboraturium Teknik Elektro ITS Surabaya dengan konstruksi baja metode LRFD.
2. Bagaimana cara menentukan dimensi struktur gedung (*preliminary design*)
3. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung
4. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Laboraturium Teknik Elektro ITS Surabaya , antara lain :

1. Desain dan evaluasi struktur mengacu pada SNI-03-1729-2002
2. Pembebanan dihitung berdasarkan PPIUG 1983.
3. Beban gempa dihitung berdasarkan SNI – 03 – 1726 – 2002.
4. Perencanaan gedung ini tidak mempertimbangkan aspek ekonomi gedung.

1.4 TUJUAN

Tujuan yang ditinjau dalam modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Laboraturium Teknik Elektro ITS Surabaya , antara lain :

1. Dapat menentukan Preliminary design penampang profil baja
2. Dapat merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, dan tangga.
3. Dapat memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Dapat merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom.
5. Dapat merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perancangan struktur, yaitu kekuatan (*strength*), kekakuan dan stabilitas (*stability*).
6. Dapat menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik.

1.5 MANFAAT

Manfaat yang bisa didapatkan dari perancangan ini adalah :

1. Hasil perencanaan ini dapat dijadikan acuan untuk perencanaan gedung meggunakan struktur baja.

BAB II

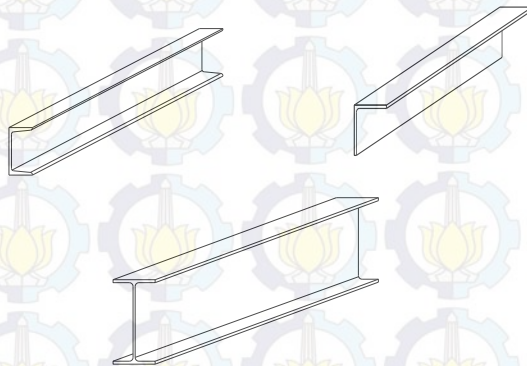
LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang penting. Sifat-sifatnya yang terutama penting dalam penggunaan dibandingkan terhadap bahan lain yang tersedia dan sifat ductility. Ductility adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun regangan sebelum terjadi kegagalan (*Salmon, 1992*).

2.2. Profil Baja Solid

Profil solid adalah profil yang mempunyai penampang utuh di sepanjang batangnya. Profil ini beredar luas di pasaran dan dapat di aplikasikan untuk konstruksi balok kolom pada gedung, konstruksi jembatan, plat girder jembatan, Mezzanin pada pabrik, dan lain sebagainya. Berikut Ini adalah contoh beberapa Profil baja solid yang beredar di pasaran



Gambar 2.1. Beberapa jenis profil solid

2.3 Peraturan- Peraturan Yang Dipakai

Peraturan-peraturan yang dipakai dalam proyek akhir ini antara lain:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)
3. Tata Cara Perhitungan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)
4. Tata Cara Perhitungan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

2.4 Mutu Bahan Yang Dipakai

Mutu bahan yang digunakan dalam perencanaan strukturnya adalah mutu baja BJ 37. Dimana tegangan putus minimum (f_u) = 370 MPa dan tegangan leleh minimum (f_y) = 240 Mpa

2.5 Preliminary Design

2.5.1 Perencanaan Dimensi Balok, Kolom dan Sloof

a. Balok

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360}$$

$$f = \frac{5L^2}{48EI} (M_s - 0.1(M_a - M_b))$$

$$f < f_{ijin} \dots\dots\dots \text{OK}$$

b. Kolom

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360}$$

$$f = \frac{5L^2}{48EI} (Ms - 0.1(Ma - Mb))$$

$$f < f_{ijin} \dots \dots \dots \text{OK}$$

c. Balok Sloof

Diambil Bentang terpanjang 960 cm, diasumsikan kolom Sloof jepit-jepit

$$E_{sloof} = E_{kolom} \rightarrow 700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Mpa}$$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$h_{kolom} = 400 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{sloof} &= \frac{1}{12} * b * h^3 \rightarrow b = \frac{1}{2} * h \\ &= \frac{1}{12} * \frac{1}{2} * h * h^3 \\ &= \frac{1}{24} * h^4 \end{aligned}$$

$$\frac{I_{kolom}}{h_{kolom}} = \frac{I_{sloof}}{h_{sloof}}$$

2.5.2 Perencanaan Tangga

Konstruksi tangga direncanakan dengan menggunakan baja, sebagai balok tipis, pelat yang mana perbedaan ini akan menentukan besar gaya-gaya reaksi yang akan terjadi pada konstruksi tangga tersebut. Perletakan tangga biasanya diasumsikan sebagai jepit-jepit, jepit-sendi, sendi-sendi, dan sendi-rol. Perbedaan tersebut akan menentukan cara penulangan, konstruksi serta pengaruh terhadap struktur secara keseluruhan.

Adapun prosedur perencanaan sebagai berikut:

1. Ketentuan perencanaan injakan tangga dan kemiringan tangga yang memenuhi syarat adalah :
 $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$ dengan sudut kemiringan $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 dimana t = tinggi injakan (cm)
 i = lebar injakan (cm)
 α = kemiringan tanjakan ($^\circ$)
2. Kemiringan tangga (α)
 $\alpha = \text{arc tg} (t/i)$
3. Jumlah injakan (n)
 $n = (\text{perbedaan tinggi elevasi} / 2) / t$
4. Pembebanan tangga
5. Perencanaan profil tangga

2.6 TATA LANGKAH PERENCANAAN PERHITUNGAN STRUKTUR

2.6.1 Pembebanan

Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, beban dapat dibedakan sebagai berikut (menurut peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan untuk bangunan baja):

1. Beban mati (D) adalah beban yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan tetap.
2. Beban hidup (L) adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.
3. L_a adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material

atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

4. H adalah beban hujan yang tidak termasuk oleh genangan air
5. E adalah beban gempa yang ditentukan oleh peraturan gempa $\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa. Faktor beban untuk L harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum dan semua daerah yang memikul beban lebih besar dari 5 kPa
6. W adalah Beban angin
Kombinasi pembebanannya adalah sebagai berikut :
 1. $U = 1.4 D$
 2. $U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_a \text{ atau } H)$
 3. $U = 1.4 D + 1.6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L \cdot L \text{ atau } 0.8 W)$
 4. $U = 1.2 D + 1.3 W + \gamma_L \cdot L + 0.5 (L_a \text{ atau } H)$
 5. $U = 1.2 D \pm 1.0 E + \gamma_L \cdot L$
 6. $U = 0.9 D \pm (1.3 W \text{ atau } 1.0 E)$

2.6.2 Beban gempa (Pasal 6.1.2 SNI – 03 – 1726 - 2002)

Gaya geser dasar rencana total, V, ditetapkan sebagai berikut :

$$V = \frac{C_1 * I}{R} * Wt ; T_1 = 0.085 * (hn)^{3/4}$$

dimana : V = Gaya geser dasar Nominal statik ekuivalen

R = Faktor reduksi gempa

T_1 = Waktu getar alami fundamental

Wt = Berat total gedung

I = Faktor kepentingan struktur

hn = Tinggi total gedung

C_1 = Faktor respons gempa

2.6.3 Kontrol Perhitungan Balok (lentur)

Kontrol Penampang pada penampang utuh

Pelat sayap :

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

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \text{ (Kompak)} ; \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \text{ (Kompak)}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \text{ (Tidak kompak)}$$

$$; \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \text{ (Tidak kompak)}$$

Untuk memenuhi persyaratan penampang harus masuk pada kategori penampang kompak.

Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq V_d (\Phi V_n)$ berdasarkan LRFD pasal 8.8.1

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

$$V_{mt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(\nu + \sqrt{3})} \leq 1$$

$$V_{mt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(\nu + \sqrt{3})} V_{pt} \leq V_{pt}$$

$$V_{mt(sh)} = V_{pt} + 0,29\sqrt{f_c} A_{ve} \quad \text{dimana, } A_{ve} = 3t_s t_e$$

$$V_{mt} < V_{mt(sh)}$$

$$V_{pt} = F_y t_w d / \sqrt{3}$$

Dimana V_n = kuat geser nominal

V_{mt} = kuat geser satu tee

V_{pt} = kuat geser plastis satu tee

Kontrol Interaksi

$$\left(\frac{Mu}{\phi o * Mm} \right)^3 + \left(\frac{Vu}{\phi o * Vm} \right)^3 \leq 1,0$$

2.6.4 Kontrol Perhitungan Kolom (kolom)

Kontrol Penampang

Penampang tidak boleh termasuk dalam kategori penampang langsing :

$$\begin{array}{ll} \text{Pelat sayap :} & ; \quad \text{Pelat badan :} \\ \lambda < \lambda_r & ; \quad \lambda < \lambda_r \end{array}$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{250}{\sqrt{f_y}} \text{ (OK)} : \frac{h}{t_w} < \frac{665}{\sqrt{f_y}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Kekakuan Portal

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{I_b}{L_b} \right)}$$

Dari nilai G, dapat diperoleh nilai kc

(faktor panjang tekuk)

Amplifikasi Momen Struktur Portal

$$Mu = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$B_1 = \frac{Cm}{\left(1 - \frac{Pu}{Pe_1} \right)} \geq 1$$

$$\text{dimana : } Pe_1 = \frac{\pi^2 EI}{(KcL)^2} ; \quad Cm = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \sum Pu \left(\frac{\Delta oh}{\sum HL} \right)} \quad \text{atau} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \left(\frac{\sum Pu}{\sum Pe_2} \right)}$$

$$\text{dimana : } Pe_2 = \frac{\pi^2 EI}{(KcL)^2}$$

Kontrol Komponen Tekan

$$P_n = Ag \cdot f_{cr} \quad ; \quad \lambda c = \frac{Kc \cdot L}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\text{untuk : } \lambda c \leq 1.5 \quad \text{maka } f_{cr} = (0.658^{\lambda c^2}) f_y$$

$$\text{untuk : } \lambda c > 1.5 \quad \text{maka } f_{cr} = \left(\frac{0.877}{\lambda c^2} \right) f_y$$

Kontrol Tekuk Lateral

$$M_u \leq \phi M_n$$

a. Bentang Pendek ($L_b \leq L_p$)

$$M_n = M_p \quad ; \quad L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

b. Bentang Menengah ($L_p \leq L_b \leq L_r$)

$$M_n = C_b \left(M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(f_y - f_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} \quad ; \quad X_2 = 4 \frac{I_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2$$

$$Cb = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.30$$

c. Bentang Panjang ($Lr \leq Lb$)

$$Mn = M_{cr} = Cb \frac{\pi}{Lb} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J \left(\frac{\pi E}{Lb} \right)^2} \leq Mp$$

Persamaan Interaksi Aksial-Momen

1. Jika $\frac{Pu}{\phi Pn} \geq 0.2$ maka

$$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi b \cdot Mn_x} + \frac{Muy}{\phi b \cdot Mn_y} \right) \leq 1.0$$

2. Jika $\frac{Pu}{\phi Pn} < 0.2$ maka

$$\frac{Pu}{2\phi Pn} + \left(\frac{Mux}{\phi b \cdot Mn_x} + \frac{Muy}{\phi b \cdot Mn_y} \right) \leq 1.0$$

2.6.5 Shear Connector

Shear Connector dipasang praktis karena pelat dari beton bukan balok komposit

2.6.6 Sambungan (Tarik)

Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul nantinya tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur lain yang direncanakan. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Gaya-gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan.

- Deformasi sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan.
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya

A. **Sambungan Baut**

$$\text{Kuat geser } \phi R_{nv} = \phi \cdot f_v \cdot A_b \cdot m$$

$$\text{Kuat tumpu } \phi R_{nt} = \phi \cdot (1.8) \cdot f_y \cdot d_b \cdot t_p$$

} Diambil yang terkecil

$$\text{Jumlah baut, } n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi minimum : 1.5db

Jarak tepi maksimum : (4t_p + 100 mm) atau 200 mm

Jarak minimum antar baut : 3db

Jarak maksimum antar baut : 15t_p atau 200 mm

Kontrol Kekuatan Pelat

$$\phi P_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$V_u < \phi P_n$$

B. **Sambungan Las**

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan, $\phi f \cdot R_{nw} = 0.75 \times t_e \times (0.6 \times f_{uw})$ (las)

$$\phi f \cdot R_{nw} = 0.75 \times t_e \times (0.6 \times f_u)$$
 (bahan dasar)

keterangan : f_{uw} : tegangan tarik putus logam las

f_u : tegangan tarik putus bahan dasar

t_e : tebal efektif las

2.6.7 Pelat Lantai

Pelat lantai yang digunakan adalah sistem dek baja bergelombang (bondek), yang perhitungannya berdasarkan momen ultimate.

2.6.8 Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data sondir.

- **Kekuatan Tanah**

Menggunakan rumus konvensional dan faktor keamanan ($SF1 = 3$ dan $SF2 = 5$)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana :

- $Q_p = 9 \times N \times A_p$

- $Q_s = \alpha \times C_u \times l \times A_s$

- Luas permukaan ujung tiang (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$.

- Panjang keliling tiang (K) = $\pi \times d$.

- **Kekuatan Bahan**

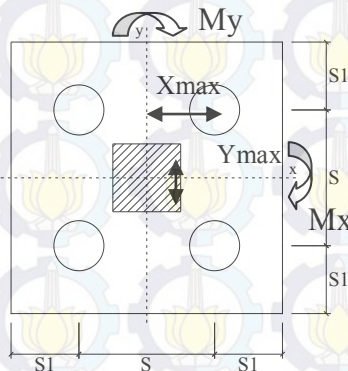
$\bar{P}_b$ = milik **PT. Wijaya Karya Beton**

Dimana f'_c ijin = $0,45 f'_c$

- Kemampuan tiang (P_{ijin}) adalah nilai terkecil diantara kekuatan tanah atau kekuatan bahan.

- Kebutuhan tiang pancang (n)

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}}$$



Gambar 2.2 Pondasi grup tiang pancang

- Beban maksimum yang diterima satu tiang (P_{maks})

$$P_{mak} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} < P_{ijin}$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} < P_{ijin}$$

- Perhitungan efisiensi tiang (η)

Efisiensi = η

$$\eta = 1 - \left[\arctg \left(\frac{D}{S} \right) * \left(\frac{(m-1)*n + (n-1)*m}{90*m*n} \right) \right]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

M = jumlah tiang pancang dalam 1 kolom

N = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

- Daya dukung 1 tiang dalam group ($P_{ijin \text{ 1 tiang}}$)

$$P_{ijin \text{ 1 tiang}} = \eta * P_{ijin} > P_{maks}$$

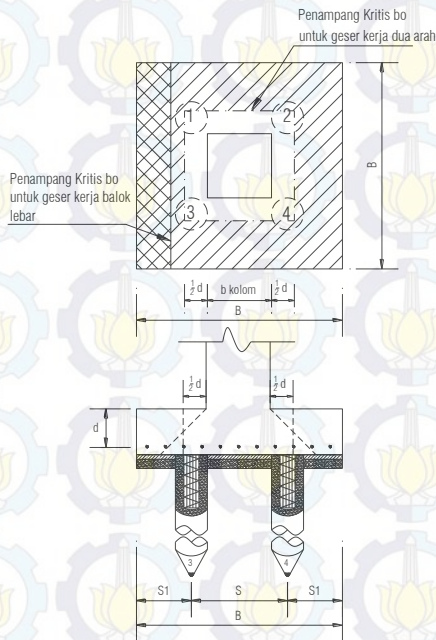
- Daya dukung total tiang group ($P_{ijin-total}$)

$$P_{ijin-total} = n * P_{ijin \text{ 1 tiang}}$$

- Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Kolom:

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

lebar dengan penampang kritis pada se penuh lebarnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons (punching shear stress). Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom, yang mengelilingi kolom yang dipikul oleh pondasi. *Gambar 2.20* di bawah ini menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada assumsi kerja balok lebar maupun kerja dua arah.



Gambar 2.3 Kontrol Geser Ponds Pada Pile Cap Akibat Beban Kolom .

Dengan Perumusan yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Kontrol Geser Ponds 1 Arah (balok Lebar)

$$V_u \leq \phi * V_c \text{ atau } V_u \leq \phi * \left(\frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) * b_w * d$$

- Kontrol Geser Ponds 2 Arah.

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil, sesuai SNI 03-2847-2002 Ps.13.12.2.1.a – Ps.13.12.2.1.

$$V_u \leq \phi * V_c$$

Dimana V_n diambil nilai terkecil dari

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) * b_0 * d$$

atau

$$V_c = \left(\frac{\alpha * d}{b_0} + 2 \right) \left(\frac{1}{12} \sqrt{f'c} \right) * b_0 * d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} * b_0 * d$$

$V_u < \phi V_c \longrightarrow$ tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c \longrightarrow$ tebal poer tidak mencukupi.

Dimana :

β_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 Untuk kolom dalam

= 30 Untuk Kolom Tepi

= 20 Untuk Kolom Sudut.

b_0 = Perimeter penampang kritis

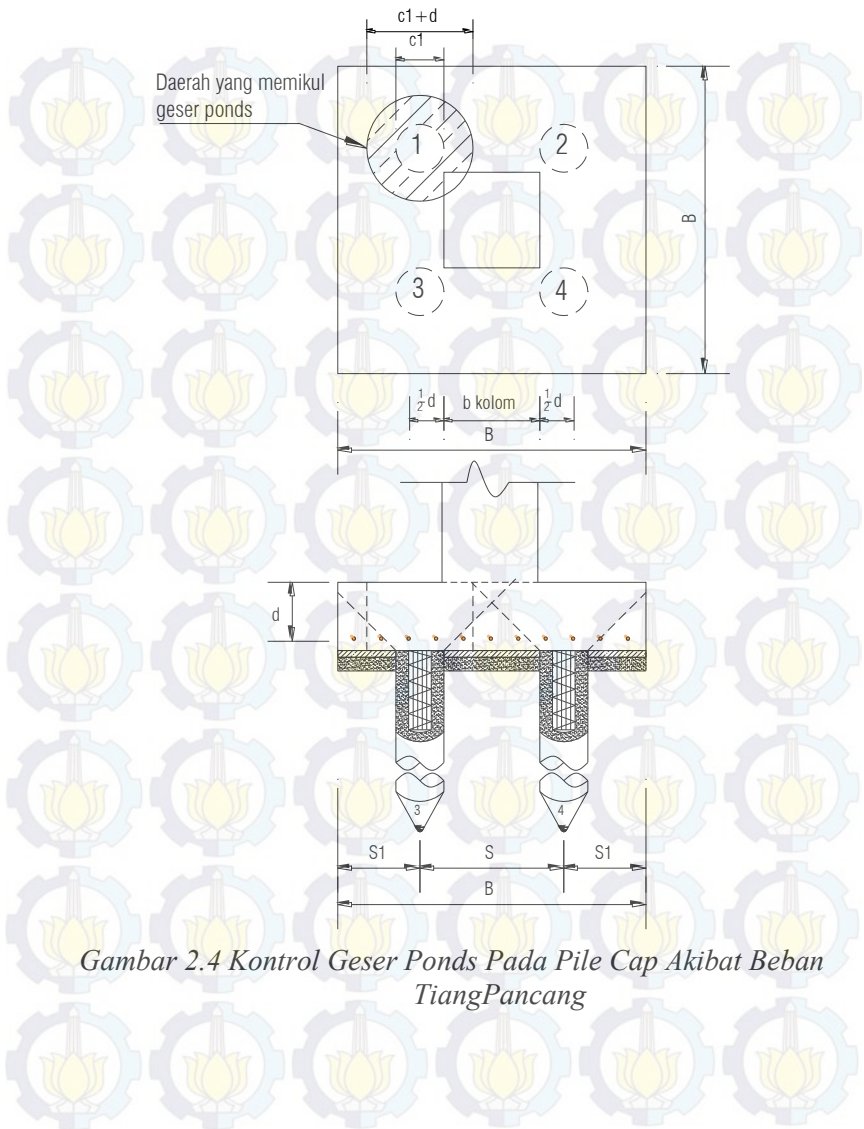
d = Tinggi Manfaat Pelat.

$V_u < \phi V_c$ —————> tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$ —————> tebal poer tidak mencukupi.

- Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial dari Tiang Pancang :

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikulnya 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 $1,5 \times \text{diameter tiang pancang}$ tersebut. *Gambar 2.21* di bawah ini menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 2.4 Kontrol Geser Ponds Pada Pile Cap Akibat Beban TiangPancang

o Kontrol Geser Ponds 2 Arah.

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil, sesuai SNI 03-2847-2002 Ps.13.12.2.1.a – Ps.13.12.2.1.

$$V_u \leq \phi * V_c$$

Dimana V_n diambil nilai terkecil dari

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) * b_0 * d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} * b_0 * d$$

$V_u < \phi V_c$ —————> tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$ —————> tebal poer tidak mencukupi.

Dimana :

β_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

b_0 = Perimeter penampang kritis

d = Tinggi Manfaat Pelat.

$V_u < \phi V_c$ —————> tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$ —————> tebal poer tidak mencukupi.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Studi Literatur

Metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Pengumpulan Data dan Studi Literatur

a. Pengumpulan data untuk perencanaan gedung, meliputi:

- Gambar Arsitektur dan Struktur
- Data Tanah (*Soil investigation*)

b. Studi Literatur

- Mempelajari literatur mengenai Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- Mempelajari literatur perilaku dan perhitungan *struktur baja metode LRFD*

3.2 Data Bangunan

Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITS Surabaya akan dimodifikasi dan dirancang kembali dengan Menggunakan Struktur baja Metode LRFD dengan wilayah gempa 2 yaitu di kota Surabaya .

Persyaratan tata letak struktur :

Type bangunan	: Gedung Laboratorium
Letak bangunan	: Jauh dari pantai
Zone gempa	: Zone 2 (Surabaya)
Tinggi bangunan	: ± 22 m
Jumlah lantai	: 4 lantai
Struktur bangunan	: Beton bertulang dengan atap pelat beton dan konstruksi baja (Existing)
Struktur pondasi	: Pondasi Tiang Pancang
Mutu beton (f'_c)	: 30 Mpa
Mutu baja Tulangan (f_y):	BJ TD 400 Mpa BJ TP 240 Mpa
Mutu baja Profil (f_y)	: 240 Mpa (BJ 37)

3.3 Beban-beban pada struktur

- **Beban mati (PPIUG 1983)**

Beban mati terdiri atas berat seluruh material elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung.

- **Beban hidup (PPIUG 1983)**

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi dan beban akibat fenomena alam (lingkungan).

- **Beban angin (PPIUG 1983)**

- **Beban Gempa (SNI 03-1726-2002)**

- Analisa beban gempa
- Perhitungan gaya geser tingkat
- Perhitungan distribusi gaya gempa.

- **Kombinasi Pembebanan**

Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI03-1729-2002 :

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L$
3. $1.2D + 0.8W$
4. $1.2D + 1.3W + 0.5L$
5. $1.2D + 1E + 0.5L$
6. $0.9D + 1.3W$
7. $0.9D + 1E$

Dimana :

D	=	Beban Mati
L	=	Beban Hidup
W	=	Beban Angin
E	=	Beban Gempa

3.4 Kontrol Perencanaan Struktur Utama :

3.4.1 Kontrol Perhitungan Balok dan kolom

Desain balok dan kolom harus di kontrol berdasarkan SNI 03 -1729-2002 agar dapat memikul gaya gaya yang terjadi .

3.4.2 Kontrol Sambungan

Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul nantinya tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur lain yang direncanakan. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Gaya-gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan.
- Deformasi sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan.
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

3.5 Perhitungan Struktur Bawah

3.4.1. Kumpulkan data :

- Data tanah
- Data tiang pancang dan kekuatannya

3.4.2. Perhitungan daya dukung tanah

3.4.3. Kontrol kekuatan tiang pondasi

Kekuatan tiang pancang dihitung berdasarkan *end point bearing* dan *friction* nya.

3.4.4. Perencanaan Poer

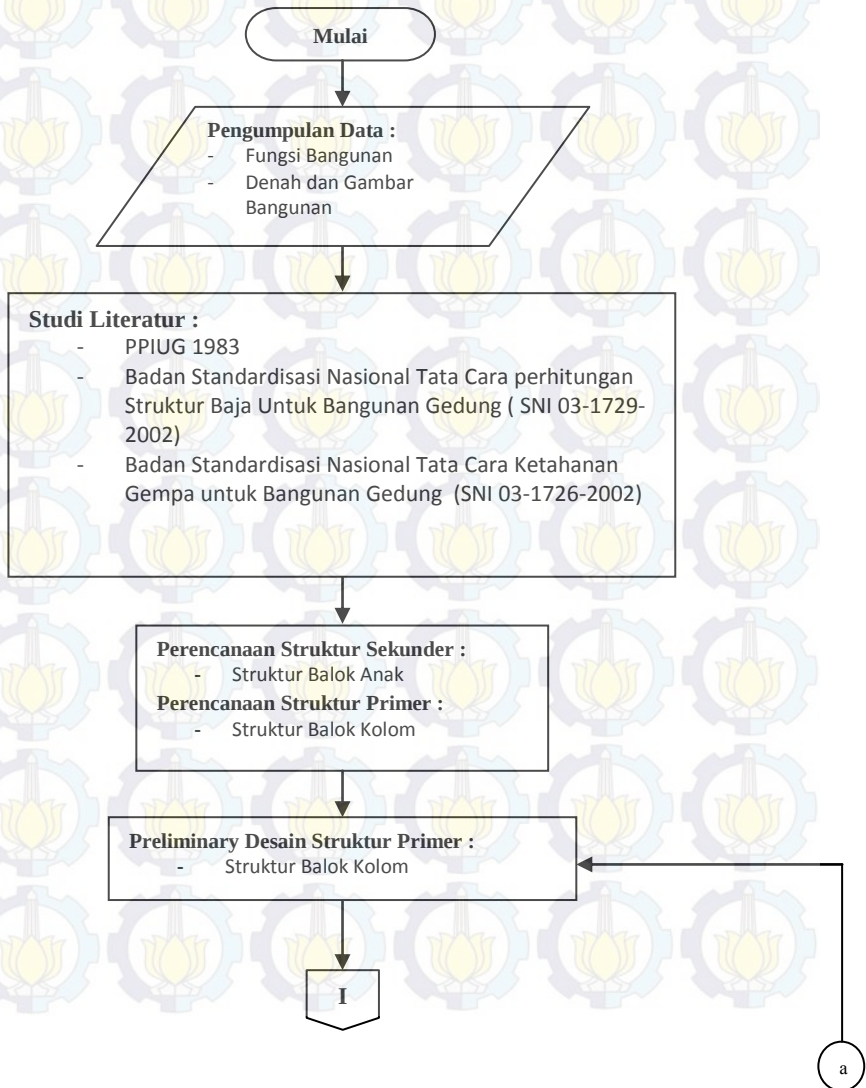
- Kontrol geser ponds pada poer
- Penulangan geser poer
- Penulangan lentur poer

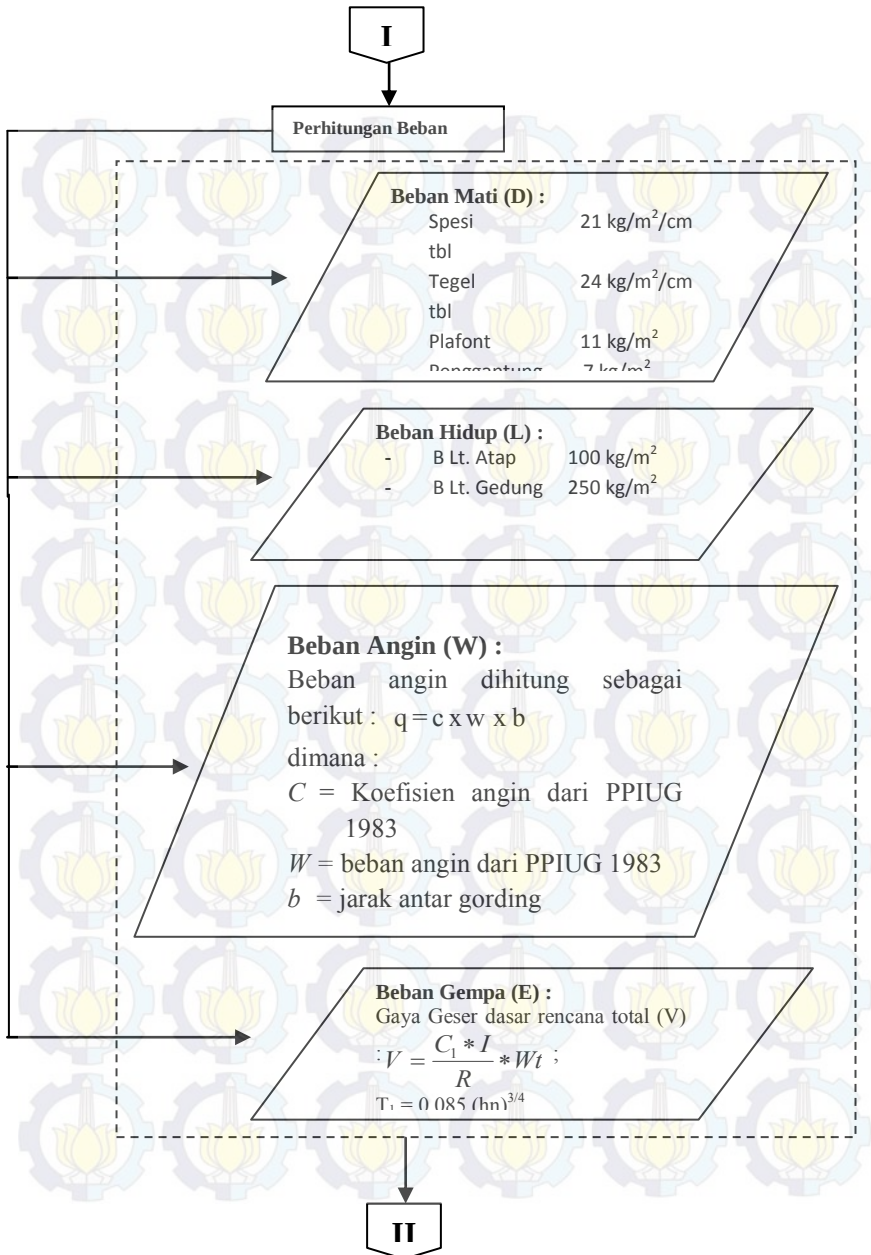
3.4.5. Perencanaan Sloof

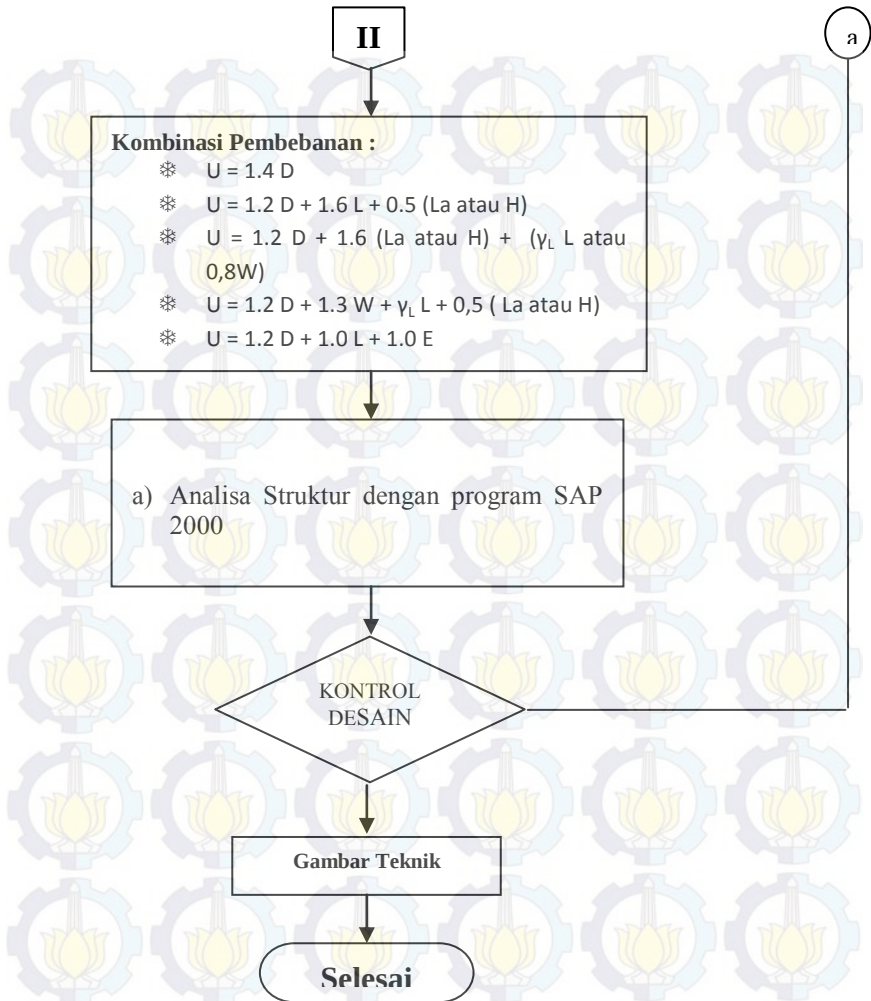
- Penulangan lentur sloof
- Penulangan geser sloof

3.6 Penggambaran

Jika evaluasi dan kontrol sudah benar dan memenuhi, maka tahap selanjutnya adalah membuat gambar dari hasil perencanaan dan perhitungan.







Gambar 3.1 Flowchart Metodologi

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR ATAP

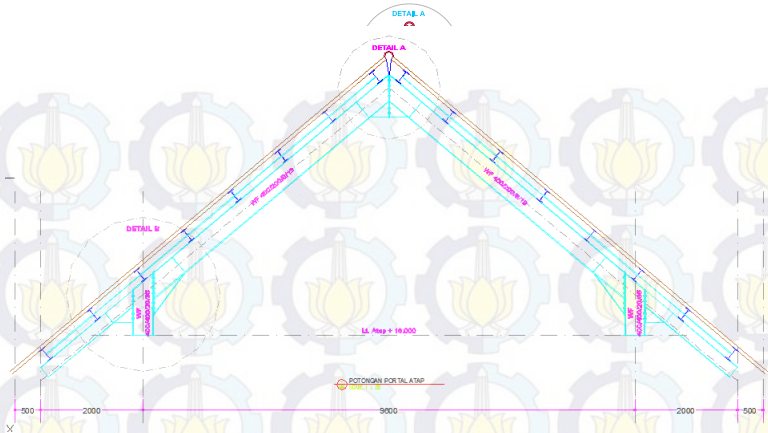
4.1 Umum

Struktur atap merupakan komponen dari suatu konstruksi bangunan yang memiliki fungsi sebagai pelindung elemen bangunan yang berada dibawahnya, baik dari air hujan, angin dan sinar matahari secara langsung. Pada bangunan ini dipakai struktur atap dari baja dengan penutup atap seng monorib dari bahan alstar.

Perhitungan dan analisa struktur atap pada permodelan struktur dijadikan satu kesatuan dengan struktur utama, sehingga diharapkan gaya-gaya dalam yang timbul akibat pembebanan akan lebih mendekati dengan kondisi sebenarnya di lapangan.. Struktur atap pada bangunan ini menggunakan struktur rangka batang.

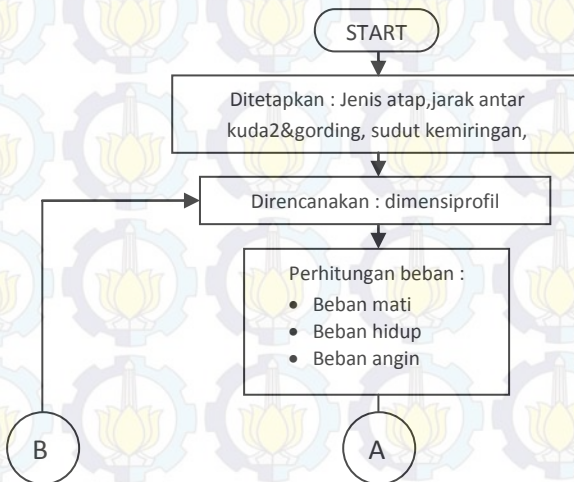
4.2 Data Perencanaan

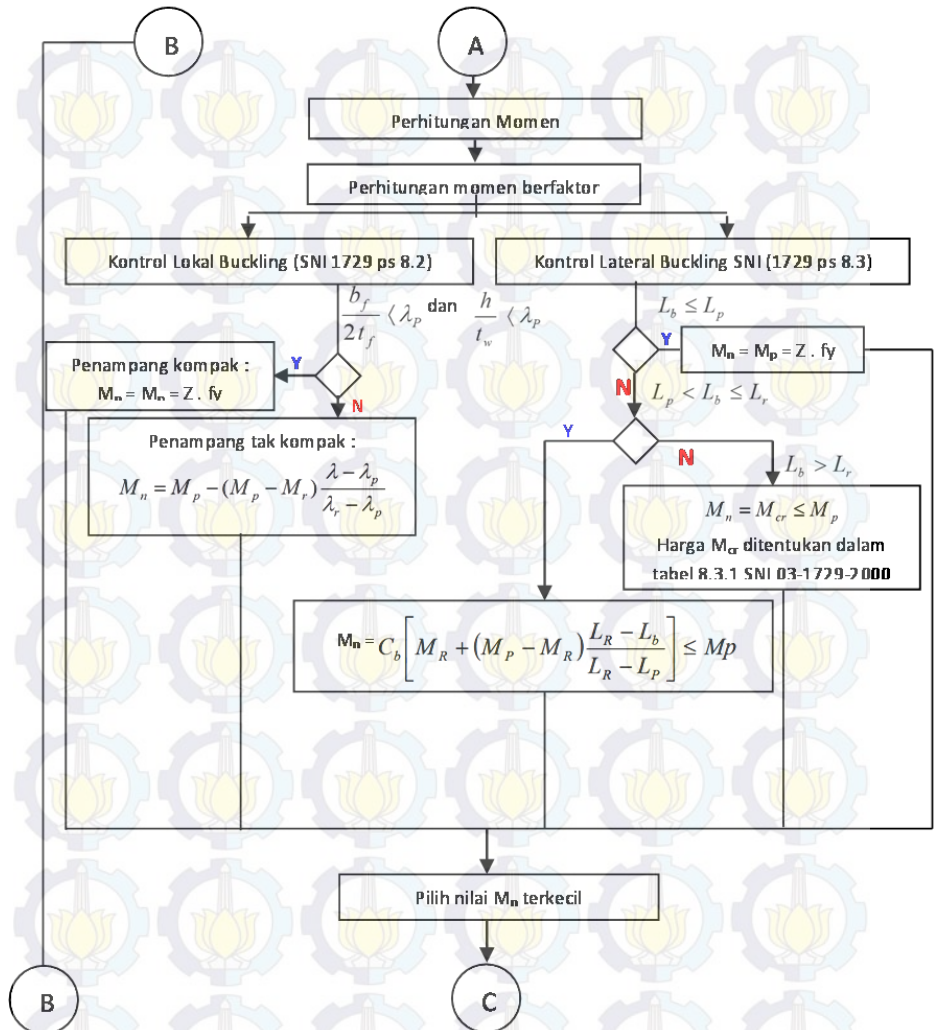
Bahan kuda-kuda : Baja Wide Flange (WF)
Bahan gording atap : Baja Wide Flange (WF)
Mutu baja BJ 37 : $f_y = 2400 \text{ kg/cm}$; $f_u = 3700 \text{ kg/cm}$
Jarak miring gording : $1200 \text{ mm} \approx 1.2 \text{ m}$
Jarak datar gording : $919.25 \text{ mm} \approx 0.92 \text{ m}$
Jarak penggantung gording : $2400 \text{ mm} = 2.4 \text{ m}$
Jarak kuda-kuda : $7200 \text{ mm} = 7.2 \text{ m}$
Kemiringan atap : 40°
Jenis atap yang digunakan adalah “ METAL ZINC-ALUMINIUM “ dengan data berikut :
- berat (G) = 3.16 kg/m

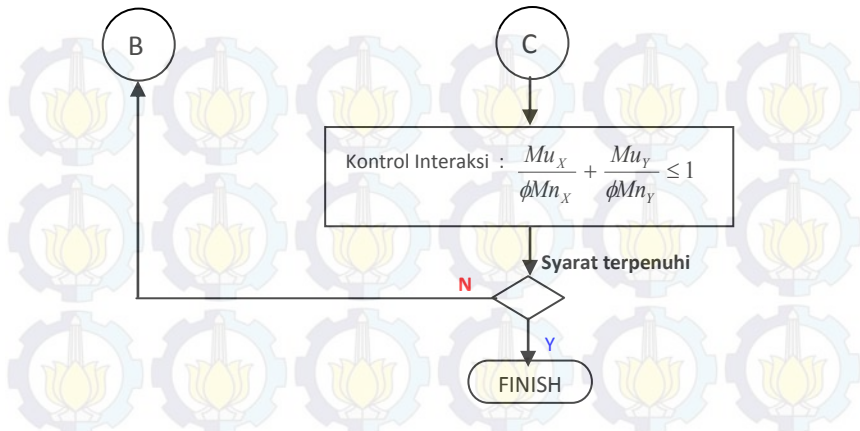


Gambar 4.1 Rencana Kuda-Kuda Melintang

4.3 Perencanaan Gording







Gambar 4.2 Flowchart perencanaan gording

Daftar Notasi :

b_f : lebar pelat sayap (tabel profil baja)

t_f : tebal pelat sayap (tabel profil baja)

λ_p : batas perbandingan lebar terhadap tebal untuk penampang kompak

(SNI 03-1729-1000, tabel 7.5.1)

λ_r : batas perbandingan lebar terhadap tebal untuk penampang tak kompak (SNI 03-1729-1000, tabel 7.5.1)

M_n : momen nominal profil

M_p : momen plastis, $M_p = Z \cdot f_y$

M_r : momen batas, $M_r = S \cdot (f_y - f_r)$

f_y : tegangan leleh baja

f_r : tegangan residu baja

S : modulus penampang elastis (tabel profil baja)

Z : modulus penampang plastis (tabel profil baja)

L_b : panjang bentang antara dua pengekang lateral

L_p : panjang bentang maksimum untuk balok yang mampu menerima momen plastis (tabel profil baja)

L_r : panjang bentang minimum untuk balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral (tabel profil baja)

C_b : faktor pengali momen, $C_b =$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_{min} + 4 M_o}$$

(SNI 03-1729-2000 ps 8.3.1)

M_{cr} : momen kritis, nilainya sesuai tabel 8.3.1 SNI 03-1729-2000

ϕ : faktor reduksi kekuatan balok terhadap momen lentur, $\phi = 0,9$

x : arah x terhadap sumbu lokal penampang profil

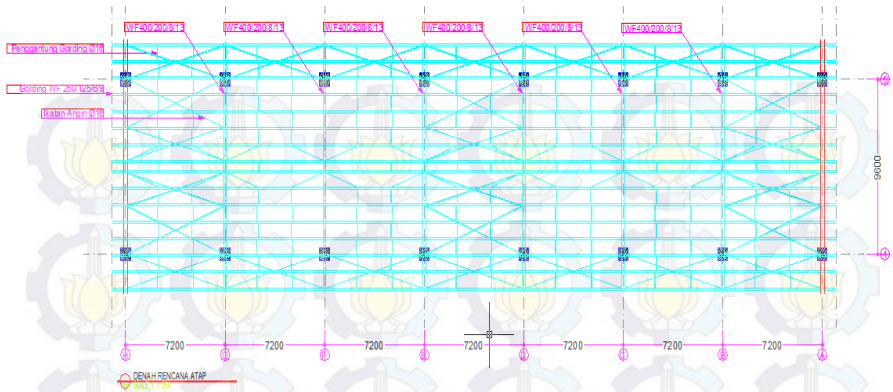
y : arah y terhadap sumbu lokal penampang profil

Data perencanaan gording :

Jarak antar kuda-kuda : 7,2 m

Direncanakan dimensi gording dari profil WF 150 x 75 x 5 x 7 dengan data sbb :

W	$= 14 \text{ kg/m}$	i_x	$= 3.98 \text{ cm}$
I_x	$= 187 \text{ cm}^4$	i_y	$= 1.12 \text{ cm}$
I_y	$= 14.8 \text{ cm}^4$	Z_x	$= 42 \text{ cm}^3$
A	$= 11.85 \text{ cm}^2$	Z_y	$= 9 \text{ cm}^3$
S_x	$= 37.5 \text{ cm}^3$	t_f	$= 7 \text{ mm}$
S_y	$= 5.91 \text{ cm}^3$	r	$= 8 \text{ mm}$
t_w	$= 5 \text{ mm}$	d	$= 175 \text{ mm}$
b_f	$= 75 \text{ mm}$		
h	$= d - 2(t_f + r) = 150 - 2(7 + 8) = 120 \text{ mm}$		



Gambar 4.3 Denah Rencana Gording

4.3.1 Perhitungan Beban pada Gording

a. Beban mati (q_D)

1. Berat penutup atap $= 3,16 \text{ kg/m}^1$
 $= 3,16 \text{ kg/m}^1$
 2. Berat gording $= 14 \text{ kg/m}^1$
 $= 17.16 \text{ kg/m}^1$
 3. Lain - lain $= 10\% \times 17.16$
 $= 1,72 \text{ kg/m}^1 +$
- $$q_{(D)} = 18.88 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup pada gording (q_L) :

- Beban hidup terbagi rata (hujan)

Berdasarkan PPIUG'83 Ps.3.2.2a hal 13 :

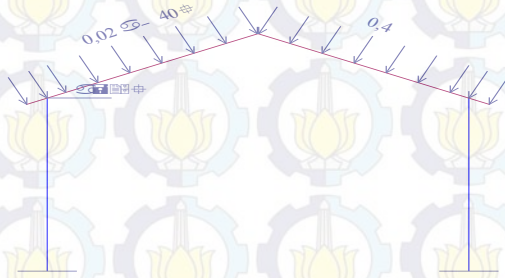
$$\begin{aligned}
 q_L &= (40 - 0,8\alpha) \\
 &= (40 - 0,8 \times 40) \\
 &= 8 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{LH} &= 8 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} \times \cos 40^\circ \\
 &= 7,35 \text{ kg/m}^1
 \end{aligned}$$

- Beban hidup terpusat (P_L)

Berdasarkan PPIUG'83 Ps.3.2.2b hal.13 $\rightarrow P_L = 100 \text{ kg}$

c. Beban angin pada gording

Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 4.1, besarnya tekanan angin ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup (w) dengan koefisien angin (c). Besarnya tekanan tiup angin menurut PPIUG 1983 pasal 4.2 adalah $w = 25 \text{ kg/m}^2$ sedangkan nilai koefisien angin (c) menurut PPIUG 1983 pasal 4.3 adalah sebagai berikut :

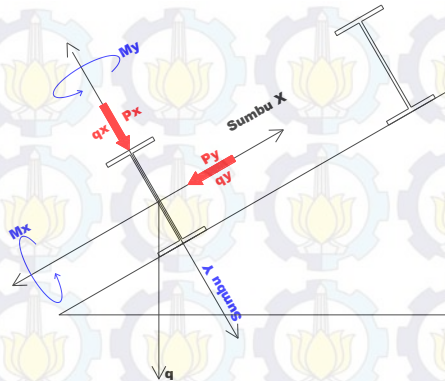


Gambar 4.4 koef. angin (PPIUG'83 tabel 4.1)

- Koefisien angin tekan
 $\alpha = 40^\circ$
 $c = 0,02\alpha - 0,4 = 0,02 \times 40 - 0,4 = 0,4$
 $q = c \times w \times b = 0,4 \times 25 \times 1,2 = 12 \text{ kg/m}$
- Koefisien angin hisap
 $c = -0,4$
 $q = c \times w \times b = -0,4 \times 25 \times 1,2 = -12 \text{ kg/m}$

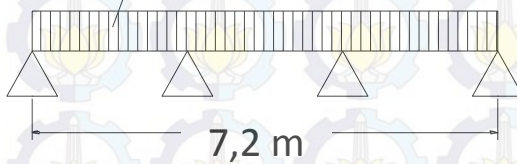
jika dibandingkan dengan beban tetap (beban mati + beban hidup), angin hisap ini jauh lebih kecil, sehingga tidak bisa melawan beban tetap dan tidak perlu diperhitungkan. Maka tekanan angin tiap m^2 adalah $q_w = 12 \text{ kg/m}$ (angin hisap menentukan)

4.3.2 Perhitungan Momen Gording



Gambar 4.5 Momen pada Gording

- a. Akibat Beban Mati
 $q_D = 18.88 \text{ kg/m}$
 18.88 kg/m



Gambar 4.6 Beban mati merata pada gording
 (satuan dalam m)

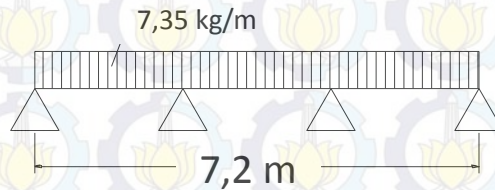
Momen yang terjadi akibat beban mati :

$$\begin{aligned}
 M_{Dx} &= 1/8 \times q_d \cos \alpha \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 18.88 \cos 40^\circ \times 7,2^2 \\
 &= 93.7 \text{ kg.m} \\
 M_{Dy} &= 1/8 \times q_d \sin \alpha \times (L/3)^2 \\
 &= 1/8 \times 18.88 \sin 40^\circ \times (7,2/3)^2 \\
 &= 8.74 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Akibat Beban Hidup

- Akibat Beban Hujan (M_H)

$$q_H = 7,35 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.7 Beban hidup akibat hujan pada gording
(satuan dalam m)

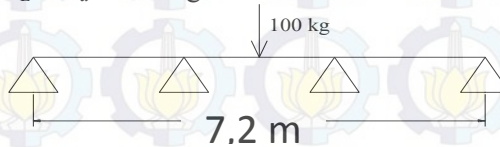
Momen yang terjadi akibat beban hidup :

$$\begin{aligned} M_{Hx} &= 1/8 \times q_{LH} \cos \alpha \times L^2 \\ &= 1/8 \times 7,35 \cos 40^\circ \times 7,2^2 \\ &= 39,71 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Hy} &= 1/8 \times q_{LH} \sin \alpha \times (L/3)^2 \\ &= 1/8 \times 7,35 \sin 40^\circ \times (7,2/3)^2 \\ &= 3,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Akibat beban Hidup Terpusat (M_{La})

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



Gambar 4.8 Beban hidup terpusat pada gording
(satuan dalam m)

Maka momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{Lax} &= 1/4 \times L_a \cos \alpha \times L \\ &= 1/4 \times 100 \cos 40^\circ \times 7,2 \\ &= 137,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

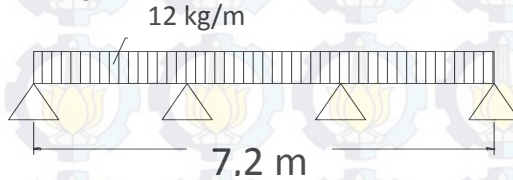
$$\begin{aligned} M_{Lay} &= 1/4 \times L_a \sin \alpha \times (L/3) \\ &= 1/4 \times 100 \sin 40^\circ \times (7,2/3) \\ &= 38,57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Lax} &> M_{Hx} \\ M_{Lay} &> M_{Hy} \end{aligned}$$

} → Beban La > beban H
Maka dipakai beban La

c. Akibat Beban Angin Terbagi Rata (M_w)

$$q_w = 12 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.9 Beban angin tekan pada gording
(satuan dalam m)

$$M_{w1} = 1/8 \times q \times L^2 = 1/8 \times 12 \times 7,2^2 = 51,84 \text{ kg.m (tekan)}$$

4.3.3 Perhitungan Momen Berfaktor Gording

a. Kombinasi beban mati

$$M_U = 1,4 M_D \rightarrow \text{Tidak menentukan}$$

b. Kombinasi beban mati + beban hidup

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 (M_{La} \text{ atau } M_{Ha})$$

$$\begin{aligned} M_{Ux} &= (1,2 \times 93,7) + 1,6 \times 137,9 \\ &= 333,08 \text{ kgm} \rightarrow \text{Tidak menentukan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Uy} &= (1,2 \times 8,74) + (0,5 \times 38,57) \\ &= 72,2 \text{ kgm} \rightarrow \text{Tidak menentukan} \end{aligned}$$

c. Kombinasi beban mati + beban hidup + beban angin dan beban hidup terbagi rata.

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 (M_{La} \text{ atau } M_{Ha}) + (\gamma_L M_{La} \text{ atau } 0,8 M_w)$$

$$\begin{aligned} M_{Ux} &= (1,2 \times 93,7) + (1,6 \times 137,9) + (0,8 \times 77,76) \\ &= 395,3 \text{ kgm} \rightarrow \text{Menentukan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Uy} &= (1,2 \times 8,74) + (1,6 \times 38,57) + (0,8 \times 0) \\ &= 72,19 \text{ kgm} \rightarrow \text{Menentukan} \end{aligned}$$

4.3.4 Kontrol Profil Gording

a. Kontrol Lokal Buckling :

(Berdasarkan LRFD, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung table 7.5-1 hal 31)

- Kontrol plat sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \cdot 7} = 3.571$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10.97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b_f}{2t_f} = 3.571 \\ \lambda_p = 10.97 \end{array} \right\} \frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p$$

- Kontrol plat badan :

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

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108.44$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 14 \\ \lambda_p = 108.44 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Profil yang direncanakan termasuk penampang kompak, $M_n = M_p$

Kontrol Lateral Buckling

Jarak baut pengikat = jarak penahan lateral, $L_b = 38.5 \text{ cm}$

$$L_p = 1.76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1.76 \cdot 1.66 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}}$$

$$= 84.34 \text{ cm}$$

$L_p > L_b$, maka termasuk bentang pendek

$$\begin{aligned}
 M_{n_x} &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 58,07 \cdot 2400 \\
 &= 139368 \text{ kg.cm} = 1393,68 \text{ kg.m} \\
 M_{n_y} &= 0,5 \cdot Z_y \cdot f_y \\
 &= 0,5 \cdot 20,23 \cdot 2400 \\
 &= 24276 \text{ kg.cm} = 242,76 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \leq 1 \text{ (SNI 1729-03-2002 pasal 7.4.3.3)}$$

$$\frac{395,3}{0,9 \times 1393,68} + \frac{72,19}{0,9 \times 242,76} \leq 1$$

$$0,64 \leq 1 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

c. Kontrol Lendutan
lendutan ijin

$$f = \frac{L}{180} = \frac{720}{180} = 4 \text{ cm}$$

lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned}
 f_y &= \frac{5}{384} \frac{q \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{L}{3}\right)^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \sin \alpha \cdot \left(\frac{L}{3}\right)^3}{E \cdot I_y} \\
 &= \frac{5}{384} \frac{0,29777 \sin 40^\circ \cdot \left(\frac{720}{3}\right)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 49,5} + \frac{1}{48} \cdot \frac{100 \sin 40^\circ \cdot \left(\frac{720}{3}\right)^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 49,5} \\
 &= 0,24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$= \sqrt{2,31^2 + 0,24^2}$$

$$= 2,32 \text{ cm} < 4 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

Lendutan yang terjadi pada SAP = 0,006

0,6 cm < L ijin = 4 cm.Ok

d. Kontrol Geser

$$\begin{aligned} R_d &= 1/2 \times q_d \times L \\ &= 1/2 \times 18,88 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m} = 67,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_u &= 1,2 \cdot R_d + 1,6 \cdot R_l \\ &= 1,2 \cdot 67,97 + 1,6 \cdot 100 \\ &= 241,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{7}{0,5} = 14 \text{ cm}$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71.005$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \dots \dots \dots \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2400 \cdot 0,5 \cdot 10 \\ &= 7200 \text{ kg} \end{aligned}$$

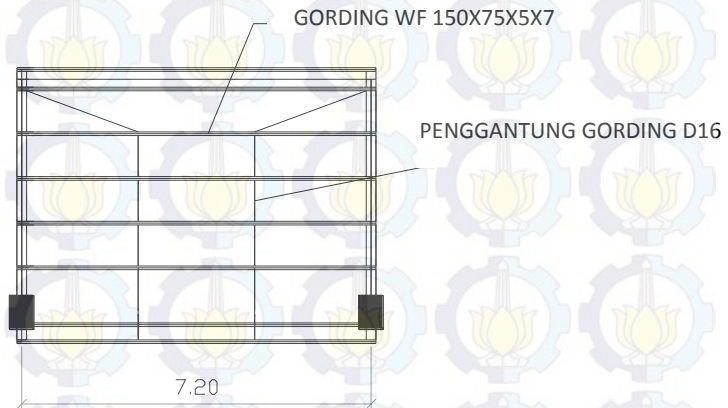
$$\phi V_n = 0,9 \cdot 7200 = 6480 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi V_n \dots \dots \dots \text{OK}$$

Berdasarkan perencanaan gording diatas, maka profil WF 150x75x5x7 dapat digunakan sebagai gording karena telah memenuhi semua kriteria perencanaan.

4.4 Perencanaan Penggantung Gording

Seperti kita ketahui bersama, sumbu lemah pada gording adalah sumbu Y, oleh karena itu pada arah sumbu Y gording dipasang *trekstang* (penggantung gording). Dalam perhitungan ini, dipakai 2 penggantung gording dengan jarak antar penggantung gording 2,40 m seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.10 Letak penggantung gording

Beban-belan yang terjadi pada penggantung gording adalah sebagai berikut :

- Beban mati yang dipikul oleh penggantung gording

Beban mati gording ($q_D = 18,88 \text{ kg/m}$)

$$R_{DL} = q_D \sin \alpha \times (L/3) \times \text{jumlah gording} \\ = 18,88 \text{ kg} \sin 40^\circ \times (7,2/3) \times 16 = 466,02 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang dipikul oleh penggantung gording
Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 3.2 beban hidup yang diambil adalah beban hidup yang paling menentukan diantara dua macam beban dibawah ini :

- a. Beban hidup akibat air hujan (H)

Beban hidup gording akibat air hujan, $q_H = 7,35 \text{ kg/m}$

$$R_{LL} = q_H \sin \alpha \times (L/3) \times \text{jumlah gording} \\ = 7,35 \sin 40^\circ \times (7,2/3) \times 16 = \mathbf{181,42 \text{ kg}}$$

→ **menentukan**

b. Beban hidup akibat beban pekerja

Beban hidup gording akibat beban pekerja, $P_L = 100$ kg

$P_x = P_L \sin \alpha = 100 \sin 40^\circ = 64,28$ kg → tidak menentukan

Jadi beban hidup yang dipakai adalah beban hidup akibat air hujan sebesar = 181,42 Kg.

- Perencanaan gaya dalam :

$$R_{\text{tot}} = 1,2 R_{DL} + 1,6 R_{LL} \\ = 1,2 \times 466,02 + 1,6 \times 181,42 = 849,5 \text{ kg}$$

$$P_u = R_{\text{tot}} = 849,5 \text{ kg}$$

Gaya dalam yang diterima penggantung gording terakhir

$$\tan \beta = \text{jarak miring gording} / (L/3) \\ = 1,2 / (7,2/3)$$

$$\beta = \arcsin (1,2 / (L/3)) = 26,57^\circ$$

$$P_{u \text{ total}} = P_u / \sin \beta = 1899,21 \text{ kg}$$

- Kontrol leleh berdasarkan SNI 1729-03-2002 pasal 10.1

$$P_u = \phi f_y A_g$$

$$A_g = P_u / \phi f_y = 1899,21 / (0,9 \times 2400) = 0,88 \text{ cm}^2$$

→ **menentukan**

- Kontrol putus :

$$P_u = \phi \cdot f_u \cdot 0,75 A_g ; \text{ dengan } \phi = 0,75$$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi \cdot f_u \cdot 0,75} \\ = \frac{1899,21}{0,75 \cdot 3700 \cdot 0,75}$$

$$= 0,91 \text{ cm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 A_g}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,91}{\pi}}$$

$$= 1,07 \text{ dipakai } 16 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan :

Jarak penggantung gording = 240 cm

R_b

$$= \sqrt{(\text{jarak penggantung gording})^2 + (\text{jarak miring gording})^2}$$

$$R_b = \sqrt{(240)^2 + (120)^2} = 268.3 \text{ cm}$$

Cek : $d > (R_b / 500)$

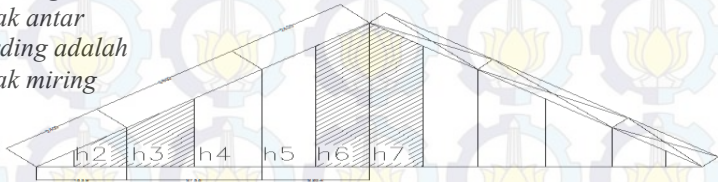
$$1 > (268,3 / 500)$$

$$1 > 0,5 \text{ cm} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Dari data perencanaan diatas, maka besi yang digunakan sebagai penggantung gording besi polos berdiameter 16 mm (Ø16).

4.5 Perencanaan Ikatan Angin

Keterangan :
jarak antar
gording adalah
jarak miring



Gambar 4.11 Ikatan angin(satuan dalam m)

Perhitungan Beban Ikatan Angin

Data perhitungan

- Tekanan angin (w) = 25 kg/m^2

- Koefisien angin (c) = 0.9

Gaya yang bekerja akibat tiupan angin

$$R = 0,5 \times w \times c \times A$$

- Perhitungan tinggi bidang

- $h_1 = 0 \text{ m}$

- $h_2 = 0 \text{ m} + (1 \text{ m} \times \text{tg } 40^\circ) = 0,84 \text{ m}$

- $h_3 = 0 \text{ m} + (2 \text{ m} \times \text{tg } 40^\circ) = 1,68 \text{ m}$

- $h_4 = 0 \text{ m} + (3,25 \text{ m} \times \text{tg } 40^\circ) = 2,72 \text{ m}$

- $h_5 = 0 \text{ m} + (4,5 \text{ m} \times \text{tg } 40^\circ) = 3,78 \text{ m}$

- $h_6 = 0 \text{ m} + (5,65 \text{ m} \times \text{tg } 40^\circ) = 4,74 \text{ m}$

- $h_7 = 0 \text{ m} + (6,8 \text{ m} \times \text{tg } 40^\circ) = 5,76 \text{ m}$

- Perhitungan luas bidang

- $A_1 = 0,5 \times (h_1 + h_2) \times 1 \text{ m} = 0,42 \text{ m}^2$

- $A_2 = 0,5 \times (h_2 + h_4) \times 2,25 \text{ m} = 4,005 \text{ m}^2$

- $A_3 = 0,5 \times (h_4 + h_6) \times 3,4 \text{ m} = 8,952 \text{ m}^2$

- $A_4 = 0,5 \times (h_6 + h_7) \times 1,15 \text{ m} = 6,009 \text{ m}^2$

- Perhitungan gaya yang bekerja

- $R_1 = 0,5 \times 40 \times 0,9 \times 0,51 \text{ m}^2 = 4,73 \text{ kg}$

- $R_2 = 0,5 \times 40 \times 0,9 \times 3,38 \text{ m}^2 = 45,06 \text{ kg}$

- $R_3 = 0,5 \times 40 \times 0,9 \times 5,55 \text{ m}^2 = 100,71 \text{ kg}$

- $R_4 = 0,5 \times 40 \times 0,9 \times 3,69 \text{ m}^2 = 67,60 \text{ kg} +$
 $R_A = 218,1 \text{ kg}$

Gambar 4.12 Gaya-gaya yang Bekerja(dalam satuan m)

- Perhitungan beban ikatan angin

$$\alpha = \text{arc.tg} \frac{2,00}{7,20} = 15,5^0$$

$$\Sigma V = 0 \implies R_A = R_1 + S_1 \times \cos \alpha$$

$$S_1 = \frac{218,1 - 4,73}{\cos 15,5^0}$$

$$= 221,42 \text{ kg} \longrightarrow \text{tarik}$$

- Dimensi ikatan angin

$$P_U = S_1 = 221,42 \text{ kg}$$

- Kuat leleh

$$P_U = \Phi \times f_y \times A_g$$

$$A_g = \frac{P_U}{\phi \cdot f_y} = \frac{221,42}{0,9.2400} = 0,103 \text{ cm}^2$$

- Kuat putus

$$P_U = 0,75 \times \Phi \times f_u \times A_g$$

$$A_g = \frac{P_U}{0,75 \cdot \phi \cdot f_u} = \frac{221,42}{0,75 \times 0,75 \times 3700} = 0,106 \text{ cm}^2$$

Dipilih A_g yang terbesar = $0,106 \text{ cm}^2$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A_g}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,106}{\pi}} = 0,367 \text{ cm}$$

Kontrol Kelangsingan :

$$\frac{l}{d} \leq 500$$

$$l = \sqrt{200^2 + 720^2} \\ = 747,26 \text{ cm}$$

$$d_{\min} = \frac{l}{500} = \frac{747,26}{500}$$

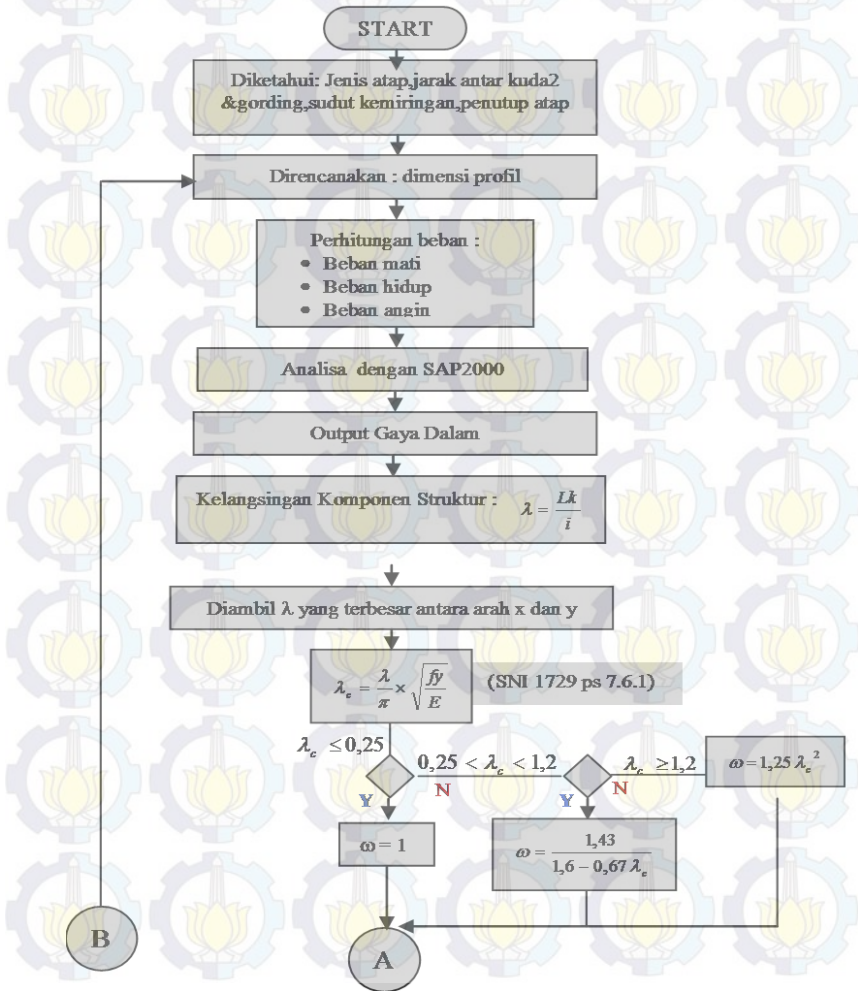
$$= 1,49 \text{ cm} \approx \text{dipakai d 16 mm}$$

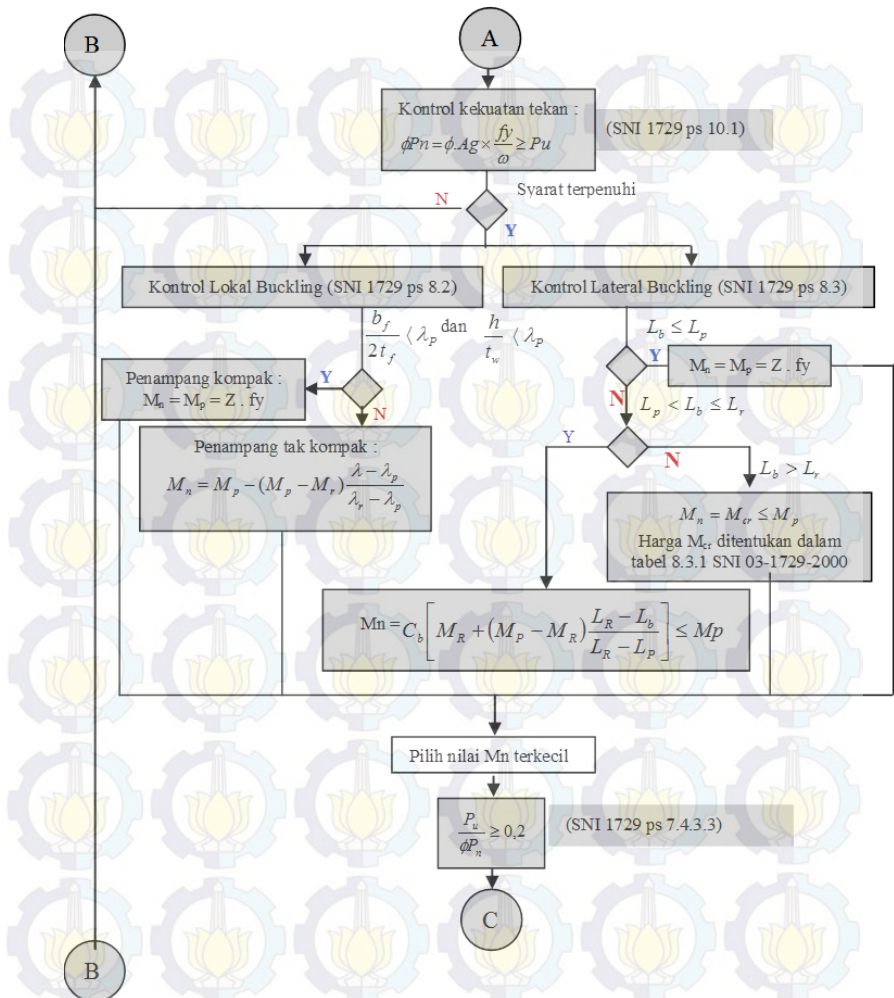
$$\frac{l}{d} \leq 500 = \frac{747,26}{1,6} = 467,05 \leq 500 \Rightarrow \text{oke}$$

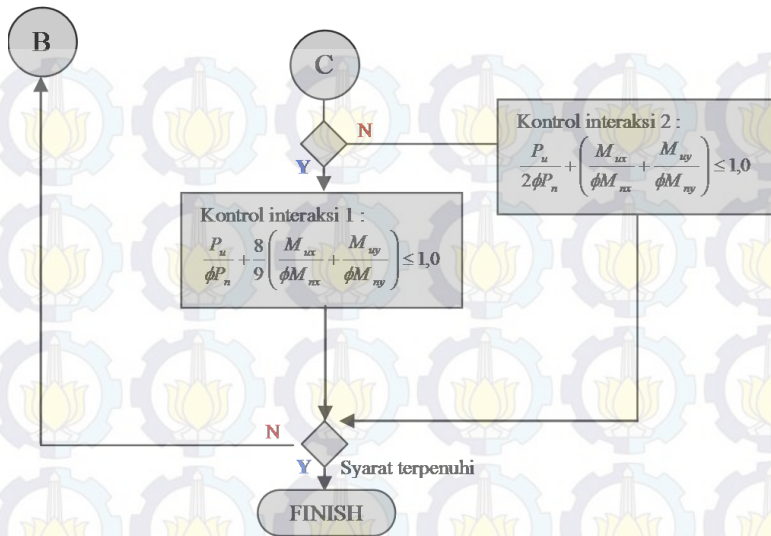
Dari data perencanaan diatas, maka besi yang digunakan sebagai ikatan angin besi polos berdiameter 16 mm (Ø16).

4.6 Perencanaan Kuda-Kuda

Diagram alur dari perencanaan kuda-kuda pada Modifikasi Struktur Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITS adalah sebagai berikut :







Gambar 4.13 Flowchart perhitungan kuda-kuda (lanjutan)

Daftar Notasi :

b_f : lebar pelat sayap (tabel profil baja)

t_f : tebal pelat sayap (tabel profil baja)

λ_p : batas perbandingan lebar terhadap tebal untuk penampang kompak (SNI 03-1729-1000, tabel 7.5.1)

λ_r : batas perbandingan lebar terhadap tebal untuk penampang tak kompak (SNI 03-1729-1000, tabel 7.5.1)

λ_c : parameter kelangsingan batang tekan (SNI 03-1729-1000 ps 7.6.1)

L_k : panjang tekuk komponen struktur (SNI 03-1729-1000 ps 7.6)

ω : koefisien faktor tekuk (SNI 03-1729-1000 ps 7.6.2)

E : modulus elastisitas baja, $E = 200000$ Mpa

i : momen inersia profil (tabel profil baja)

A_g : luas penampang profil (tabel profil baja)

P_n : Kekuatan tekan nominal profil

M_n : momen nominal profil

M_p : momen plastis, $M_p = Z \cdot f_y$

M_r : momen batas, $M_r = S \cdot (f_y - f_r)$

f_y : tegangan leleh baja

f_r : tegangan residu baja

S : modulus penampang elastis (tabel profil baja)

Z : modulus penampang plastis (tabel profil baja)

L_b : panjang bentang antara dua pengekang lateral

L_p : panjang bentang maksimum untuk balok yang mampu menerima momen plastis (tabel profil baja)

L_r : panjang bentang minimum untuk balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral (tabel profil baja)

C_b : faktor pengali momen, $C_b =$

$$\frac{M_{max}}{M_{min}}$$

(SNI 03-1729-2000 ps 8.3.1)

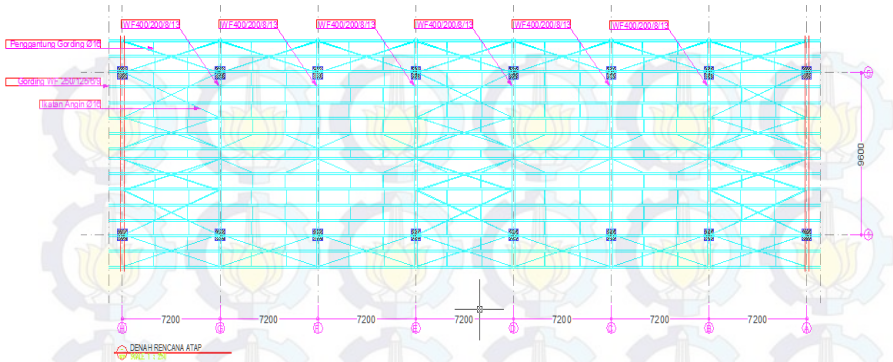
M_{cr} : momen kritis, nilainya sesuai tabel 8.3.1 SNI 03-1729-2000

ϕ : faktor reduksi kekuatan balok (lentur, $\phi = 0,9$; tekan $\phi = 0,85$)

x : arah x terhadap sumbu lokal penampang profil

y : arah y terhadap sumbu lokal penampang profil

Kontrol interaksi : SNI 03-1729-2000 ps 7.4.3.3



Gambar 4.14 Rencana Atap Baja

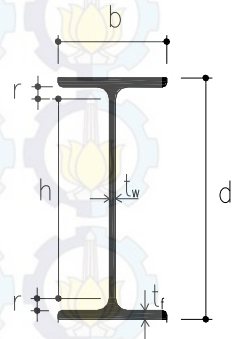
Keterangan :

- Kuda-kuda penuh menggunakan profil 250x125x6x9
- Kuda-kuda pendek menggunakan profil 250x125x6x9
- Kolom Pendek menggunakan profil 400x400x20x35

4.6.1 Perhitungan Kuda-Kuda

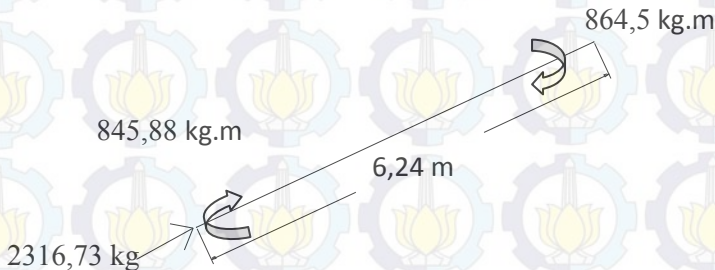
Perencanaan kuda-kuda baja menggunakan profil **WF 250x125x6x9** dengan spesifikasi sebagai berikut:

A	=	37,66 cm ²	i _x = 10,4 cm	I _y = 294 cm ⁴
g	=	29,6 kg/m	i _y = 2,79 cm	Z _x = 351,86 cm ³
d	=	250 mm	t _w = 6 mm	Z _y = 72,4 cm ³
b	=	125 mm	t _r = 9 mm	S _x = 324 cm ³
r	=	12 mm	I _x = 4050 cm ⁴	S _y = 47 cm ³
h	=	d – 2 (t _r + r)		
	=	250 – 2 (9 + 12) = 208 mm		



4.6.2 Kontrol Kekuatan Kuda-Kuda

Dari analisa struktur dengan menggunakan program SAP2000, didapatkan gaya-gaya dalam akibat dari kombinasi beban **1.2D+1L-0.3EX-1EY** yang menentukan antara lain sebagai berikut :



Gambar 4.15 Gaya-gaya dalam akibat beban kombinasi (1.2D+1L-0.3EX-1EY)

- Kelangsingan Komponen Struktur Kuda-kuda

Berdasarkan SNI 1729 tabel 5.3, didapatkan :

Spesifikasi BJ 37

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 ; f_r = 800 \text{ kg/cm}^2$$

Dari data perencanaan :

$$L_x (\text{panjang sisi miring kuda-kuda}) = 624,82 \text{ cm}$$

$$L_y (\text{Jarak ikatan angin}) = 240 \text{ cm}$$

$k_c = 1,0$ (jepit – jepit bergoyang) → SNI 1729, Gambar 7.6.1 didapatkan :

Kontrol kelangsingan komponen struktur

$$\lambda = \frac{Lk}{ix} \quad (\text{SNI 1729 ps 7.6.4})$$

$$\lambda_x = \frac{Lk_x}{i_x} = \frac{k_c \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 624,82}{10,4} = 60,08$$

$$\lambda_y = \frac{Lk_y}{i_y} = \frac{k_c \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 240}{2,79} = 86,02 \rightarrow \text{Menentukan}$$

Maka, parameter kelangsingan komponen struktur :

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \text{ (SNI 1729 ps 7.6.4)} \\ &= \frac{86,02}{3,14} \times \sqrt{\frac{2400}{2000000}} \\ &= 0,95 \text{ (SNI 1729 ps 7.6.4)}\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan koefisien faktor tekuk struktur :

$$\begin{aligned}\lambda_c = 0,95 \rightarrow 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 (0,95)} \\ &= 3,93 \text{ (SNI 1729 ps 7.6.2)}\end{aligned}$$

- **Kontrol Kuat Tekan Kuda-kuda**

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} \text{ (SNI 1729 ps 10.1)}$$

$$P_n = 37,66 \times \frac{2400}{3,93} = 22998,47 \text{ kg}$$

$$P_u < \phi P_n \rightarrow 2316,73 \text{ kg} < 0,85 \times 22998,47 \text{ kg} = 19548,70 \text{ kg} \text{ ..OK}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{2316,73}{19548,70} = 0,11 < 2 \rightarrow \text{pakai rumus interaksi ii}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0 \text{ (SNI 1729 ps 7.4.3.3)}$$

- **Kontrol Local Buckling Kuda-kuda**

Kontrol plat sayap :

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

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b_f}{2t_f} = 6,94 \\ \lambda_p = 10,97 \end{array} \right\} \frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p$$

Kontrol plat badan :

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{208}{6} = 34,67 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Profil yang direncanakan termasuk penampang kompak, $M_n = M_p$

Maka, momen nominal kuda-kuda akibat tekuk lokal :

Terhadap sumbu x

$$M_n = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 351,86 \times 2400 = 844464 \text{ kgcm} = 8444,64 \text{ kgm}$$

Terhadap sumbu y

$$M_n = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 72,4 \times 2400 = 173760 \text{ kgcm} = 1737,60 \text{ kgm}$$

- Kontrol Lateral Buckling Kuda-kuda

Dari data perencanaan :

$L_b = 240 \text{ cm}$ (bentang terkekang kuda-kuda)

$L_p = 231,07 \text{ cm}$: $L_r = 687,09 \text{ cm}$ (tabel profil baja)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ bentang menengah, maka :

$$M_n = C_b \left[M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_b}{L_R - L_P} \right] \leq M_P \text{ (SNI 1729 ps 8.3.4)}$$

Dari hasil perhitungan SAP akibat (1.2D+1L-0.3EX-1EY) :

$M_{max} = 864,73 \text{ kgm}$

$M_A = 864,73 \text{ kgm}$

$M_B = 845,88 \text{ kgm}$

$M_C = 417,58 \text{ kgm}$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \text{ (SNI 1729 ps 8.3.1)} \\ &= \frac{12,5 * 864,73}{2,5 * 864,73 + 3 * 864,73 + 4 * 845,88 + 3 * 417,58} \leq 2,3 \\ &= 1,15 \end{aligned}$$

Maka dipakai $C_b = 1,15$

Maka, momen nominal kuda-kuda akibat tekuk lateral :

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 351,86 \times 2400 = 844464 \text{ kgcm} = 8444,64 \text{ Kgm}$$

$$\begin{aligned} M_R &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\ &= 324 \cdot (2400 - 800) \\ &= 518400 \text{ Kgcm} = 5184,00 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_R + (M_p - M_R) \frac{L_R - L_b}{L_R - L_p} \right] \leq M_p \\ &= 1,15 \left[5184 + (3260,64) \frac{6,87 - 2,4}{6,87 - 2,31} \right] \leq 8444,64 \text{ Kgm} \\ &= 9637,33 > 8444,64 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$M_n > M_p$ maka dipakai $M_n = M_{px} = 8444,64 \text{ kgm}$

- Kontrol Interaksi Kuda-kuda

Kontrol Interaksi Tekan dan Momen Lentur untuk Beban Gravitasi :

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \text{ (SNI 1729 ps 7.4.3.3)} \\ \frac{2316,73}{19548,7} + \left(\frac{864,73}{0,9 \cdot 8444,64} + \frac{0}{0} \right) &\leq 1,0 \\ 0,23 &\leq 1,0 \rightarrow \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol Geser

Kuat geser balok kuda-kuda pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw)

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{208}{6} &\leq \frac{1100}{\sqrt{240}} \\ 34,67 &\leq 71,00 \end{aligned}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \cdot 2400 \cdot (25 \cdot 0,6) = 21600 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$0,9 \cdot 21600 = 19440 \text{ kg} \geq V_u = 2316,73 \text{ kg} \dots \text{memenuhi}$$

- **Kontrol Lendutan Kuda-Kuda**

Lendutan ijin $\Delta_{ijin} = L/240 = 625 / 240 = 2,6 \text{ cm}$

Lendutan maksimum yang terjadi :

$$\Delta_{max} = \frac{5 L^2}{48 EI} * [M_s - 0,1 (M_a + M_b)]$$

Dimana :

M_s = Momen tengah bentang

M_a = Momen ujung terkecil

M_b = Momen ujung terbesar

Berdasarkan analisa struktur dengan SAP2000 akibat kombinasi beban (1D+1L) didapatkan :

$M_s = 30830 \text{ kg cm}$

$M_a = 64176 \text{ kg cm}$

$M_b = 62116 \text{ kg cm}$

Sehingga lendutan maksimum yang terjadi :

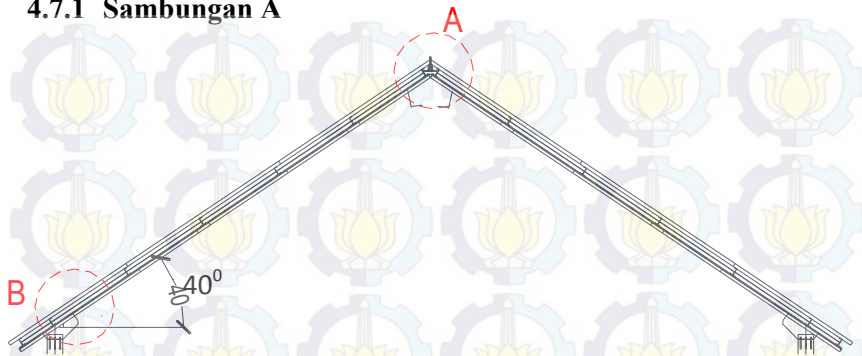
$$\Delta_{max} = \frac{5 * 625^2}{48 * 2000000 * 4050} * [30830 - 0,1 (64176 + 62116)]$$

$$= 0,09 \text{ cm} < \Delta_{ijin} = 3,45 \text{ cm}$$

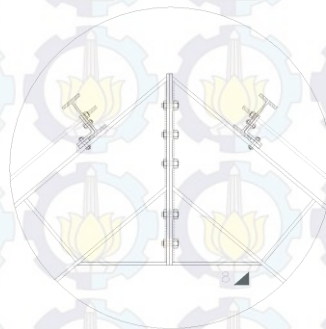
Berdasarkan dari analisa struktur kuda-kuda maka profil WF 250 x 125 x 6 x 9 bisa dipakai sebagai kuda-kuda karena telah memenuhi persyaratan.

4.7 Kontrol Sambungan Kuda-kuda

4.7.1 Sambungan A



Gambar 4.16 Tipe Sambungan Kuda-kuda



Gambar 4.17 Detail rencana sambungan A kuda-kuda

Dari SAP2000 diperoleh :

$$P_u = 943,65 \text{ kg}$$

$$V_u = 528,82 \text{ kg}$$

$$M_u = 246970 \text{ kgcm}$$

- Gaya-gaya yang diterima sambungan :

$$P_{uv} = P_u \cdot \sin \alpha + V_u \cdot \cos \alpha$$

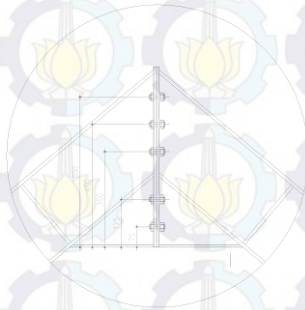
$$= 943,65 \sin 40 + 528,82 \cos 40 = 1011,67 \text{ kg}$$

$$P_{uh} = P_u \cdot \cos \alpha + V_u \cdot \sin \alpha$$

$$= 943,65 \cos 40 + 528,82 \sin 40 = 1062,8 \text{ kg}$$

$$M_u = 246970 \text{ kgcm}$$

- **Kontrol kekuatan baut sambungan A**



Gambar 4.18 Jarak titik putar sambungan A

Direncanakan

Menggunakan baut A-325

$$f_u \text{ baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u \text{ profil} = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_b = 16 \text{ mm} \quad (A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (baut tidak pada bidang geser)}$$

$$m = 1$$

$$n = 12 \text{ buah}$$

Kuat Rencana Baut :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baut } (V_d), \phi R_n &= \phi \cdot 0,5 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ (\text{SNI 1729 ps.13.2.2.1}) &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 2,01 \\ &= 6222,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu baut } (R_d), \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p(\text{terkecil}) \cdot f_u \\ (\text{SNI 1729 ps.13.2.2.4}) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 3700 \\ &= 12787,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik baut } (T_d), \phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\
 (\text{SNI 1729 ps.13.2.2.2}) &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 2,01 \\
 &= 9334,29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cara Pendekatan Titik Putar

- Kontrol Geser Baut

Akibat Geser Sentris, $P_{uv} = 1011,67 \text{ kg}$

Jumlah baut, $n = 12$ buah

Sehingga 1 baut menerima beban (V_u):

$$V_u = \frac{P_{uv}}{n} = \frac{1011,67}{12} = 84,31 \text{ kg} < V_d = 6222,86 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Tumpu Baut

Akibat Gaya horisontal, $P_{uh} = 1062,8 \text{ kg}$

Jumlah baut, $n = 12$ buah

Sehingga 1 baut menerima beban (R_u):

$$R_u = \frac{P_{uh}}{n} = \frac{1062,8}{12} = 88,57 \text{ kg} < R_d = 12787,2 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Kuat Tarik Baut

Akibat Momen, $M_u = 246970 \text{ kg cm}$

$$\begin{aligned}
 T_{u \max} &= \frac{M_u \cdot d_{\max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{246970 \cdot 72,1}{2(8^2 + 18^2 + 42,1^2 + 52,1^2 + 62,1^2 + 72,1^2)} \\
 &= 1278,32 \text{ kg} < T_d 9334,29 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Puntir

Tegangan geser baut :

$$F_{uv} = \frac{V_u}{A_b} < \phi \times 0,5 \times f_u \times m \text{ (SNI 1729 ps 13.2.2.3)}$$

$$F_{uv} = \frac{528,82}{2,01} = 502,96 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 = 6187,5 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Sehingga pakai $f_{uv} = 502,96 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik baut akibat interaksi geser :

$$\begin{aligned}
 f_t &= (1,3 f_u^b - 1,5 f_{uv}) \leq f_u^b \\
 f_t &= (1,3 \cdot 8250 - 1,5 \cdot 502,96) \\
 &= 11479,44 \text{ kg/cm}^2 > f_u^b
 \end{aligned}$$

Sehingga pakai $f_t = 11479,44 \text{ kg/cm}^2$

Kuat tarik baut akibat interaksi geser dan puntir :

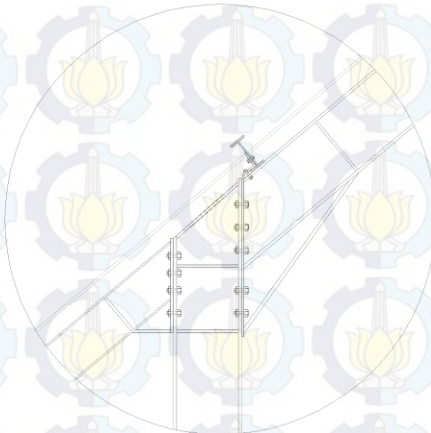
$$T_d = \phi_t \cdot f_t \cdot A_b \geq T_{u \max} \text{ (SNI 1729 ps 13.2.2.3)}$$

$$= 0,75 \times 11479,44 \times 2,01$$

$$= 17317,5 \text{ kg} > 1278,32 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perencanaan maka baut A325 dengan diameter 16 mampu menahan gaya yang terjadi pada sambungan A.

4.7.2 Sambungan B :



Gambar 4.19 Detail rencana sambungan B kuda-kuda

Berdasarkan SNI 1729-2002 psl 15.5.2, kuat perlu sambungan dan komponen struktur yang terkait ditentukan berdasarkan tegangan leleh yang dapat terjadi yaitu $f_{ye} = R_y \times f_y$ dimana R_y adalah 1,5 bila digunakan BJ 41 atau yang lebih lunak.

Sambungan antara balok dengan kolom direncanakan dengan menggunakan baut (rigid connection). Berdasarkan SNI 1729-2002 psl 15.7.2.3, gaya geser terfaktor (V_u) harus menggunakan kombinasi beban 1,2 D + 0,5 L ditambah dengan gaya geser yang di dihasilkan dari bekerjanya momen

lentur sebesar $1,1 R_y f_y Z$ pada arah berlawanan pada masing-masing ujung balok.

R_y untuk BJ 37 = 1,5

$$M_u = 1,1 \times 1,5 \times 2400 \times 1285,95 = 5\,092\,362 \text{ kg.cm}$$



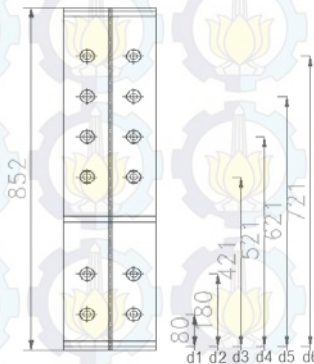
Gambar 4.20 Gaya Yang Bekerja Pada Balok

$$\begin{aligned} V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\ &= \frac{5092362 + 5092362}{2510} \\ &= 4057,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = 545,86 \text{ kg} \text{ (diperoleh dari SAP kombinasi 1,2D+1,6L)}$$

$$V_u = 545,86 + 4057,66 = 4603,52 \text{ kg}$$

- Kontrol Sambungan Baut



Gambar 4.21 Jarak titik putar sambungan B

Direncanakan:

Menggunakan baut A-325

$f_u \text{ baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$f_u \text{ profil} = 3700 \text{ kg/cm}^2$

$d_b = 16 \text{ mm} \quad (A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = 2,01 \text{ cm}^2)$

$r_1 = 0,5$

$m = 1$

$n = 12 \text{ buah}$

Kuat Rencana Baut :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baut } (V_d), \phi R_n &= \phi \cdot 0,5 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ (\text{SNI 1729 ps.13.2.2.1}) &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2,01 \\ &= 622,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu baut } (R_d), \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p(\text{terkecil}) \cdot f_u \\ (\text{SNI 1729 ps.13.2.2.4}) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,4 \cdot 3700 \\ &= 12787,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik baut } (T_d), \phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ (\text{SNI 1729 ps.13.2.2.2}) &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 2,01 \\ &= 9334,30 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cara Pendekatan Titik Putar

- **Kontrol Geser Baut**

Akibat Geser Sentris, $P_{uv} = 4603,52 \text{ kg}$

Jumlah baut, $n = 12 \text{ buah}$

Sehingga 1 baut menerima beban (V_u):

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{P_{uv}}{n} \\ &= \frac{4603,52}{12} \\ &= 383,63 \text{ kg} \leq V_d = 622,86 \text{ kg} \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- **Kontrol Kuat Tarik Baut**

Akibat Momen, $M_u = 2\,067\,120 \text{ kg.cm}$

$$T_{u \text{ max}} = \frac{M_u \cdot d_{\text{max}}}{\sum d^2}$$

$$= \frac{46651 \cdot 72,1}{2(8^2 + 18^2 + 42.1^2 + 52.1^2 + 62.1^2 + 72.1^2)}$$

$$= 2414,66 \text{ kg} < T_d \text{ ulir} = 9334,29 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- **Kontrol Interaksi Geser dan Puntir**

Tegangan geser baut :

$$F_{uv} = \frac{V_u}{A_b} < \phi \times 0,5 \times f_u \times m \quad (\text{SNI 1729 ps 13.2.2.3})$$

$$F_{uv} = \frac{4603,52}{2,01} = 2288,67 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 =$$

$$6187,5 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{Sehingga pakai } f_{uv} = 2288,67 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik baut akibat interaksi geser :

$$f_t = (1,3 f_u^b - 1,5 f_{uv}) \leq f_u^b$$

$$f_t = (1,3 \cdot 8250 - 1,5 \cdot 2288,67)$$

$$= 7292 \text{ kg/cm}^2 < f_u^b = 8436 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sehingga pakai } f_t = 7292 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat tarik baut akibat interaksi geser dan puntir :

$$T_d = \phi_t \cdot f_t \cdot A_b \geq T_{u \max} \quad (\text{SNI 1729 ps 13.2.2.3})$$

$$= 0,75 \times 7292 \times 2,01$$

$$= 10992,69 \text{ kg} > 2414,66 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perencanaan maka baut A325 dengan diameter 16 mampu menahan gaya yang terjadi pada sambungan B.

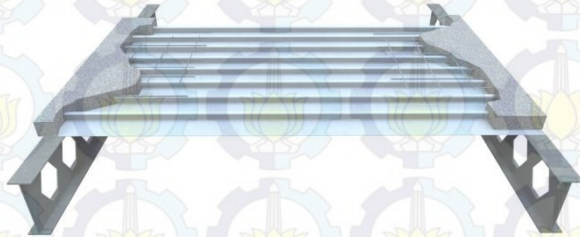
BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR SKUNDER

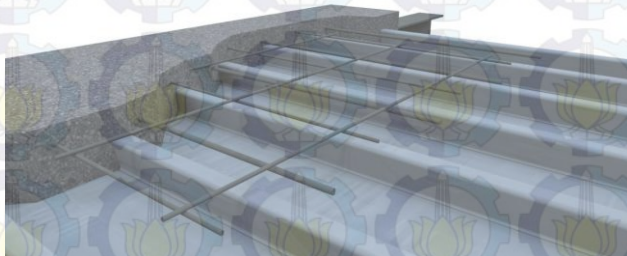
5.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung

Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis yang ada dari PT BRC LYSAGHT INDONESIA. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beton menggunakan mutu K-225 kg/cm^2
- Bondex Menggunakan Tebal 0,75 mm
- Tulangan susut menggunakan Wiremesh M5



Gambar 5.1 Sketsa Perletakan Bondex



Gambar 5.2 Sketsa Detail Bondex

5.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Laboratorium

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai Laboraturiu, ini menggunakan PPIUG 1983.

Beban Mati

- Berat pelat bondek		=	10,1	kg/m ²
- Berat plat beton	0.09*2400	=	216	kg/m ²
- Berat spesi 2 cm	0,02*2100	=	42	kg/m ²
- Berat keramik 1 cm	0,01*2400	=	24	kg/m ²
- Duckting & Plambing		=	10	kg/m ²
- Berat plafon (11+7)		=	18	kg/m ² +
	qD	=	320,1	kg/m ²

Beban Hidup

Lantai Laboratorium	qL	=	250	kg/m ²
---------------------	----	---	-----	-------------------

Beban Berguna

$$\begin{aligned}
 Q &= qD + qL \\
 &= 320,1 + 250 \\
 &= 570,1 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

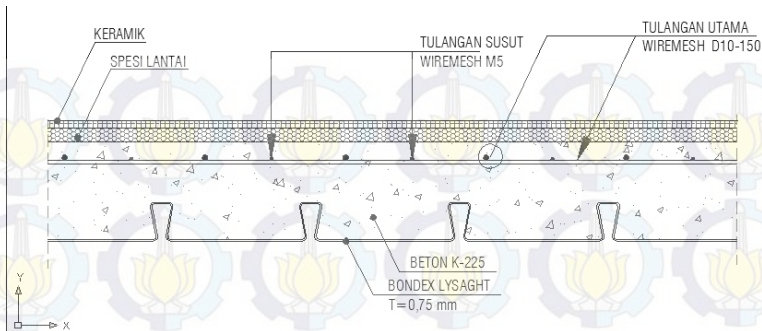
Data-Data Bondek

- bentang = 2,4 m
- beban berguna = 600 kg/m²
- bentang menerus dengan tulangan negatif, tebal pelat diambil 9 cm, dan tulangan negatif 4,11 cm²/m

Digunakan tulangan Ø 10 (As = 0,785 cm²)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$\begin{aligned}
 - \quad N &= \frac{4,11}{0,785} = 5,24 \approx 6 \text{ buah} \\
 - \quad \text{Jarak antar tulangan} &= \frac{1000}{6} = 166 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Detail penulangan pelat bondek

5.1.2 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Atap Gedung

Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis yang ada dari PT BRC LYSAGHT INDONESIA. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beton menggunakan mutu K-225 kg/cm^2
- Bondex Menggunakan Tebal 0,75 mm
- Tulangan susut menggunakan Wiremesh M5

Perencanaan Pelat Lantai Atap Laboratorium

Peraturan pembebanan pada struktur pelat atap Laboratorium Teknik Elektro ITS ini menggunakan PPIUG 1983.

Beban Mati

- | | | |
|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| - Berat pelat bondek | | = $10,1 \text{ kg/m}^2$ |
| - Berat plat beton | $0,09 \times 2400$ | = 216 kg/m^2 |
| - Duckting & Plambing | | = 10 kg/m^2 |
| - Berat plafon (11+7) | | = $\frac{18 \text{ kg/m}^2}{+}$ |
| | qD | = $254,1 \text{ kg/m}^2$ |

Beban Hidup

- | | | |
|-------------------|----|------------------------|
| Atap Laboratorium | qL | = 100 kg/m^2 |
|-------------------|----|------------------------|

Beban Berguna

$$\begin{aligned} Q &= qD + qL \\ &= 254,1 + 100 \\ &= 354,1 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Data-Data Bondek

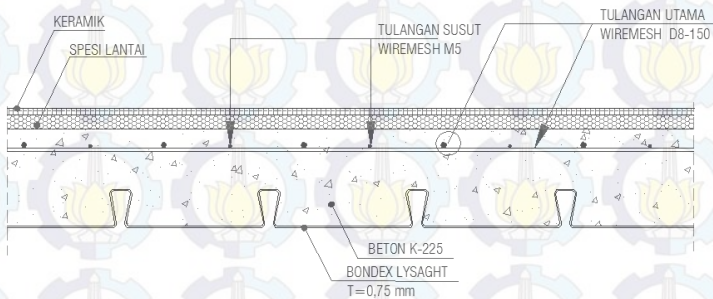
- bentang = 2,4 m
- beban berguna = 400 kg/m²
- bentang menerus dengan tulangan negatif, tebal pelat diambil 9 cm, dan tulangan negatif 3,13 cm²/m

Digunakan tulangan Ø 8 ($A_s = 0,503 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$- N = \frac{3,13}{0,503} = 6,2 \approx 6 \text{ buah}$$

$$- \text{Jarak antar tulangan} = \frac{1000}{6} = 166 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$



Gambar 5.4 Detail penulangan pelat bondek

5.2 BALOK ANAK

Direncanakan dimensi profil WF 400.200.8.13 dengan data sbb :

W	$= 66,0 \text{ kg/m}$	d	$= 400 \text{ mm}$
I_x	$= 23700 \text{ cm}^4$	i_x	$= 16,8 \text{ cm}$
I_y	$= 1740 \text{ cm}^4$	i_y	$= 4,54 \text{ cm}$
A	$= 84,12 \text{ cm}^2$	t_w	$= 8 \text{ mm}$
S_x	$= 1190 \text{ cm}^3$	r	$= 16 \text{ mm}$
S_y	$= 481 \text{ cm}^3$	t_f	$= 13 \text{ mm}$
b_f	$= 200 \text{ mm}$		
h	$= d - 2(tf + r) = 400 - 2(13 + 16) = 342 \text{ mm}$		

$$\begin{aligned}
 Z_x &= b \times t_f \times (d - t_f) + \frac{1}{4} \times t_w \times (d - 2t_f)^2 \\
 &= 200 \times 13 \times (400 - 13) + \frac{1}{4} \times 8 \times (400 - 2 \times 13)^2 \\
 &= 1285,952 \text{ mm}^3 \\
 Z_y &= \frac{1}{2} \times b^2 \times t_f + \frac{1}{4} \times t_w^2 \times (d - 2t_f) \\
 &= \frac{1}{2} \times 200^2 \times 13 + \frac{1}{4} \times 8^2 \times (400 - 2 \times 13) \\
 &= 265,984 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Data perencanaan :

Mutu baja BJ 37 $\rightarrow f_y = 2400 \text{ kg/m}^2$

Perhitungan beban :

- Beban mati (q_D) :

1. Berat plat	$= 2,4 \times 320,1$	$= 768,24 \text{ kg/m}$
2. Berat balok		$= 66,0 \text{ kg/m} +$
		$= 834,24 \text{ kg/m}$
3. Berat Tambahan (10%)		$= 83,42 \text{ kg/m} +$
	q_D	$= 917,66 \text{ kg/m}$
- Beban hidup (L) $= 250 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 q_L &= 250 \times 2,4 = 600 \text{ kg/m}^2 \\
 q_u &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\
 &= 1,2 \cdot 917,66 + 1,6 \cdot 600 \\
 &= 2061,19 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u \max} &= 1/8 \times q_u \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 2061,19 \times 9,6^2 \\
 &= 23744,91 \text{ kgm} \\
 D_{u \max} &= 1/2 \times q_u \times L \\
 &= 1/2 \times 2061,19 \times 9,6 \\
 &= 9893,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol lendutan :

- Lendutan ijin

$$y = \frac{L}{240} = \frac{960}{240} = 4 \text{ cm}$$

- Lendutan terjadi

$$\begin{aligned}
 y_{\max} &= \frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + ql).L^4}{E.Ix} \\
 &= \frac{5}{384} \cdot \frac{(9,2 + 6)960^4}{2 \times 10^6 \times 23700} \\
 &= 3,54 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$y_{\max} < y$ OK

Kontrol Penampang Profil

- Kontrol Tekuk Lokal

Plat badan :

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{400}{8} \leq \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

$$50 \leq 108,44 \text{ Ok}$$

Plat sayap :

$$\frac{b}{2.tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 13} \leq \frac{170}{\sqrt{240}}$$

$$7,69 \leq 10,97 \dots \text{Ok}$$

maka termasuk penampang kompak, $M_n = M_p$

- Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = \frac{1}{2} \times 960 \text{ cm} = 480 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 4,54 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{240}}$$

$$= 729,42 \text{ cm}$$

$L_p > L_b$, maka termasuk bentang pendek

Maka $\Rightarrow M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2400 \cdot 1285,952$$

$$= 3085416 \text{ kgcm}$$

$$= 30854,16 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$23744,91 \leq 0,9 \cdot 30854,16$$

$$23744,91 \leq 27768,74 \text{ kgm} \dots \text{Ok}$$

5.3 PERENCANAAN TANGGA

5.3.1 Data – data Perencanaan Tangga lantai 1-3 tipikal :

Ketinggian antar lantai	: 400 cm
Tinggi bordes	: 200 cm
Tinggi tanjakan (t)	: 17 cm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Jumlah tanjakan (Σt)	: $\frac{200}{17} = 11,76$ buah = 12 buah
Jumlah injakan (Σi)	: (Σt) - 1 = 12 - 1 = 11 buah
Lebar bordes	: 150 cm
Panjang bordes	: 315 cm
Lebar tangga	: 150 cm
Sudut Kemiringan (α)	: $\text{arc tg } \frac{17}{30} = 29.53^\circ = 30^\circ$

Persyaratan tangga :

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

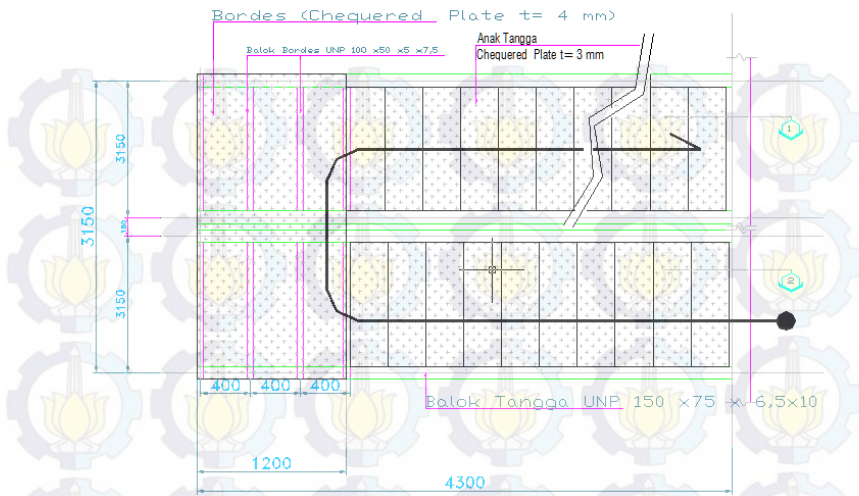
$$60 \text{ cm} \leq (2 * 17) + 30 \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$$

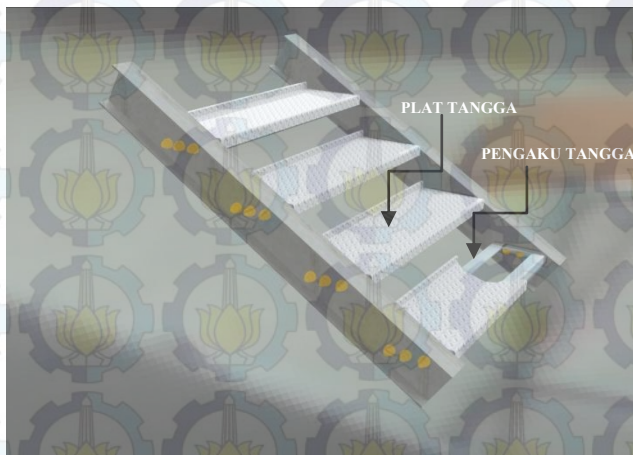
..... OK

Syarat sudut kemiringan :

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \rightarrow 25^\circ \leq 30^\circ \leq 40^\circ \text{ OK}$$



Gambar 5.5 Denah Perencanaan Tangga.



Gambar 5.6 Bagian- Bagian dari Tangga.

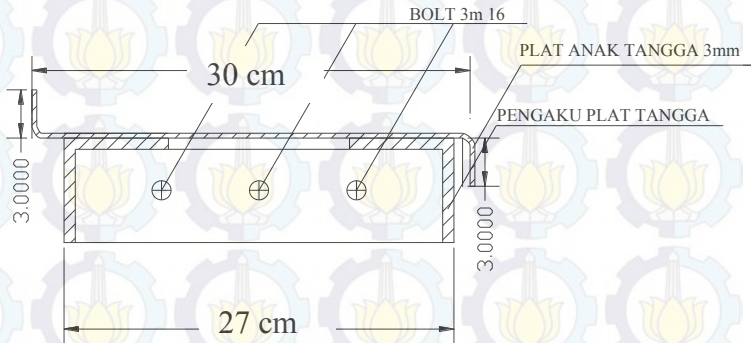
5.3.2 Perencanaan Pelat Tangga

Perencanaan tebal pelat tangga

Tebal pelat anak tangga = 3 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

Mutu baja Bj 37 → Tegangan leleh baja



Gambar 5.7 Potongan Pelat Anak Tangga

a. Pembebanan

1. Beban mati :

Pelat anak tangga

$$= 0,003 * 1,5 * 7850 = 35,33 \text{ kg/m}$$

Berat sambungan dan lain - lain 10%

$$= \underline{3,53 \text{ kg/m} +}$$

$$\text{Total Beban Mati (q}_D\text{)} = 38,83 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup :

Tangga dan bordes tangga :

Total Beban Hidup (q_L)

$$300 * 1,5 = 450 \text{ kg/m}$$

b. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} q_u &= (1,2 * 38,83) + (1,6 * 450) \\ &= 766,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} * q_u * L^2 = \frac{1}{8} * 766,6 * (0,27)^2 \\ &= 6,99 \text{ kgm} = 699 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

c. Kontrol Momen Lentur

$$Z = \frac{1}{4} * b * h^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4} * 150 * (0,3)^2 \\ &= 3,38 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Zx * f_y \\ &= 3,38 * 2400 \\ &= 8112 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_p &= 0,9 * 8112 \\ &= 7300,8 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\phi M_p \geq M_u$$

$$7300,8 \text{ kgcm} \geq M_u = 699 \text{ kgcm} \text{ OK}$$

d. Kontrol Lentutan

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{27}{240} = 0,1125 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12} * b * h^3 \\ &= \frac{1}{12} * 150 * 0,3^3 \\ &= 0,34 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta^o &= \frac{5}{384} * \frac{(q_D + q_L) * L^4}{EI} \\ &= \frac{5}{384} * \frac{(0,38 + 4,5) * 27^4}{2000000 * 0,338} \\ &= 0,049 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\delta^o < \delta_{\text{ijin}}$$

$$0,049 \text{ cm} < 0,1125 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

5.3.3 Perencanaan Pengaku Pelat Tangga (Support Frame)

Direncanakan memakai profil siku 65.65.7

$$b = 65 \text{ mm}$$

$$I_x = 33,4 \text{ cm}^4$$

$$r = 9 \text{ mm}$$

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

$$I_y = 33,4 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 1,96 \text{ cm}$$

$$W = 6,83 \text{ kg/m}$$

$$A = 8,37 \text{ cm}^2$$

$$i_y = 1,96 \text{ cm}$$

a. Pembebanan

1. Beban mati ($\frac{1}{2}$ lebar anak tangga) :

$$\text{Berat pelat} = 0,003 * (0,30/2) * 7850 = 3,53 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 6,83 \text{ kg/m} +$$

$$= 10,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan dan lain - lain } 10\% = 1,036 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total Beban Mati } (q_D) = 11,396 \text{ kg/m}$$

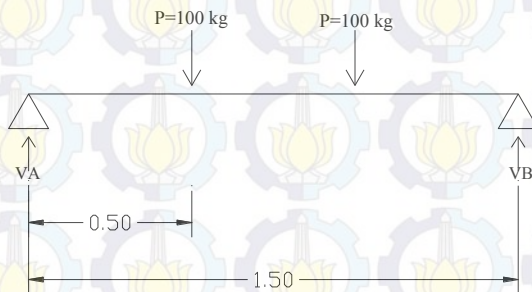
$$\begin{aligned}V_D &= \frac{1}{2} * q_D * L \\ &= \frac{1}{2} * 11,392 * 1,5 \\ &= 8,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_D &= \frac{1}{8} * q_D * L^2 \\ &= \frac{1}{8} * 11,396 * (1,5)^2 \\ &= 3,21 \text{ kgm}\end{aligned}$$

2. Beban Hidup

Pada pelat anak tangga terdiri atas dua jenis beban hidup, yaitu beban hidup terpusat dan beban hidup terbagi rata. Dari dua jenis beban tersebut akan dipilih salah satu jenis beban hidup yang terbesar.

a). Beban hidup terpusat



Gambar 5.8 Sketsa pembebanan pelat anak tangga

$$\begin{aligned}
 V_{L(\text{terpusat})} &= (2 * 100) / 2 = 100 \text{ kg} \\
 M_{L(\text{terpusat})} &= 0,75 * M_{\text{max}(\text{terpusat})} \\
 &= 0,75 * \{(100 * 0,75) - (100 * 0,25)\} \\
 &= 37,50 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b). Beban hidup terbagi rata :

$$\begin{aligned}
 q_L &= 0,5 * 300 * 0,30 = 45 \text{ kg/m} \\
 V_{L(\text{terbagi rata})} &= \frac{1}{2} * q_L * L = \frac{1}{2} * 45 * 1,5 \\
 &= 33,75 \text{ kg} \\
 M_{L(\text{terbagi rata})} &= \frac{1}{8} * q_L * L^2 \\
 &= \frac{1}{8} * 45 * (1,5)^2 \\
 &= 12,66 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Jadi yang menentukan adalah beban hidup terpusat sehingga :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2(11,396) + 1,6(45)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 85,66 \text{ kg/m} = 0,85 \text{ kg/cm} \\
 V_U &= 1,2V_D + 1,6V_L \\
 &= (1,2 \times 8,5) + (1,6 \times 100) \\
 &= 170,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2M_D + 1,6M_L \\
 &= (1,2 \times 3,21) + (1,6 \times 37,50) \\
 &= 63,85 \text{ kg.m} = 6385 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{65}{7} = 9,286$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$\lambda < \lambda_p$ penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= (tw * d) \frac{1}{2}d + (tw(b-tw)) \frac{1}{2}tw \\
 &= (0,7 * 6,5) * 0,5 * 6,5 + (0,7 * (6,5 - 0,7)) * 0,5 * 0,7 \\
 &= 16,2085 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y * Z_x \\
 &= 2400 * 16,2085 \\
 &= 38900,4 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 * 38900,4 \\
 &= 35010,36 \text{ kgcm} \geq M_u = 6385 \text{ kgcm} \text{ OK}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t} = \frac{33}{7} = 4,7 \quad \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71$$

$$\frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

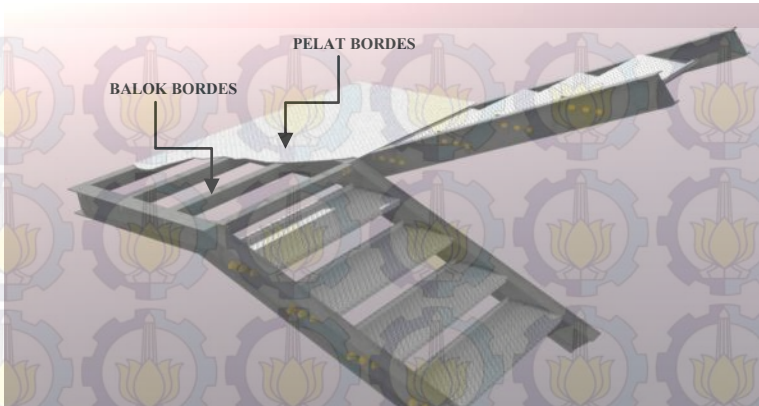
$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 * 2400 * (6,5 * 0,7) \\ &= 6552 \text{ kg} \\ \phi V_n &\geq V_u \\ \phi V_n &= 0,9 * 6552 \\ &= 5896,8 \geq V_u = 170,2 \text{ kg} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

d. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{240} \\ &= \frac{150}{240} \\ &= 0,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta^{\circ} &= \frac{5}{384} * \frac{q_U x L^4}{EI} + \frac{3}{24} * \frac{PxL^3}{EI} \left(\frac{a}{L} - \frac{a^3}{L^3} \right) \\ &= \frac{5}{384} * \frac{0,85 x 150^4}{2000000 x 33,4} + \frac{3}{24} * \frac{100 x 150^3}{2000000 x 33,4} \left(\frac{50}{150} - \frac{50^3}{150^3} \right) \\ &= 0,27 \text{ cm} \\ \delta^{\circ} &< f_{\text{ijin}} \\ 0,27 &< 0,63 \text{ cm} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

5.3.4 Pelat Bordes



Gambar 5.9 Bagian- Bagian dari Bordes.

- Perencanaan tebal pelat
 Tebal pelat bordes = 4 mm
 Lebar pelat bordes = 150 cm = 1,5 m
 Berat jenis baja = 7850 kg/m^3
 Mutu baja Bj 37 → Tegangan leleh baja = 2400 kg/cm^2

a. Pembebanan

1. Beban Mati

Beban pelat

$$= 0,004 * 1,5 * 7850 = 47,1 \text{ kg/m}$$

Berat sambungan dan lain - lain 10%

$$= \frac{4,71 \text{ kg/m} +}{}$$

$$\text{Total Beban Mati (q}_D\text{)} = 51,81 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup

Lantai perkantoran

$$(\text{Tabel 3.1 PPIUG 1983}) = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total Beban Hidup (q}_L\text{)} = 1,5 \times 300$$

$$= 450 \text{ kg/m}$$

b. Kombinasi Pembebanan

$$q_u = 1,2q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2(51,81) + 1,6(450) = 782,17 \text{ kg/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{8} q_u L^2 = \frac{1}{8} (782,17) (0,5)^2$$

$$= 24,44 \text{ kgm} = 2444 \text{ kgcm}$$

c. Kontrol Momen Lentur

$$Z = \frac{1}{4} * b * h^2$$

$$= \frac{1}{4} * 150 * (0,5)^2$$

$$= 9,38 \text{ cm}^3$$

$$M_p = Z_x * f_y$$

$$= 9,38 * 2400$$

$$= 22512 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_p = 0,9 * 22512 = 20260,8 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_p \geq M_u$$

$$20260,8 \text{ kgcm} \geq 2444 \text{ kgcm} \text{ OK}$$

d. Kontrol Lentutan

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,208 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 150 * 0,5^3$$

$$= 1,56 \text{ cm}^4$$

$$\delta^o = \frac{5}{384} x \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} x \frac{(0,51 + 4,5) x 50^4}{2000000 x 1,56}$$

$$= 0,130 \text{ cm}$$

$$\delta^o < \delta_{ijin}$$

$$0,130 \text{ cm} < 0,208 \text{ cm} \text{ OK}$$

5.3.5 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7

$$\begin{aligned} d &= 100 \text{ mm} & t_f &= 7 \text{ mm} & r &= 8 \text{ mm} \\ b &= 50 \text{ mm} & Z_x &= 42 \text{ cm}^3 & I_x &= 187 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 5 \text{ mm} & W &= 9,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

a. Pembebanan

1. Beban Hidup

$$(\text{Tabel 3.1 PPIUG 1983}) = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total Beban Hidup } (q_L) = 0,5 * 300 = 150 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{1}{2} * q_L * L \\ &= \frac{1}{2} * 150 * 1,5 \\ &= 112,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= \frac{1}{8} * q_L * L^2 \\ &= \frac{1}{8} * 150 * (1,5)^2 \\ &= 42,19 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,004 * 0,5 * 7850 = 15,7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil} &= \frac{9,3 \text{ kg/m}}{1} \\ &= 25 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat sambungan dan lain - lain 10\%} = \frac{2,5 \text{ kg/m}}{1}$$

$$\text{Total Beban Mati } (q_D) = 27,5 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{1}{2} * q_D * L &= \frac{1}{2} * 27,5 * 1,5 \\ &= 20,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} * q_D * L^2 &= \frac{1}{8} * 27,5 * (1,5)^2 \\ &= 7,73 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2V_D + 1,6V_L \\ &= 1,2(20,63) + 1,6(112,5) \\ &= 204,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2M_D + 1,6M_L \\ &= 1,2(7,73) + 1,6(42,19) \\ &= 76,78 \text{ kgm} = 7678 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

c. Kontrol Penampang

Pelat sayap :

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

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak OK

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{100 - 2(8 + 7)}{5} = 14$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,443$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak OK

$$M_n = M_p$$

$$M_p = f_y \cdot Z_x$$

$$= (2400) \cdot (42)$$

$$= 100800 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot (100800)$$

$$= 90720 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 7678 \text{ kgcm} \text{ OK}$$

d. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{100 - 2(8 + 7)}{5} = 14$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,004$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

$$V_n = 0,6 * f_y * A_w = 0,6 * 2400 * (10 * 0,5) \\ = 7200 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 * 7200 = 6480 \text{ kg} \geq 204,76 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

e. Kontrol Lentutan

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{150}{240} = 0,625 \text{ cm}$$

$$I_x = 187 \text{ cm}^4$$

$$\delta_o = \frac{5}{384} * \frac{(q_D + q_L) * L^4}{EI}$$

$$= \frac{5}{384} * \frac{(0,27 + 1,5) * 150^4}{2000000 * 187}$$

$$= 0,03 \text{ cm}$$

$$\delta_o < \delta_{\text{ijin}}$$

$$0,03 \text{ cm} < 0,625 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

5.3.6 Balok Tangga

Data Perencanaan :

Balok tangga C 200 x 90 x 8 x 13,5

$h = 200 \text{ mm}$ $t = 13,5 \text{ mm}$ $r = 13,5 \text{ mm}$

$b = 90 \text{ mm}$ $I_x = 2490 \text{ cm}^4$ $A_g = 38,63 \text{ cm}^2$

$W = 30,3 \text{ kg/m}$ $d = 8 \text{ mm}$ $L = 1,5 \text{ meter}$

$i_y = 2,72 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{d * h^2}{4} + (b - d) * (h - t) * t \\ &= \frac{0,8 * 20^2}{4} + (9 - 0,8) * (20 - 1,35) * 1,35 \\ &= 286,46 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

a. Pembebanan

- **Beban Mati (pada anak tangga)**

Beban pelat anak tangga

$$0,003 * 0,75 * 7850 = 17,66 \text{ kg/m}$$

Beban profil balok tangga

$$\begin{aligned} &= \frac{30,3}{\cos 30} = \underline{21,33 \text{ kg/m}} + \\ &= 38,99 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban penyambung dan lain – lain 10%

$$= \underline{3,89 \text{ kg/m}}$$

Total Beban Mati (q_D) = 42,88 kg/m

- **Beban hidup :**

Total Beban Hidup

$$(q_L) = 0,75 * 300$$

$$= 225 \text{ kg/m}$$

$$q_{ul} = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$= 1,2 * 42,88 + 1,6 * 225$$

$$= 411,46 \text{ kg/m}$$

- **Beban mati (pada bordes) :**

Beban profil balok tangga = 49,9 kg/m

Beban pelat bordes
 $= 0,004 * 0,75 * 7850 = \frac{23,55 \text{ kg/m}}{73,45 \text{ kg/m}}$

Beban penyanggung dan lain – lain 10%
 $= \frac{7,345 \text{ kg/m}}{80,79 \text{ kg/m}}$

Total Beban Mati (q_D) = 80,79 kg/m

- **Beban hidup :**

Total Beban Hidup

(q_L) = 0,75 * 300

= 225 kg/m

$q_{u2} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$

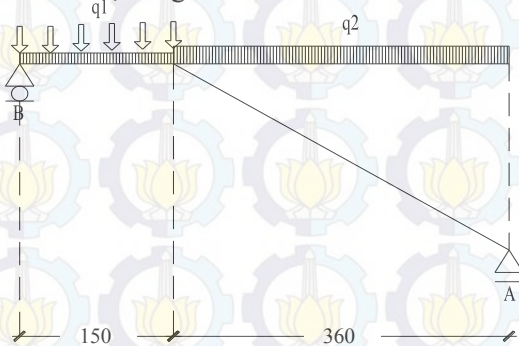
= 1,2 * 80,79 + 1,6 * 225

= 456,95 kg/m

Beban terpusat akibat balok bordes

$V = 1,5 * 0,75 * 9,3$

= 10,46 kg



Gambar 5.10 Pembebanan struktur tangga

$$\Sigma M_A = -R_b(5,1) + q_{u1}(3,6)(1,5) + q_{u2}(1,5)(4,35) + V \cdot (3,6 + 4,1 + 4,6 + 5,1) = 0$$

$$R_b = \frac{411,46 (3,6 \times 1,5) + 456,95 (1,5 \times 4,35) + 10,46 (17,4)}{5,1}$$

$$= 1055,98 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = R_a(5,1) - q_{u1}(3,0)(3,3) - q_{u2}(1,5)(0,75) + V \cdot (1,5 + 1 + 0,5) = 0$$

$$R_a = \frac{411,46 (3,0 \times 3,3) + 456,95 (1,5 \times 0,75) + 10,46 (3)}{5,1}$$

$$= 905,67 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma V &= R_a + R_b - q_{u1}(3,6) - q_{u2}(1,5) - V(4) \\ &= 905,67 + 1055,98 - 411,46 \times 3,6 - 456,95 \times 1,5 - 10,46 \times 4 \\ &= 0,0024 \approx 0 \text{ (O.K.)} \end{aligned}$$

Bid. M
A – C :

$$\begin{aligned} M_x &= R_a \cdot x - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot x^2 \\ &= 905,67 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 411,46 \cdot x^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \frac{dM_x}{dx} &= 905,67 - 411,46 \cdot x = 0 \\ x &= 2,20 \text{ m} \end{aligned}$$

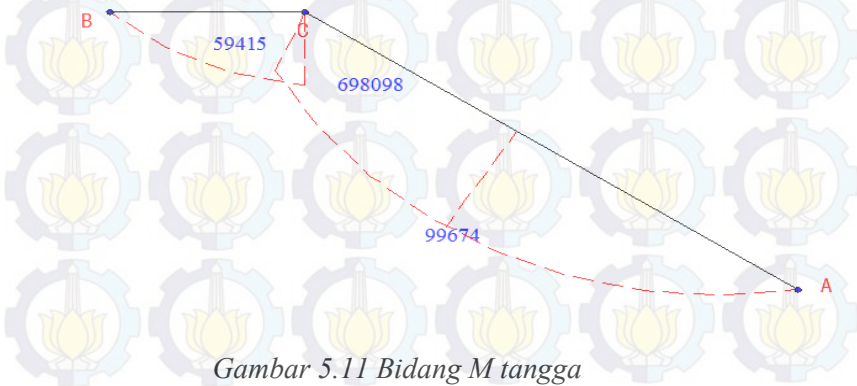
$$\begin{aligned}
 \rightarrow M_{\max} &= 905,67 * 2,20 - \frac{1}{2} * 411,46 * (2,2)^2 \\
 &= 996,74 \text{ kg.m} \\
 &= 99674 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

B – C :

Momen pada titik C (x = 1,5 m dari kiri)

$$\begin{aligned}
 x = 1,5 \text{ m} &\rightarrow M_{C \text{ Kiri}} \\
 &= R_b * x - \frac{1}{2} * q_{u2} * x^2 \\
 &= 1055,98 * (1,5) - \frac{1}{2} * 456,95 * (1,5)^2 - 10,46 (0,5) \\
 &= 6980,98 \text{ kgm} = 698098 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x = 3,6 \text{ m} &\rightarrow M_{C \text{ kanan}} \\
 &= R_a * x - \frac{1}{2} * q_{u1} * x^2 \\
 &= 905,67 * 3,6 - \frac{1}{2} * 411,46 * 3,6^2 \\
 &= 594,15 \text{ kgm} = 59415 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.11 Bidang M tangga

Bid. D**A – C :**

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

$$\begin{aligned} D_A &= R_A \cdot \cos 30^\circ \\ &= 905,67 \cdot \cos 30^\circ \\ &= 784,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} D_{C \text{ kanan}} &= R_A \cdot \cos 30^\circ - q_{u1} \cdot (L_{ac}) \cdot \cos 31,43^\circ \\ &= 784,33 - 411,46 \cdot 3,6 \cdot \cos 30^\circ \\ &= -498,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

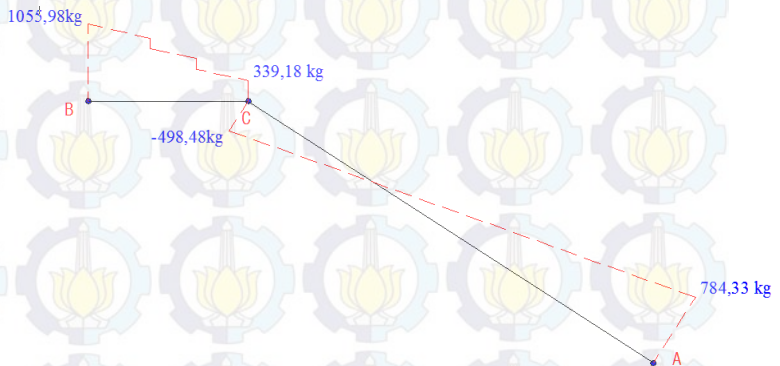
B – C :

$$x = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{C \text{ kanan}} &= R_b - q_{u2} \cdot (L_{cb}) - V_1(5) \\ &= 1055,98 - (456,95 \cdot 1,5) - (10,46 \cdot 3) \\ &= 339,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 5,1 \text{ m}$$

$$D_{B \text{ max}} = R_B = 1055,98 \text{ kg}$$



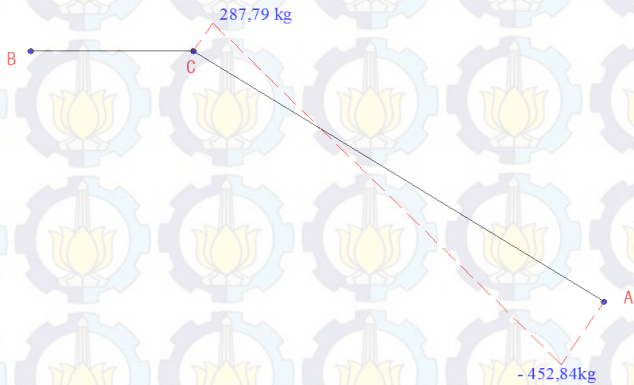
Gambar 5.12 Bidang D tangga

Bid.N

$$\begin{aligned}
 N_A &= - R_a \cdot \sin 31,43 \\
 &= - 905,67 \cdot \sin 30 \\
 &= - 452,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{C \text{ Kanan}} &= - R_a \cdot \sin 30 + q_{u1} \cdot L_{ac} \cdot \sin 30^\circ \\
 &= - 452,84 + 411,46 \cdot 3,6 \cdot \sin 30^\circ \\
 &= 287,79 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$N_{C \text{ kanan B}} = 0 \text{ kg}$$



Gambar 5.13 Bidang N tangga

b. Kontrol Penampang Profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{9}{2 \times 1,35} = 3,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{200 - 2(13,5 + 13,5)}{8} = 18,25$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak $\rightarrow M_n = M$

c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{17^2 + 30^2} = 34,48 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 5,02 \cdot \sqrt{\frac{2000000}{2400}} \\ &= 255,05 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 2400 \cdot 286,46 \\ &= 687504 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \cdot 687504 \\ &= 618753,6 \text{ kgcm} \geq M_u = 99674 \text{ kgcm} \quad \text{.. OK} \end{aligned}$$

d. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{200 - 2(13,5 + 13,5)}{8} = 18,25$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,004$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 f_y A_w \\
 &= 0,6 * 2400 * (20 * 0,8) \\
 &= 23040 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 * 23040 = 20736 \text{ kg} \geq 1055,98 \text{ kg} \text{ ..OK}$$

e. Persamaan Interaksi Tekan - Lentur

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{360^2 + 200^2} \\
 &= 411,83 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi - Jepit)}$$

$$\lambda_c = \frac{K_c L}{\pi i_y \sqrt{E}}$$

$$= \frac{0,7 \cdot 411,83}{\pi \cdot 5,02} \sqrt{\frac{2400}{2000000}}$$

$$= 0,63 \rightarrow \lambda_c < 1,2$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= 1,25 \lambda_c^2 \\
 &= 1,25 \cdot (0,63)^2 \\
 &= 0,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_g f_y}{\omega} \\
 &= \frac{38,63 \times 2400}{0,5}
 \end{aligned}$$

$$= 185424 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0,85 * 185424 \\
 &= 157610,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{452,84}{157610,4} = 0,002 < 0,2, \text{ maka}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$\frac{425,84}{157610,4} + \left(\frac{99674}{618753,6}\right) = 0,16 \leq 1,0 \quad \text{..... OK}$$

f. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{240} \\ &= \sqrt{\frac{360^2 + 150^2}{240}} \\ &= \frac{390}{240} \\ &= 1,63 \text{ cm} \\ I_x &= 2490 \text{ cm}^4 \\ \delta^o &= \frac{5}{384} * \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI} \\ &= \frac{5}{384} * \frac{(0,4288 + 2,25) \times 411,83^4}{2000000 \times 2490} \\ &= 0,201 \text{ cm} \\ \delta^o &< \delta_{\text{ijin}} \\ 0,201 \text{ cm} &< 1,630 \text{ cm} \quad \text{..... OK} \end{aligned}$$

5.3.7 Perencanaan Balok Tumpuan Tangga

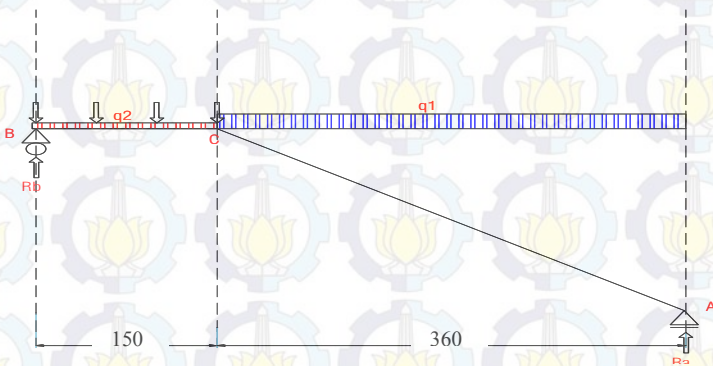
Data Profil yang digunakan.

Direncanakan dengan profil WF 250 125 6 9

W	=	29.6	kg/m
A	=	37.66	cm ²
d	=	250	mm
tw	=	6	mm
bf	=	125	mm
tf	=	9	mm
r	=	12	mm
h	=	d - 2 (tf + r)	
	=	208	mm
I _x	=	4050	cm ⁴
S _x	=	324	cm ³
i _x	=	10.4	cm

$$\begin{aligned}
 Z_x &= 352 \text{ cm}^3 \\
 I_y &= 294 \text{ cm}^4 \\
 S_y &= 47 \text{ cm}^3 \\
 i_y &= 2.79 \text{ cm} \\
 Z_y &= 72 \text{ cm}^3 \\
 \text{BJ-37 : } f_y &= 2400 \text{ kg/cm} \\
 &f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Panjang balok (span) $L = 3000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$



Gambar 5.14 Reaksi Perletakan Tangga (R_a)

a. **Pembebanan**

Beban Mati (pada anak tangga)

Beban pelat anak tangga

$$0,003 * 0,75 * 7850 = 17,66 \text{ kg/m}$$

Beban profil balok tangga

$$\begin{aligned}
 &\frac{30,3}{\cos 30} = 21,33 \text{ kg/m} + \\
 &= 38,99 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban penyambung dan lain – lain 10%

$$= 3,89 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total Beban Mati } (q_D) = 42,88 \text{ kg/m}$$

- **Beban hidup :**

Total Beban Hidup

$$(q_{L1}) = 0,75 * 300 \\ = 225 \text{ kg/m}$$

- **Beban mati (pada bordes) :**

Beban profil balok tangga = 30,3 kg/m

Beban pelat bordes

$$= 0,004 * 0,75 * 7850 \\ = \frac{23,55 \text{ kg/m}}{53,85 \text{ kg/m}}$$

Beban penyambung dan lain – lain 10%

$$= \frac{5,38 \text{ kg/m}}{59,23 \text{ kg/m}}$$

Total Beban Mati (q_{D2}) = 59,23 kg/m

- **Beban hidup :**

Total Beban Hidup

$$(q_{L2}) = 0,75 * 300 \\ = 225 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$V = 1,5 * 0,75 * 9,3 \\ = 10,46 \text{ kg}$$

- **Reaksi Perletakan Akibat beban Mati**

$$\Sigma M_A = -R_b(5,1) + q_{u1}(3,6)(1,5) + q_{u2}(1,5)(4,35) + \\ V \cdot (3,6 + 4,1 + 4,6 + 5,1) = 0$$

$$R_b = \frac{42,88 (3,6 \times 1,5) + 59,23 (1,5 \times 4,35) + 10,46 (22,5)}{5,1} \\ = 167,33 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = R_a(5,1) - q_{u1}(3,0)(3,3) - q_{u2}(1,5)(0,75) + \\ V \cdot (1,5 + 1 + 0,5) = 0$$

$$R_a = \frac{42,88 (3,0 \times 3,3) + 59,23 (1,5 \times 0,75) + 10,46 (3)}{5,1} \\ = 102,46 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\Sigma V &= R_a + R_b - qD_1(3,6) - qD_2(1,5) - V(4) \\ &= 102,46 + 167,33 - 42,88 \cdot 3,0 - 59,23 \cdot 1,5 - 6,045 \cdot 4 \\ &= 0 \dots (\text{O.K})\end{aligned}$$

- **Reaksi Perletakan Akibat beban Hidup**

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= -R_b(5,1) + qL_1(3,6)(1,5) + qL_2(1,5)(4,35) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$R_b = \frac{(225 \times 5,4) + (225 \times 6,53)}{5,1}$$

$$= 526,32 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= R_a(5,1) - qL_1(3,0)(3,3) - qL_2(1,5)(0,75) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$R_a = \frac{225 \times (9,9) + 225 \times (1,125)}{5,1}$$

$$= 486,40 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\Sigma V &= R_a + R_b - qL_1(3,6) - qL_2(1,5) \\ &= 486,40 + 526,32 - 225 \cdot 3,6 - 225 \cdot 1,5 \\ &= 0 \dots (\text{O.K})\end{aligned}$$

Analisa struktur untuk mendapatkan gaya – gaya dalam mendesain struktur balok balok penumpu dilakukan dengan memodelkan Balok pada program *SAP2000V14* sehingga diperoleh besarnya gaya gaya dalam dan lendutan yang terjadi adalah sebagai berikut :

Momen maksimum $M = 264142 \text{ kg.cm}$

Gaya Geser Maksimum $V = 1770.77 \text{ kg}$

Lendutan Maximum $\delta = 0,3 \text{ Cm}$

- Kontrol Kekuatan Penampang

Tekuk Lokal :

Untuk Sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{125}{2 \cdot 9} \leq \frac{170}{\sqrt{240}}$$

$$6,94 \leq 9,98$$

OK

Untuk Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{208}{6} \leq \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

$$34,667 \leq 98,7$$

OK

Penampang Profil Kompak, maka $M_{nx} = M_{px}$

- Menghitung momen nominal

$$M_p = f_y Z_x$$

$$= 2400 \cdot 352$$

$$= 844800 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 844800$$

$$= 760320 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 264142 \text{ kgcm} \dots\dots \text{OK}$$

Tekuk Lateral :

Dimana :

Modulus Elastisitas : $E = 200\,000 \text{ Mpa.}$ Modulus Geser : $G = 80\,000 \text{ Mpa.}$ J : Konstanta puntir torsi. A : Luas Penampang Profil.

Untuk arah X

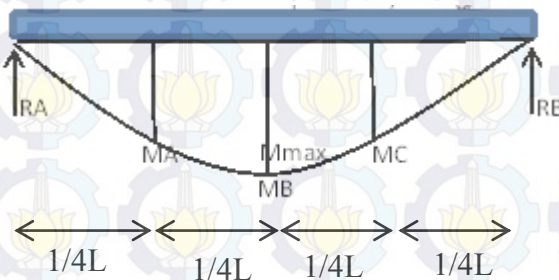
Dari *Tabel Lampiran 1* didapatkan : $L_r = 446,52 \text{ cm}$ $L_p = 141,75 \text{ cm}$ Jarak pengaku lateral = $L_B = 300 \text{ cm}$ Ternyata : $L_r > L_B > L_p$ maka : $M_{nx} \neq M_{px}$ (Momen Bentang Menengah)

Maka

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{\lambda_r - \lambda_B}{\lambda_r - \lambda_p} \right] < M_p$$

Dimana

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} < 2,30$$



Dimana dari SAP2000 didapatkan

 $M_a = 78743 \text{ kg.cm}$ $M_b = 153205 \text{ kg.cm}$ $M_c = 91824 \text{ kg.cm}$ $M_{\max} = 154763 \text{ kg.cm}$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} < 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5 * 154763}{2,5 * 154763 + 3 * 78743 + 4 * 153205 + 3 * 91824} < 2,30$$

$$C_b = 0,80$$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 2400 * 352 \\ &= 844800 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= S_x * (f_y - f_r) \\ &= 324 * (2400 - 800) \\ &= 259200 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$M_{nx} = C_b * \left[M_r + (M_p - M_r) * \frac{\lambda_R - \lambda_B}{\lambda_R - \lambda_P} \right]$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= 0,8 * \left[259200 + (844800 - 259200) * \frac{446,52 - 300}{446,52 - 141,75} \right] \\ &= 432584,56 \text{ Kg.cm} < M_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_p &= 0,9 * 432584,56 \text{ kg.cm} \\ &= 389326,11 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 154763 \text{ kg.cm} \dots\dots \text{OK}$$

- Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w)

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{208}{6} \leq \frac{1100}{\sqrt{240}}$$

$$34,67 \leq 71,00469 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2400 (25 \cdot 0,6) \\ &= 21600 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \cdot 21600 \text{ kg} \geq 1770,77 \text{ kg (hasil analisa SAP2000)}$$

$$19440 \text{ kg} \geq 1770,77 \text{ kg} \dots\dots \text{OK}$$

- Kontrol Lendutan

$$\delta' = \frac{L}{240} = \frac{300}{240} = 1,25 \text{ cm}$$

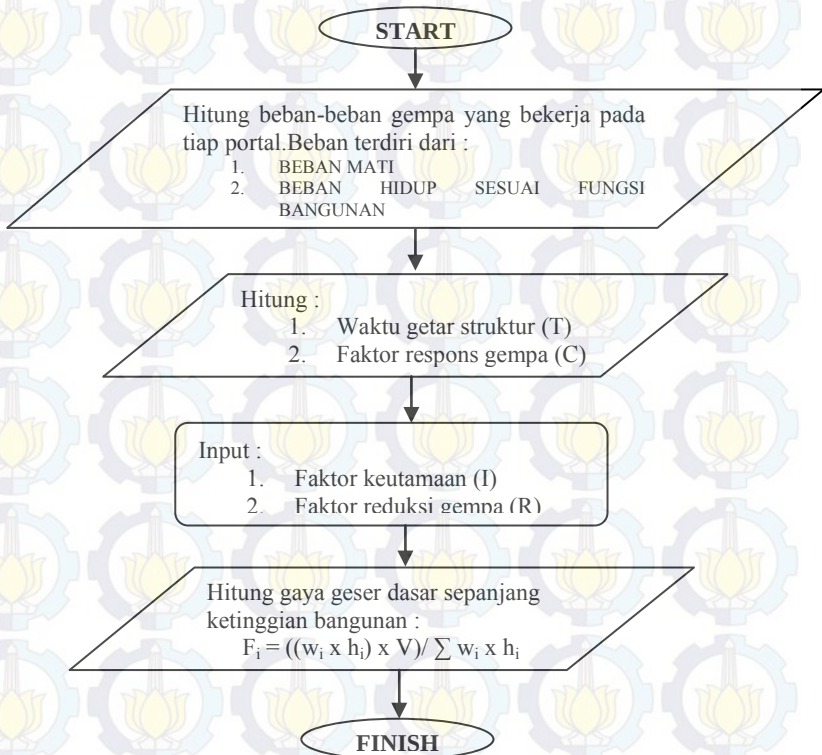
$$\delta = 0,3 \text{ cm} < \delta' = 1,25 \text{ (berdasarkan hasil SAP2000) OK}$$

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1 Perhitungan Gempa

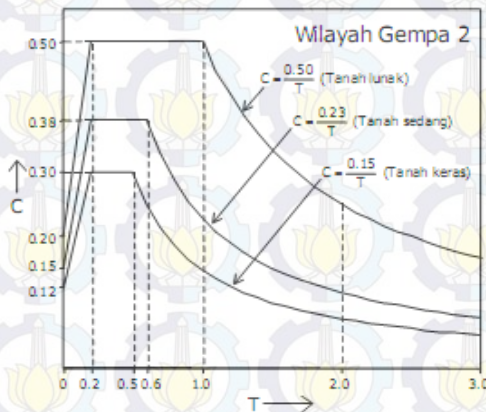
Perhitungan beban gempa pada bangunan ini, dilakukan dengan menggunakan analisa statik ekuivalen dimana menurut *Pasal 6.1.3 SNI-1726-2002* gaya geser dasar nominal harus dibagiakan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban gempa nominal statik ekuivalen pada gedung yang beraturan. Berikut ini langkah-langkah analisa statik ekuivalen :



Gambar 6.1 Flowchart Perhitungan Gempa

- Faktor respons gempa (C)

Berdasarkan lokasi bangunan yang direncanakan yaitu untuk ditempatkan di Surabaya, Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITS Surabaya termasuk dalam wilayah gempa 2 dan berdasarkan hasil test sondir (lampiran) maka tanah pada lokasi gedung tersebut dapat digolongkan sebagai tanah lunak. Berdasarkan hasil konversi dari tes sondir nilai $N = 4,51$ (SNI 03-1726-2002, tabel 4) maka untuk perhitungan gaya geser dasar nominal statik ekuivalen terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana, dilakukan dengan metoda analisis ragam respons spectrum dengan memakai Spektrum Respons menurut Gambar 2 SNI 03-1726-2002 yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R , dimana I adalah Faktor Keutamaan menurut table 1, sedangkan R adalah factor reduksi gempa dari struktur gempa yang bersangkutan.



Gambar 6.2 Grafik Respons Spektrum Gempa Rencana

- Faktor reduksi gempa (R)

Gedung ini direncanakan menggunakan SRPMB, sehingga berdasarkan tabel 3 SNI 03-1726-2002 didapatkan nilai faktor reduksi gempa $R = 4,5$

- Faktor keutamaan (I)

Gedung ini sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai gedung perkuliahan sehingga berdasarkan tabel 1 SNI 03-1726-2002, didapatkan $(I) = 1,0$.

- Arah pembebanan gempa

Berdasar Pasal 5.8.2 SNI 03-1726-2002 untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%.

6.1.1 Perhitungan Gaya Gempa



Gambar 6.3 Penyebaran Gaya Gempa

Perhitungan W_0

- Kolom (WF 400.400.20.35)
 $283 \text{ kg/m}^3 \times 1,5 \text{ m} \times 16 = 33868,8 \text{ kg}$
- Pedestal
 $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 16 = 6792 \text{ kg}$
- Pelat lantai
 $2400 \text{ kg/m}^3 \times 52,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} = 205240,3 \text{ kg}$
- Balok sloof 1 600x700
 $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 104,8 \text{ m} = 105638,4 \text{ kg}$

- Balok sloof 2 500x700
 $2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 76,8 \text{ m} = 64512 \text{ kg}$
- Balok sloof 4 300x700
 $2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 269,6 \text{ m} = 135878,4 \text{ kg}$
- Balok sloof 7 150x700
 $2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 120 \text{ m} = 30240 \text{ kg}$
- Berat Dinding X
 $250 \text{ kg/m}^2 \cdot 115,2 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 115200 \text{ kg}$
- Berat Dinding Y
 $250 \text{ kg/m}^2 \cdot 62,4 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 62400 \text{ kg}$
- Beban Hidup
 $250 \text{ kg/m}^2 \cdot 52,4 \text{ m} \cdot 13,6 \text{ m} = 142528 \text{ kg}$
- Beban Mati
 $70 \text{ kg/m}^2 \cdot 52,4 \text{ m} \cdot 13,6 \text{ m} = \frac{49884,8 \text{ kg} + 952182,7 \text{ kg}}$

Perhitungan W1

- Kolom (WF 400.400.20.35)
 $283 \text{ kg/m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 16 = 18112 \text{ kg}$
- Balok Induk X
 $106 \text{ kg/m} \cdot 100,8 \text{ m} = 11491,2 \text{ kg}$
- Balok Induk Y
 $106 \text{ kg/m} \cdot 76,8 \text{ m} = 8755,2 \text{ kg}$
- Balok Overstek
 $36,7 \text{ kg/m} \cdot 188,8 \text{ m} = 5588,48 \text{ kg}$
- Balok Anak Y
 $66 \text{ kg/m} \cdot 134,4 \text{ m} = 8870,4 \text{ kg}$
- Pelat
 $0,09 \text{ m} \cdot 50,4 \text{ m} \cdot 13,6 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 148055 \text{ kg}$
- Beban Mati Pelat
 $50,4 \text{ m} \cdot 13,6 \text{ m} \cdot 110 \text{ kg/m}^2 = 75398,4 \text{ kg}$
- Beban Hidup Pelat
 $50,4 \text{ m} \cdot 13,6 \text{ m} \cdot 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,8 = 137088 \text{ kg}$
- Beban Dinding X
 $4 \text{ m} \cdot 108 \text{ m} \cdot 250 \text{ kg/m}^2 = 108000 \text{ kg}$

- Beban Dinding Y
 $4 \text{ m} \times 52,8 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$

$$= \frac{52800 \text{ kg}}{574158,7 \text{ kg}}$$

Perhitungan W2

- Kolom (WF 400.400.20.35)
 $283 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m} \times 16$

$$= 18112 \text{ kg}$$
- Balok Induk X
 $106 \text{ kg/m} \times 100,8 \text{ m}$

$$= 11491,2 \text{ kg}$$
- Balok Induk Y
 $106 \text{ kg/m} \times 76,8 \text{ m}$

$$= 8755,2 \text{ kg}$$
- Balok Overstek
 $36,7 \text{ kg/m} \times 188,8 \text{ m}$

$$= 5588,48 \text{ kg}$$
- Balok Anak Y
 $66 \text{ kg/m} \times 134,4 \text{ m}$

$$= 8870,4 \text{ kg}$$
- Pelat
 $0,09 \text{ m} \times 50,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$

$$= 148055 \text{ kg}$$
- Beban Mati Pelat
 $50,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 110 \text{ kg/m}^2$

$$= 75398,4 \text{ kg}$$
- Beban Hidup Pelat
 $50,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,8$

$$= 137088 \text{ kg}$$
- Beban Dinding X
 $4 \text{ m} \times 108 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$

$$= 108000 \text{ kg}$$
- Beban Dinding Y
 $4 \text{ m} \times 62,4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$

$$= \frac{62400 \text{ kg}}{583758,7 \text{ kg}}$$

Perhitungan W3

- Kolom (WF 400.400.20.35)
 $283 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m} \times 16$

$$= 18112 \text{ kg}$$
- Balok Induk X
 $106 \text{ kg/m} \times 100,8 \text{ m}$

$$= 11491,2 \text{ kg}$$
- Balok Induk Y
 $106 \text{ kg/m} \times 76,8 \text{ m}$

$$= 8755,2 \text{ kg}$$
- Balok Overstek
 $36,7 \text{ kg/m} \times 188,8 \text{ m}$

$$= 5588,48 \text{ kg}$$

- Balok Anak Y
 $66 \text{ kg/m} \times 134,4 \text{ m} = 8870,4 \text{ kg}$
- Pelat
 $0,09 \text{ m} \times 50,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 148055 \text{ kg}$
- Beban Mati Pelat
 $50,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 110 \text{ kg/m}^2 = 75398,4 \text{ kg}$
- Beban Hidup Pelat
 $50,4 \text{ m} \times 13,6 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,8 = 137088 \text{ kg}$
- Beban Dinding X
 $4 \text{ m} \times 108 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 108000 \text{ kg}$
- Beban Dinding Y
 $4 \text{ m} \times 62,4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = \frac{62400 \text{ kg}}{583758,7 \text{ kg}}$

Perhitungan W4

- Kolom (WF 400.400.20.35)
 $283 \text{ kg/m} \times 2,8 \text{ m} \times 16 = 12678,4 \text{ kg}$
- Balok Induk X
 $106 \text{ kg/m} \times 100,8 \text{ m} = 11491,2 \text{ kg}$
- Balok Induk Y
 $106 \text{ kg/m} \times 76,8 \text{ m} = 8755,2 \text{ kg}$
- Pelat
 $0,09 \text{ m} \times 50,4 \text{ m} \times 9,6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 104509,4 \text{ kg}$
- Beban Mati Pelat
 $50,4 \text{ m} \times 9,6 \text{ m} \times 110 \text{ kg/m}^2 = 24192 \text{ kg}$
- Beban Hidup Pelat
 $50,4 \text{ m} \times 9,6 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,8 = 38707,2 \text{ kg}$
- Kuda – kuda WF 400x200x8x13
 $100 \text{ m} \times 66 \text{ kg/m} = 6600 \text{ kg}$
- Kuda – kuda WF 250x125x6x9
 $41,6 \text{ m} \times 29,6 \text{ kg/m} = 1231,36 \text{ kg}$
- Gording WF 150x75x5x7
 $838,4 \text{ m} \times 14 \text{ kg/m} = 11737,6 \text{ kg}$
- Penggantung Gording D16
 $276,64 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0,0002 \text{ m}^2 = 434,32 \text{ kg}$

- Ikatan Angin D16
 $465,06 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0,0002 \text{ m}^2 = 730,11 \text{ kg}$
- Beban Penutup Atap
 $104,8 \text{ m} \times 3,16 \text{ kg/m} = \frac{331,17 \text{ kg} +}{230268,4 \text{ kg}}$

- Data Gempa (Zona 2)

Tinggi Bangunan : 22 m
 Waktu Getar Alami (H) : $0,085 \times (H)^{3/4}$
 : $0,085 \times (22)^{3/4}$
 : 0,87

Koefisien Gempa Dasar (C) : 0,5 (Tanah Lunak)

Faktor Keutamaan Bangunan : 1

Faktor Reduksi Gempa (R) : 4,5 (SRPMB)

- Distribusi Gaya Gempa

$W_0 \times h_0 = 952182,7 \text{ kg} \times 0$
 $= 0 \text{ kg}$

$W_1 \times h_1 = 574158,7 \text{ kg} \times 5,3 \text{ m}$
 $= 3043041,11 \text{ kg.m}$

$W_2 \times h_2 = 583578,7 \text{ kg} \times 9,3 \text{ m}$
 $= 5427281,91 \text{ kg.m}$

$W_3 \times h_3 = 583578,7 \text{ kg} \times 13,3 \text{ m}$
 $= 7761596,71 \text{ kg.m}$

$W_4 \times h_4 = 230268,4 \text{ kg} \times 22 \text{ m}$
 $= 5065904,8 \text{ kg.m}$

$\sum W_i \times h_i = W \times h + W_1 \times h_1 + W_2 \times h_2 +$
 $W_3 \times h_3 + W_4 \times h_4$
 $= 0 + 3043041,11 \text{ kg.m} + 5427281,91$
 $\text{kg.m} + 7761596,71 \text{ kg.m} +$
 $5065904,8 \text{ kg.m}$
 $= 21301893 \text{ kg.m}$

- Berat Gedung (W_t) = $W_0 + W_1 + W_2 + W_3 + W_4$
 $= 952182,7 \text{ kg} + 574158,7 \text{ kg} + 583578,7$
 $\text{kg} + 583578,7 \text{ kg} + 230268,4 \text{ kg}$
 $= 2924127 \text{ kg}$

- Gaya geser gempa dasar (V) $= \frac{C_1 I}{R} * W_t$
 $= \frac{0,5 * 1}{4,5} * 2924127$
 $= 324903 \text{ kg}$

- Distribusi gaya gempa per tingkat

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_i^n W_i z_i} * V$$

$$F_1 = \frac{W_1 * h_1}{\sum W_i * h_i} * V$$

$$= \frac{3043041,11}{21301893} * 324903$$

$$= 46413,4 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{W_2 * h_2}{\sum W_i * h_i} * V$$

$$= \frac{5427281,91}{21301893} * 324903$$

$$= 82804,11 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{W_3 * h_3}{\sum W_i * h_i} * V$$

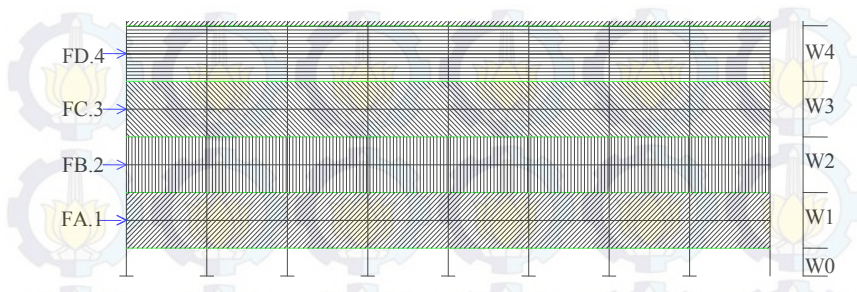
$$= \frac{7761596,71}{21301893} * 324903$$

$$= 118418,8 \text{ kg}$$

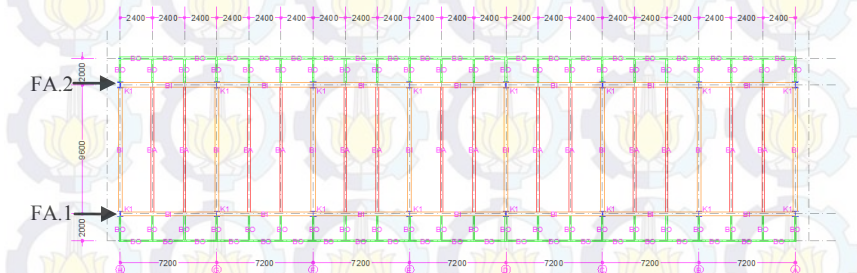
$$F_4 = \frac{W_4 * h_4}{\sum W_i * h_i} * V$$

$$= \frac{5065904,8}{21301893} * 324903$$

$$= 77266,74 \text{ kg}$$



Gambar 6.4 Penyebaran Gaya Gempa Memanjang



Gambar 6.5 Denah Penyebaran Gaya Gempa Memanjang

- Distribusi gaya gempa per joint memanjang
1. Lantai 1

Tabel 6.1 Gaya gempa memanjang lantai 1

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
FA.1	6.8	23206.70
FA.2	6.8	23206.70
	13.6	46413.40

$$\begin{aligned}
 F_{A.1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 46413,40 \\
 &= 23206,70 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{A.2} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 46413,40 \\
 &= 23206,70 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Lantai 2

Tabel 6.2 Gaya gempa memanjang lantai 2

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F B.1	6.8	41402.05
F B.2	6.8	41402.05
	13.6	82804.11

$$\begin{aligned}
 F_{B.1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 82804,11 \\
 &= 41402,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{B.2} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 82804,11 \\
 &= 41402,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Lantai 3

Tabel 6.3 Gaya gempa memanjang lantai 3

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F C.1	6.8	59209.39
F C.2	6.8	59209.39
	13.6	118418.78

$$\begin{aligned}
 F_{C.1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 118418,78 \\
 &= 59209,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{C.2} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 118418,78 \\
 &= 59209,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

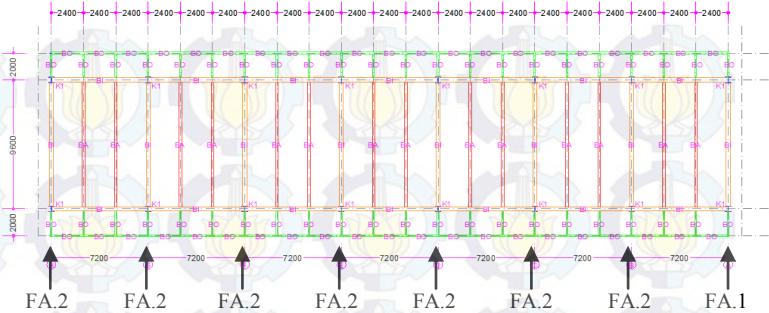
4. Lantai 4

Tabel 6.4 Gaya gempa memanjang lantai 4

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F D.1	6.8	38633.37
F D.2	6.8	38633.37
	13.6	77266.74

$$\begin{aligned}
 F_{D.1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 77266,74 \\
 &= 38633,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{D.1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i \\
 &= \frac{6,8}{13,6} * 77266,74 \\
 &= 38633,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.6 Denah Penyebaran Gaya Gempa Melintang

- Distribusi gaya gempa per joint melintang

1. Lantai 1

Tabel 6.5 Gaya gempa memanjang lantai 1

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F1.1	3.6	3315.24
F1.2	7.2	6630.49
F1.3	7.2	6630.49
F1.4	7.2	6630.49
F1.5	7.2	6630.49
F1.6	7.2	6630.49
F1.7	7.2	6630.49
F1.8	3.6	3315.24
Total	50.4	46413.4

$$\begin{aligned}
 F_{1.1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruhnya}} * F_i \\
 &= \frac{3,6}{50,4} * 46413,4 \\
 &= 3315,24 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{1.2} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruhnya}} * F_i \\
 &= \frac{7,2}{50,4} * 46413,4 \\
 &= 6630,49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Lantai 2

Tabel 6.6 Gaya gempa memanjang lantai 2

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F 2.1	3.6	5914.58
F 2.2	7.2	11829.16
F 2.3	7.2	11829.16
F 2.4	7.2	11829.16
F 2.5	7.2	11829.16
F 2.6	7.2	11829.16
F 2.7	7.2	11829.16
F 2.8	3.6	5914.58
Total	50.4	82804.11

$$F_{2.1} = \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i$$

$$= \frac{3,6}{50,4} * 82804,11$$

$$= 5914,58 \text{ kg}$$

$$F_{2.2} = \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i$$

$$= \frac{7,2}{50,4} * 82804,11$$

$$= 11829,16 \text{ kg}$$

3. Lantai 3

Tabel 6.7 Gaya gempa memanjang lantai 3

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F 3.1	3.6	8458.48
F 3.2	7.2	16916.97
F 3.3	7.2	16916.97
F 3.4	7.2	16916.97
F 3.5	7.2	16916.97
F 3.6	7.2	16916.97
F 3.7	7.2	16916.97
F 3.8	3.6	8458.48
Total	50.4	118418.8

$$F_{3.1} = \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * F_i$$

$$= \frac{3,6}{50,4} * 118418,8$$

$$= 8458,48 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 F_{3,2} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * Fi \\
 &= \frac{7,2}{50,4} * 118418,8 \\
 &= 16916,97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Lantai 4

Tabel 6.8 Gaya gempa memanjang lantai 4

Titik	panjang bentang	Besar Gempa
F 3.1	3.6	5519.05
F 3.2	7.2	11038.11
F 3.3	7.2	11038.11
F 3.4	7.2	11038.11
F 3.5	7.2	11038.11
F 3.6	7.2	11038.11
F 3.7	7.2	11038.11
F 3.8	3.6	5519.05
Total	50.4	77266.74

$$\begin{aligned}
 F_{4,1} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * Fi \\
 &= \frac{3,6}{50,4} * 77266,74 \\
 &= 5519,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{4,2} &= \frac{\text{Panjang Bentang}}{\text{Panjang Bentang seluruh hnya}} * Fi \\
 &= \frac{7,2}{50,4} * 77266,74 \\
 &= 11038,11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6.2 Kontrol Dimensi Balok Induk

Balok-balok direncanakan untuk menahan gaya-gaya momen dan geser. Pengelompokkan balok-balok didasarkan pada kebutuhan tahanan gaya momen dan geser. Selain itu, kelayakan sambungan dengan kolom pun harus dipertimbangkan.

Berikut ini adalah hasil keluaran gaya-gaya dalam dari program SAP 2000.V.10

Tabel 6.9 . Gaya dalam maximum pada balok induk

Balok Lantai Melintang				
Frame	L balok	Kombinasi	Momen	Geser
	mm		kg cm	kg
8	9600	1.2D+1L+0.3EX-1EY	4253519	13154,97
Balok Lantai Memanjang				
Frame	L balok	Kombinasi	Momen	Geser
	Mm		kg cm	Kg
182	7200	1.2D+1L+1EX-0.3EY	5858793	24671,55

Tabel 6.10. Gaya dalam pada balok untuk kontrol lendutan

Balok Lantai Melintang					
Frame	L balok	Kombinasi	Momen kg.cm		
	Cm		Ma	Mb	Ms
8	9600	1D+1L	-934047	-701562	437579
Balok Lantai Memanjang					
Frame	L balok	Kombinasi	Momen kg.cm		
	Cm		Ma	Mb	Ms
182	7200	1D+1L	-2127420	-1498447	1275434

6.2.1 Perencanaan Balok Induk Lantai Melintang L= 9,6 m Profil WF 500 x 300 x 11 x 15

$$d = 482 \text{ mm}$$

$$w = 114 \text{ kg/m'}$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$h = 482 - 2(15 + 26) = 480 \text{ mm}$$

$$b_f = 300 \text{ mm}$$

$$A = 145,5 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 15 \text{ mm}$$

$$Z_x = 2863,34 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 688,67 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 2500 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 451 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 20,4 \text{ cm}$$

$$r_y = 6,82 \text{ cm}$$

$$\text{BJ-37 : } f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2, f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang balok (span) } L = 9600 \text{ mm} = 9,6 \text{ m}$$

$$\text{Direncanakan, jarak } Shear \text{ Conector Praktis} = 750 \text{ mm}$$

- Kontrol Kelangsingan Elemen Balok SRPMB . (Tabel 15.7.1 SNI 03-1729-2002)

Dimana :

λ_p harus lebih kecil dari λ_r

$$\lambda_p = \frac{bf}{2tf}$$

$$= \frac{300}{2 \cdot 15}$$

$$= 10$$

$$\lambda_r = \frac{135}{\sqrt{f_y}}$$

$$= \frac{135}{\sqrt{240}}$$

$$= 8,714$$

$\lambda_p > \lambda_r$ Penampang Langsing.

- Kontrol Jarak Pengaku Lateral Elemen Balok SRPMB .
(SNI 03-1729-2002 Ps 15.7.8)

Jarak antara daerah yang tidak terkekang arah lateralnya tidak boleh kurang dari $\frac{17500 * r_y}{f_y}$

Diketahui :

Jarak pengaku lateral $\lambda_b = 750$ mm (jarak *shear Conector* Praktis)

$$\lambda_b \leq \frac{17500 * r_y}{f_y}$$

$$750 \leq \frac{17500 * 68,2}{240}$$

750 mm < 4972,92 mm... **OK**

- Kontrol Kekuatan Penampang

Tekuk Lokal :

Untuk Sayap

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 * 15} \leq \frac{170}{\sqrt{240}}$$

10 < 10,97 ...**OK**

Untuk Badan

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{488}{11} \leq \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

44,36 < 108,44 ...**OK**

Profil penampang kompak, sehingga $M_{n_x} = M_{p_x}$

Menghitung momen nominal

$$M_p = f_y * Z_x$$

$$= 2400 * 2863,34$$

$$= 6872016 \text{ kg.cm}$$

$$\phi.M_n = 0,9 * 6872016$$

$$= 6184814,4 \text{ kgcm}$$

$$\phi.M_n \geq M_u = 4253519 \text{ kgcm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Tekuk Lateral :

Dimana :

Modulus Elastisitas : $E = 200\,000\text{ Mpa.}$ Modulus Geser : $G = 80\,000\text{ Mpa.}$

Untuk arah X

 $\lambda_b = 75\text{ cm}$ (jarak *Shear Conector* Praktis)

$$\begin{aligned}\lambda_p &= 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 * 6.82 * \sqrt{\frac{2000000}{2400}} \\ &= 346.50\text{ cm}\end{aligned}$$

 $\lambda_b < \lambda_p$ maka termasuk kategori bentang pendek.

Menghitung momen nominal

$$\begin{aligned}M_p &= f_y * Z_x \\ &= 2400 * 2863.34 \\ &= 6872016\text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi.M_n &= 0.9 * 6872016 \\ &= 6184814.4\text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$\phi.M_n \geq M_u = 4253519\text{ kgcm} \dots\dots \text{OK}$$

• Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw)

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{480}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{240}}$$

$$43.64 < 71.005 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned}V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot d \cdot tw \\ &= 0.6 * 2400 * 48.2 * 1.1 \\ &= 76348.8\text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \cdot 76348,8 \text{ kg} \geq 13154,97 \text{ kg (hasil analisa SAP2000)}$$

$$68713,92 \text{ kg} \geq 13154,97 \text{ kg} \dots\dots \text{OK}$$

- Kontrol Interaksi Geser & Lentur (SNI 03-1729-2002 Ps 8.9.3)

$$\frac{Mu}{\theta \cdot Mn} + 0,625 \cdot \frac{Vu}{\theta \cdot Vn} < 1,375$$

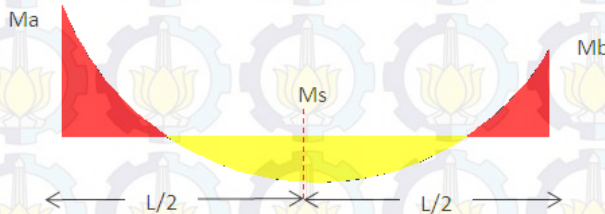
$$\frac{4253519}{6184814,4} + 0,625 \cdot \frac{13154,97}{68713,92} < 1,375$$

$$0,81 < 1,375 \dots \text{ok}$$

- Kontrol Lendutan.

Untuk balok menerus , defleksi pertengahan bentang pada situasi biasa dari suatu pembebanan merata pada suatu batang prismatic dengan momen momen ujung yang tidak sama dapat dinyatakan sebagai :

$$\Delta_{\max} = \frac{5L^2}{48EI} * [(Ms - 0,1 * (Ma + Mb)]$$



Gambar 6.7 Gaya dalam momen untuk cek lendutan

$$M_S = 437579 \text{ kg.cm (Momen Tengah Bentang)}$$

$$M_a = -934047 \text{ kg.cm (Momen ujung terbesar)}$$

$$M_b = -701562 \text{ kg.cm (Momen Ujung terkecil)}$$

Lendutan Ijin

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ijin}} &= \frac{Lx}{360} \\ &= \frac{960}{360} \\ &= 2,67 \text{ cm}\end{aligned}$$

Lendutan Terjadi

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{5 * L^2}{48 * E * I_x} * [M_s - 0,1 * (M_a + M_b)] \\ &= \frac{5 * 960^2}{48 * 2.10^6 * 60400} \\ &\quad * [437579 - 0,1 * (934047 + 701562)] \\ &= 0,21 \text{ cm} < \text{lendutan ijin} \\ &= 0,21 \text{ cm} < 2,67 \text{ cm} \dots \text{ (OK)}\end{aligned}$$

6.2.2 Perencanaan Balok Induk Lantai Memanjang L=7,2m**Profil WF 500 x 300 x 11 x 15**

$$\begin{aligned}d &= 482 \text{ mm} \\ w &= 114 \text{ kg/m} \\ t_w &= 11 \text{ mm} \\ h &= 482 - 2(15 + 26) = 480 \text{ mm} \\ b_f &= 300 \text{ mm} \\ A &= 145,5 \text{ cm}^2 \\ t_f &= 15 \text{ mm} \\ Z_x &= 2863,34 \text{ cm}^3 \\ Z_y &= 688,67 \text{ cm}^3 \\ S_x &= 2500 \text{ cm}^3 \\ S_y &= 451 \text{ cm}^3 \\ r_x &= 20,4 \text{ cm} \\ r_y &= 6,82 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{BJ-37 : } f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2, f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang balok (span) } L = 7200 \text{ mm} = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Direncanakan, jarak } Shear \text{ Conector Praktis} = 750 \text{ mm}$$

- Kontrol Kelangsingan Elemen Balok SRPMB . (Tabel 15.7.1 SNI 03-1729-2002)

Dimana :

λ_p harus lebih kecil dari λ_r

$$\begin{aligned}\lambda_p &= \frac{bf}{2tf} \\ &= \frac{300}{2 * 15} \\ &= 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= \frac{135}{\sqrt{fy}} \\ &= \frac{135}{\sqrt{240}} \\ &= 8,714\end{aligned}$$

$\lambda_p > \lambda_r$ Penampang Langsing.

- Kontrol Jarak Pengaku Lateral Elemen Balok SRPMB . (SNI 03-1729-2002 Ps 15.7.8)

Jarak antara daerah yang tidak terkekang arah lateralnya tidak boleh kurang dari $\frac{17500 * r_y}{fy}$

Diketahui :

Jarak pengaku lateral $\lambda_b = 750$ mm (jarak *shear Conector* Praktis)

$$\lambda_b \leq \frac{17500 * r_y}{fy}$$

$$750 \leq \frac{17500 * 68,2}{240}$$

$$750 \text{ mm} < 4972,92 \text{ mm... OK}$$

• Kontrol Kekuatan Penampang

Tekuk Lokal :

Untuk Sayap

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \cdot 15} \leq \frac{170}{\sqrt{240}}$$

$$10 < 10,97 \text{ ...OK}$$

Untuk Badan

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{488}{11} \leq \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

$$44,36 < 108,44 \text{ ...OK}$$

Profil penampang kompak, sehingga $Mn_x = Mp_x$

Menghitung momen nominal

$$Mp = f_y \cdot Z_x$$

$$= 2400 \cdot 2863,34$$

$$= 6872016 \text{ kg.cm}$$

$$\phi \cdot Mn = 0,9 \cdot 6872016$$

$$= 6184814,4 \text{ kgcm}$$

$$\phi \cdot Mn \geq Mu = 5858793 \text{ kgcm OK}$$

Tekuk Lateral :

Dimana :

$$\text{Modulus Elastisitas} : E = 200\,000 \text{ Mpa.}$$

$$\text{Modulus Geser} : G = 80\,000 \text{ Mpa.}$$

Untuk arah X

$$\lambda_b = 75 \text{ cm (jarak Shear Conector Praktis)}$$

$$\lambda_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 6,82 \cdot \sqrt{\frac{2000000}{2400}}$$

$$= 346,50 \text{ cm}$$

$\lambda_b < \lambda_p$ maka termasuk kategori bentang pendek.

Menghitung momen nominal

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 2400 \cdot 2863,18 \\ &= 6871632 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= 0,9 \cdot 6871632 \\ &= 6184468,8 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u = 5858793 \text{ kgcm} \dots\dots \text{OK}$$

- Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw)

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{480}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{240}}$$

$$43,64 < 71,005 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot d \cdot tw \\ &= 0,6 \cdot 2400 \cdot 48,2 \cdot 1,1 \\ &= 76348,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} 0,9 \cdot 76348,8 \text{ kg} &\geq 24671,55 \text{ kg (hasil analisa SAP2000)} \\ 68713,92 \text{ kg} &\geq 24671,55 \text{ kg} \dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser & Lentur (SNI 03-1729-2002 Ps 8.9.3)

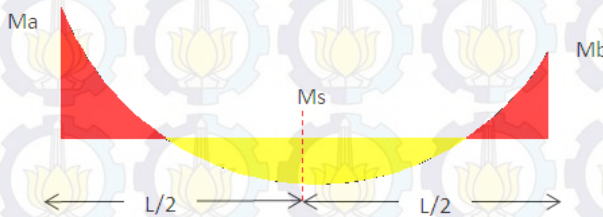
$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \cdot \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} < 1,375$$

$$\begin{aligned} \frac{5858793}{6184468,8} + 0,625 \cdot \frac{24671,55}{68713,92} &< 1,375 \\ 1,17 &< 1,375 \dots \text{ok} \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan.

Untuk balok menerus, defleksi pertengahan bentang pada situasi biasa dari suatu pembebanan merata pada suatu batang prismatic dengan momen momen ujung yang tidak sama dapat dinyatakan sebagai :

- $$\Delta_{\max} = \frac{5L^2}{48EI} * [Ms - 0,1 * (Ma + Mb)]$$



Gambar 6.8 Gaya dalam momen untuk cek lendutan

MS = 1275434 kg.cm (Momen Tengah Bentang)

Ma = -2127420 kg.cm (Momen ujung terbesar)

Mb = -1498447 kg.cm (Momen Ujung terkecil)

Lendutan Ijin

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{Lx}{360} \\ &= \frac{720}{360} \\ &= 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan Terjadi

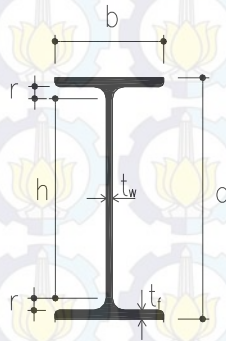
$$\delta = \frac{5 * L^2}{48 * E * Ix} * [Ms - 0,1 * (Ma + Mb)]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 * 720^2}{48 * 2.10^6 * 60400} \\
 &\quad * [1275434 - 0,1 * (2127420 + 1498447)] \\
 &= 0,41 \text{ cm} < \text{lendutan ijin} \\
 &= 0,41 \text{ cm} < 2 \text{ cm} \dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

6.3 Kontrol Dimensi Kolom Utama

6.3.1 Kolom Lantai 1 - Lantai 4 (el +0,00 sampai El +16,00)

Kolom menggunakan Profil Baja WF 400.400.20.35



gambar 6.9 Profil WF

Gaya-gaya maksimum yang bekerja pada kolom berada pada Kombinasi 1,2D+1L+0.3EX+1EY Frame 1176:

Mutu bahan yang digunakan :

Baja (BJ 37) : $f_y = 240 \text{ Mpa}$ $f_u = 370 \text{ Mpa}$

Direncanakan kolom dari profil I 400.400.20.35 :

$$A = 360,7 \text{ cm}^2$$

$$W = 283 \text{ kg/m}$$

$$t_w = 20 \text{ mm}$$

$$t_f = 35 \text{ mm}$$

$$H = 428 \text{ mm}$$

$$B = 407 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$h = H - (2(t_f + r))$$

$$= 428 - (2 \cdot (35 + 22))$$

$$= 314 \text{ mm}$$

$$I_x = 119000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 39400 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 5570 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1930 \text{ cm}^3$$

Dengan section Property lainnya sebagai berikut :

Modulus Plastis

Modulus Plastis Mayor WF

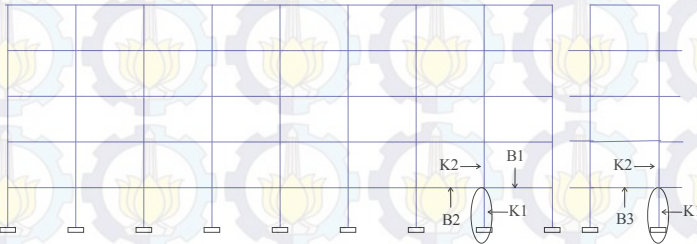
$$\begin{aligned} Z_x &= b \cdot t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (d - 2t_f)^2 \\ &= 407 \cdot 35 (428 - 35) + \frac{1}{4} \cdot 20 \cdot (428 - 2 \cdot 35)^2 \\ &= 6239105 \text{ mm}^3 \\ &= 6239,105 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Modulus Plastis Minor WF

$$\begin{aligned} Z_y &= \frac{1}{2} \cdot b^2 \cdot t_f + \frac{1}{4} \cdot t_w^2 \cdot (d - 2t_f) \\ &= \frac{1}{2} \cdot 407^2 \cdot 35 + \frac{1}{4} \cdot 20^2 \cdot (428 - 2 \cdot 35) \\ &= 2934657,5 \text{ mm}^3 \\ &= 2934,6575 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

i. Kuat rencana kolom :

Penentuan faktor panjang tekuk (k_c) pada komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut :



Gambar 6.10 Posisi Kolom Terhadap Balok

Data kolom dan balok yang ditinjau :

- Profil K1 :

$$L \text{ kolom} = 3.5 \text{ m}$$

$$I_x = 119000 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 18,2 \text{ cm}$$

$$I_y = 39400 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 10,4 \text{ cm}$$

- Profil K2 :

$$L \text{ kolom} = 4 \text{ m}$$

$$I_x = 119000 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 18,2 \text{ cm}$$

$$I_y = 39400 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 10,4 \text{ cm}$$

- Data balok (B1 = B2) yang ditinjau :

$$L \text{ Balok} = 7.2 \text{ m}$$

$$\text{WF } 500.300.11.15$$

$$I_x = 60400 \text{ cm}^4$$

- Data balok (B3) yang ditinjau :

$$L \text{ balok} = 9.6 \text{ m}$$

$$\text{WF } 500.300.11.15$$

$$I_x = 60400 \text{ cm}^4$$

- Data balok (B4) yang ditinjau :

$$L \text{ balok} = 2.0 \text{ m}$$

$$\text{WF } 250.125.6.9$$

$$I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

Tekuk Terhadap Sumbu X

Bagian dasar kolom diasumsikan jepit, sehingga $G_B = 1,00$

$$GA = \frac{\sum (I_x / L)_{\text{kolom}}}{\sum (I_x / L)_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\sum (119000/350) + (119000/400)}{\sum (60400/720) + (60400/720)}$$

$$= 3.80$$

Dari nomogram pada portal bergoyang diperoleh nilai kekakuan :

$$K_{cx} = 1,61$$

Sehingga panjang efektif komponen struktur

$$L_{Kx} = 1,61 \cdot 350$$

$$= 563,5 \text{ cm}$$

Batas kelangsingan untuk batang yang direncanakan terhadap tekan adalah

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{L_{Kx}}{r_m} \\ &= \frac{563,5}{10,4} \\ &= 54,18 \end{aligned}$$

Gaya tekuk elastis komponen struktur (N_{crx}) pada portal bergoyang:

$$\begin{aligned} N_{crx} &= \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_x^2} \cdot A_g \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 2000000}{54,18^2} \cdot 360,7 \\ &= 771586,5 \text{ k} \end{aligned}$$

Dari nomogram pada portal tak bergoyang, nilai kekakuan diperoleh :

$$K_{cx} = 0,84$$

Sehingga panjang efektif komponen struktur

$$L_{Kx} = 0,84 \cdot 350$$

$$= 336 \text{ cm}$$

Batas kelangsingan untuk batang yang direncanakan terhadap tekan adalah :

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{L_{Kx}}{r_m} \\ &= \frac{336}{10,4} \\ &= 32,30 \end{aligned}$$

Gaya tekuk elastis komponen struktur (N_{cr}) pada portal tak bergoyang:

$$\begin{aligned}
 N_{crbx} &= \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2} \cdot A_g \\
 &= \frac{\pi^2 \cdot 2000000}{32,30^2} \cdot 360,7 \\
 &= 2170171 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Komponen struktur tak bergoyang

Komponen struktur bergoyang

Gambar 6.11 Nomogram Kolom Arah X

Tekuk Terhadap Sumbu Y

Bagian dasar kolom diasumsikan jepit, sehingga $G_B = 1,00$

$$G_A = \frac{\Sigma(I_x/L)_{kolom}}{\Sigma(I_x/L)_{balok}}$$

$$\frac{\Sigma(119000/350) + (119000/400)}{\Sigma(60400/960) + (4050/200)}$$

$$= 7.67$$

Dari nomogram pada portal bergoyang diperoleh nilai kekakuan

$$K_{cy} = 1,8$$

Sehingga panjang efektif komponen struktur

$$L_{Ky} = 1,8 * 350$$

$$= 630 \text{ cm}$$

Batas kelangsingan untuk batang yang direncanakan terhadap tekan adalah :

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{r_m}$$

$$= \frac{630}{10,4}$$

$$= 60,58$$

Gaya tekuk elastis komponen struktur (N_{cr}) pada portal bergoyang:

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_y^2} \cdot A_g$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 2000000}{60,58^2} \cdot 360,7$$

$$= 617293 \text{ kg}$$

Dari nomogram pada portal tak bergoyang nilai kekakuan diperoleh:

$$K_{cy} = 0,85$$

Sehingga panjang efektif komponen struktur :

$$L_{Ky} = 0,85 * 350 = 297,5 \text{ cm}$$

Batas kelangsingan untuk batang yang direncanakan terhadap tekan adalah:

$$\begin{aligned}\lambda_y &= \frac{L_{ky}}{r_m} \\ &= \frac{297,5}{10,4} \\ &= 28,61\end{aligned}$$

Gaya tekuk elastis komponen struktur (N_{cr}) pada portal tak bergoyang:

$$\begin{aligned}N_{crby} &= \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_y^2} \cdot A_g \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 2000000}{28,61^2} \cdot 360,7 \\ &= 2768207 \text{ kg}\end{aligned}$$



Gambar 6.12 Nomogram Kolom Arah Y

Dari perhitungan batas kelangsingan baik arah x dan arah y, maka batas kelangsingan diambil yang maximum yaitu $\lambda_y = 63,94$. Sehingga parameter kelangsingan kolom diambil sebesar :

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{60,58}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{240}{200000}} \\ &= 0,67\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1729-2002 pasal 7.6.2 nilai ω ditetapkan berdasarkan $0,25 < \lambda_c < 1,2$ adalah :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,67} \\ &= 1,24\end{aligned}$$

Daya dukung nominal struktur tekan diperoleh :

$$\begin{aligned}N_n &= A_s \frac{f_y}{\omega} \\ &= 360,7 \cdot \frac{2400}{1,24} \\ &= 682474,8 \text{ kg} \\ \phi N_n &= 682474,8 \text{ kg} \\ &= 682474,8 \text{ kg} \times 0,85 \\ &= 580103,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sehingga : $N_u < \phi N_n$

200419 kg < 580103,36 kg.... (memenuhi)

ii. Interaksi Aksial-Momen

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{200419}{580103} = 0,35 > 0,2 \text{ (persamaan interaksi ke-1)}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

Dengan

$\phi_b = 0,9$ (faktor reduksi kekuatan struktur lentur)

$\phi = 0,85$ (faktor reduksi kekuatan struktur tekan tekan)

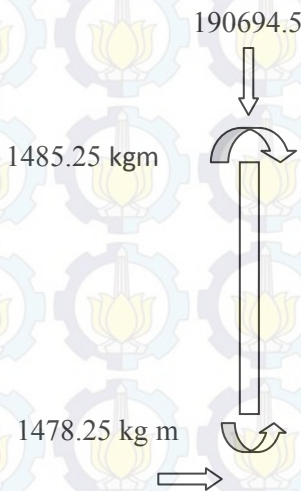
Untuk komponen struktur bergoyang, momen lentur terfaktor (M_u) dihitung sebagai berikut :

Terhadap sumbu x : $M_u = (\sigma_b * M_{ntx}) + (\sigma_s * M_{ltx})$

Terhadap sumbu y : $M_u = (\sigma_b * M_{nty}) + (\sigma_s * M_{lty})$

a) Arah sumbu x

a.i) **Kontrol Momen Terhadap Beban Gravitasi**



Gambar 6.13 Gaya dalam M2-2Akibat Beban Tetap (1,2D+1,6L)

Dari hasil SAP 2000.V.10 diperoleh gaya momen sebagai berikut (*Gambar 5.9*) :

$$M_1 = M_{uty1} = 1478,25 \text{ kg m}$$

$$M_2 = M_{uty2} = 1485,25 \text{ kg m}$$

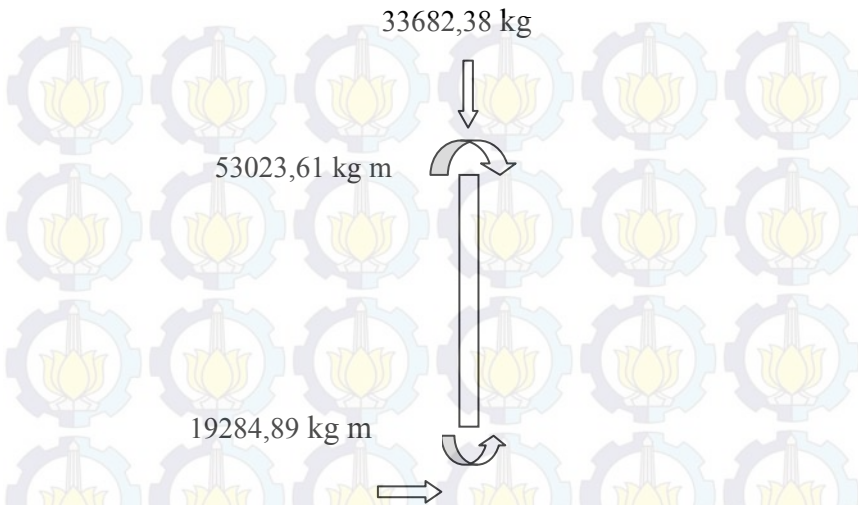
$$P = 190694,5 \text{ kg}$$

(Frame **1176** M 2-2 ; Combo 1.2D+1,6L)

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4 * \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 - 0,4 * \frac{1478,25}{1485,25} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bx} &= \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{N_{crbx}}} \\ &= \frac{0,21}{1 - \frac{190694,5}{2222779}} \\ &= 0,221 < 1,0 \text{ maka } \delta_{bx} = 1,0 \end{aligned}$$

a.ii) Kontrol Momen Terhadap Beban Lateral



Gambar 6.14 Gaya dalam M2-2 Akibat Beban Gempa (Q_y)

Dari hasil SAP 2000.V.10 diperoleh gaya momen sebagai berikut (*Gambar 5.10*):

$$M_1 = M_{uly1} = 19284,89 \text{ kg m}$$

$$M_2 = M_{uly2} = 53023,61 \text{ kg m}$$

$$P = 33682,38 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 * \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 - 0,4 * \frac{19284,89}{53023,61}$$

$$= 0,45$$

$$\sigma_{bx} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{N_{crbx}}}$$

$$= \frac{0,45}{1 - \frac{33682,38}{2222779}}$$

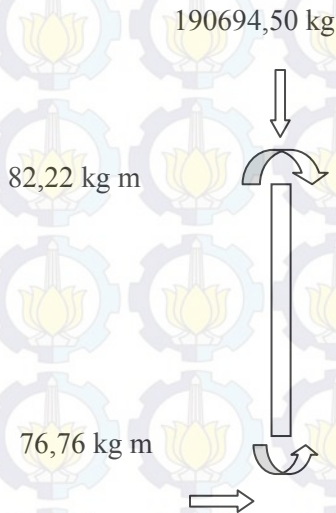
$$= 0,46 < 1,0 \text{ maka } \delta_{bx} = 1,0$$

Sehingga momen terfaktor terhadap sumbu x adalah :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= (\delta b.Mntx) + (\delta b.Mltx) \\ &= (1*53023,61) + (1*1485,25) \\ &= 54508,86 \text{ kg m} \\ &= 5450886 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

b) Arah sumbu y

b.i) Kontrol Momen Terhadap Beban Gravitasi



gambar 6.15 Gaya dalam M3-3Akibat Beban Tetap (1,2D+1,6L)

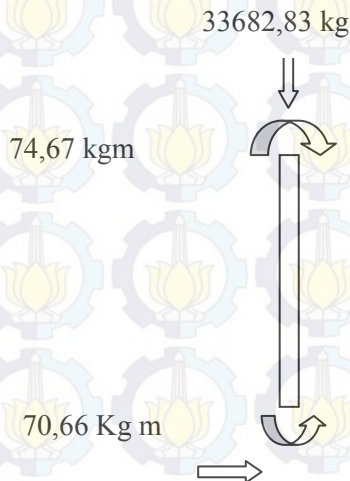
Dari hasil SAP 2000.V. 10 diperoleh gaya momen sebagai berikut (Gambar 5.11):

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{utx1} &= 76,76 \text{ kg m} \\ M_2 &= M_{uly2} &= 82,22 \text{ kg m} \\ P & &= 190694,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_m &= 0,6 - 0,4 * \frac{M_1}{M_2} \\
 &= 0,6 - 0,4 * \frac{76,76}{82,22} \\
 &= 0,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bx} &= \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{N_{crbx}}} \\
 &= \frac{0,23}{1 - \frac{190694,50}{2768207}} \\
 &= 0,243 < 1,0 \text{ maka } \delta_{bx} = 1,0
 \end{aligned}$$

b.ii) Kontrol Momen Terhadap Beban Lateral



Gambar 6.16 Gaya dalam M3-3 Akibat Beban Tetap (Q_y)

Dari hasil SAP 2000.V.10 diperoleh gaya momen sebagai berikut :

$$M_1 = M_{ulx1} = 70,66 \text{ Kg m}$$

$$M_2 = M_{ulx2} = 74,67 \text{ Kg m}$$

$$P = 33682,83 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4 * \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 - 0,4 * \frac{70,66}{74,67} \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bx} &= \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{N_{crbx}}} \\ &= \frac{0,22}{1 - \frac{33682,38}{2768207}} \\ &= 0,224 < 1,0 \text{ maka } \delta_{bx} = 1,0 \end{aligned}$$

Sehingga momen terfaktor terhadap sumbu y adalah :

$$M_{uy} = (1 * 74,67) + (1 * 82,22)$$

$$M_{uy} = 156,89 \text{ Kg m} = 15689 \text{ Kg cm}$$

c) Momen Nominal

c.i) Kontrol Lokal Buckling

$$\text{Sayap} = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{407}{2 \cdot 35} = 5,81$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\text{Badan} = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{20} = 21,4$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$$\text{Kesimpulan : } \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p \text{ dan } \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

sehingga penampang dianggap kompak. Maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x * f_y \\ &= 6239,1 * 2400 \\ &= 14973852 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y * f_y \\ &= 2934,66 * 2400 \\ &= 7043178 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_{nx} &= 0,9 * 14973852 \text{ Kgcm} \\ &= 13476467 \text{ Kgcm} > 15689 \text{ Kg cm} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_{ny} &= 0,9 * 7043178 \text{ Kg cm} \\ &= 6338860,2 \text{ Kg cm} > 5450886 \text{ Kg cm} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

c.i) Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 350 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{2 * 10^5}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 * 10,4 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{240}}$$

$$L_p = 528,391 \text{ cm}$$

Karena $L_b < L_p$ maka termasuk bentang pendek ($M_n = M_p$).

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x * f_y \\ &= 6239,1 * 2400 \\ &= 14973852 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y * f_y \\ &= 2934,6575 * 2400 \\ &= 7043178 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_{nx} \text{ pakai adalah} = 14973852 \text{ kgcm} * 0,9 = 13476467 \text{ kgcm}$$

$$M_{ny} \text{ pakai adalah} = 7043178 \text{ kgcm} * 0,9 = 6338860,2 \text{ kgcm}$$

Kontrol Interaksi “balok kolom” arah x :

$$\frac{200419}{0,85 * 705063} + \left(\frac{5450886}{0,9 * 14973852} + \frac{15689}{0,9 * 7043178} \right) \leq 1,0$$

Hasil interaksi adalah $= 0,71 < 1,00$ berarti kolom kuat memikul beban tekan dan lentur



BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

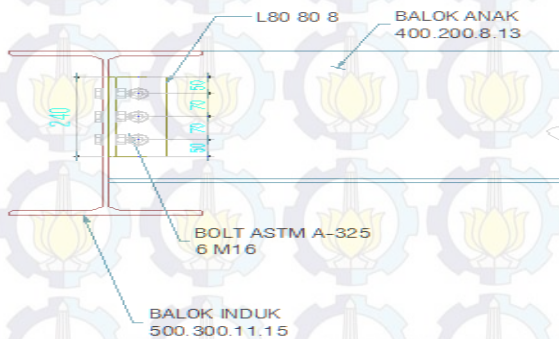
7.1 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Sambungan Balok Induk Lantai Atap dengan Balok Anak lantai atap

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut karena balok anak terletak pada dua tumpuan sederhana.

$$V_u = 1176,30 \text{ kg}$$

$$\text{Balok anak} : 400.200.8.13$$

$$\text{Balok induk} : 500.300.11.15$$



Gambar 7.1 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk

- Sambungan Siku 90.90.9

Direncanakan :

Mutu baut A-325

$$f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_b = 16 \text{ mm } (A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = 2,01 \text{ cm}^2).$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (Baut tanpa ulir pada bidang geser)}$$

a) Sambungan Pada Badan Balok AnakPenentuan jumlah baut

Kekuatan 1 baut pada sayap :

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 * r_1 * f_u * A_{\text{baut}} * m \\ &= 0,75 * 0,5 * 8250 * 2,01 * 2 \\ &= 12434,40 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 * 2,4 * d_b * t_p * f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 1,6 * 1,1 * 3700 \\ &= 11721,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat 1 baut diambil = 11721,60 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{1176,30}{11721,60} = 0,122 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 16 mm

b) Sambungan Pada Badan Balok IndukPenentuan jumlah baut

Kekuatan 1 baut pada sayap :

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 * r_1 * f_u * A_{\text{baut}} * m \\ &= 0,75 * 0,5 * 8250 * 2,01 * 1 \\ &= 6217,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 * 2,4 * d_b * t_p * f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 1,6 * 0,8 * 3700 \\ &= 8524,80 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat 1 baut diambil = 6217,20 kg

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{1176,30}{6217,20} = 0,189 \approx 3 \text{ buah baut}$$

Jumlah baut yang diperlukan .

Dipasang 3 buah baut Diameter 16 mm.

c) Kontrol Kekuatan Siku PenyambungKontrol terhadap leleh

$$\begin{aligned}A_g * 0,9 * f_y &\geq V_u \\ A_g * 0,9 * f_y &= (18 * 0,9) * 0,9 * 2400 \\ &= 34992 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_g * 0,9 * f_y &\geq V_u \\ 34992 \text{ kg} &\geq 1176,30 \text{ kg} \dots (\text{OK})\end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus

$$= A_n * 0,75 * f_u \geq V_u$$

$$= (A_g - \sum d' * t_w) * 0,75 * f_u$$

$$= [(18 * 0,9) - ((1,6 + 0,15) * 0,8)] * 0,75 * 3700$$

$$= 41070 \text{ kg}$$

$$A_n * 0,75 * f_u \geq V_u$$

$$41070 \text{ kg} \geq 1176,30 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak ke tepi = $1,5 d_b$ s/d $(4t_p + 100)$ atau 200 mm

$$1,5 d_b = 1,5 * 16 = 24,40 \text{ mm}$$

$$(4t_p + 100) = (4 * 11 + 100) = 144 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $3 d_b$ s/d $15 t_p$ atau 200 mm

$$3 d_b = 3 * 16 = 48 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 * 11 = 165 \text{ mm}$$

7.2 Sambungan Balok Induk Ke Kolom (Tanpa Bracing)

Balok induk : 500 x 300 x 11 x 15

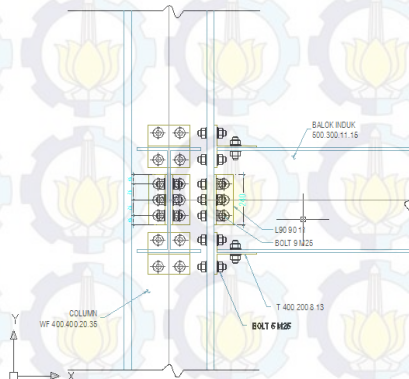
Kolom : 400 x 400 x 20 x 35

BJ-37 :

f_y : 2400 kg/cm^2

f_u : 3700 kg/cm^2

R_y : 1,5



Gambar 7.2 Sambungan Balok Induk dan Kolom

Sambungan antara balok dengan kolom direncanakan dengan menggunakan baut berulir. Berdasarkan SNI 1729-2002 psl 15.9.2.2, gaya geser terfaktor (V_u) harus menggunakan kombinasi beban $1,2 D + 0,5 L$ ditambah dengan gaya geser yang di hasilkan dari bekerjanya momen lentur sebesar $1,1 \times R_y \times M_p$ pada arah berlawanan pada masing-masing ujung balok.

$$M_u = 1,1 \times 1,5 \times 2400 \times 2863,34 = 10546826,4 \text{ kg.cm}$$



Gambar 7.3 Gaya Yang Bekerja Pada Balok

$$V_B = \frac{M_A + M_B}{L} = \frac{10546826,4 + 10546826,4}{720}$$

$$= 29296,74 \text{ kg}$$

$$V_u = 13994,62 \text{ kg (diperoleh dari SAP kombinasi } 1,2D + 0,5L) \text{ (Frame 189)}$$

$$V_u = 29296,74 + 13994,62 = 43291,46 \text{ kg}$$

i. Sambungan Siku 90 90 11

Direncanakan :

Mutu baut A325

f_u : 8250 kg/cm²

Diameter baut : 25 mm ($A_b = 4,9 \text{ cm}^2$)

a. Sambungan pada badan balok

Kekuatan 1 baut pada sayap :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 \times r_1 \times f_u \times A_{\text{baut}} \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 4,9 \times 2 \\ &= 30318,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,5 \times 1,1 \times 3700 \end{aligned}$$

$$= 18315 \text{ kg}$$

Kuat 1 baut diambil = 18315 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{43291,46}{18315} = 2,36 \approx 3 \text{ buah baut}$$

b. Sambungan Pada Sayap Kolom:

Penentuan jumlah baut

Kekuatan 1 baut pada sayap :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 * r_1 * f_u * A_{baut} * m \\ &= 0,75 * 0,5 * 8250 * 4,9 * 1 \\ &= 15159,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 * 2,4 * d_b * t_p * f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 2,5 * 1,1 * 3700 \\ &= 18315 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat 1 baut diambil = 15159,38 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{43291,46}{15159,38} = 2,85 \approx 3 \text{ buah baut}$$

c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung

Kontrol terhadap leleh

$$A * 0,9 * f_y \geq V_u$$

$$\begin{aligned} A_g * 0,9 * f_y &= (24 * 1,1) * 0,9 * 2400 \\ &= 57024 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$A_g * 0,9 * f_y \geq V_u$$

$$57024 \text{ kg} \geq 43291,46 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Kontrol terhadap putus

$$A_n * 0,75 * f_u \geq V_u$$

$$(A_g - \sum d' * t_w) * 0,75 * f_u$$

$$\begin{aligned} &\{ [24 * 1,1 - (3 * (2,5 + 0,2))] * 1,1 \} * 0,75 * 3700 \\ &= 48534,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$A_n * 0,75 * f_u \geq V_u$$

$$48534,75 \text{ kg} \geq 43291,46 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

d. Kontrol Jarak Baut

Jarak ke tepi = $1,5 d_b$ s/d $(4t_p+100)$ atau 200 mm

$$1,5 d_b = 1,5 * 25 = 37,5 \text{ mm}$$

$$(4t_p+100) = (4*1,1 + 100) = 104,4 \text{ mm}$$

jarak antar baut = $3 d_b$ s/d $15 t_p$ atau 200 mm

$$3 d_b = 3 * 25 = 75 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 * 11 = 165 \text{ mm}$$

ii. Sambungan Sayap Profil T 400x200x8x13

Direncanakan :

Mutu baut A325

f_u : 8250 kg/cm²

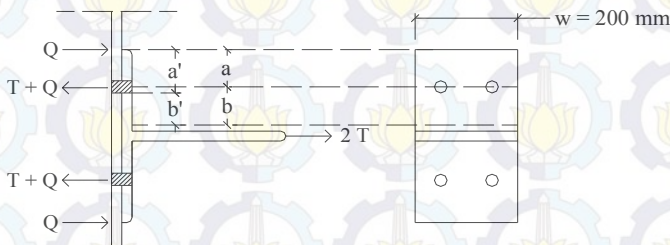
Diameter baut : 25 mm ($A_b = 4,9 \text{ cm}^2$)

Jika semua momen lentur ditahan oleh penampang T, maka kesetimbangan gaya dari internal kopel adalah

$$2T = \frac{M_u}{d_b}$$

gaya tarik (T) terfaktor maksimum yang dapat ditahan adalah :

$$T = \frac{M_u}{2 * d_b} = \frac{10546826,4 \text{ kg.cm}}{2 * 48,2} = 109406,91 \text{ kg}$$



Gambar 7.4 Gaya Yang Bekerja Pada Profil T

a) Kuat Tarik Baut Rencana

$$\begin{aligned} T_d &= \phi_f * f_t * A_b \\ &= 0,75 * f_u^b * 0,75 * A_b * n \\ &= 0,75 \times 8250 \times 0,75 \times 4,9 * 4 \\ &= 90956,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_u = 109406,91 \text{ kg} \quad \dots T_d < T \text{ (not OK)}$$

$$\text{Kuat tarik 1 baut (B)} = \frac{90956,25}{4} = 22739,06 \text{ kg}$$

Untuk mengatasinya, dapat dipakai potongan profil WF 500x300x11x15 yang diubungkan ke bawah balok utama agar lengan kopel besar.

$$\text{Lengan kopel} = \frac{10546826,4}{2 * 90956,25} = 57,98 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$\text{Sehingga tinggi tambahan} = 60 - 48,2 = 2,02 \text{ cm}$$

$$\text{Gaya kopel} = \frac{10546826,4}{2 \times 60} = 87890,22 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan baut dalam tarik pada sayap kolom dengan profil, beban terfaktor 1 baut adalah :

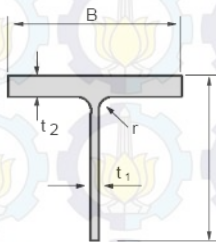
$$T = \frac{87890,22}{4} = 21972,56 \text{ kg}$$

$$\text{Sehingga} : T < B$$

$$: 21972,56 \text{ kg} < 22739,06 \text{ kg}$$

b) Kontrol Tebal Flens

Direncanakan T 400.200.8.13



Gambar 7.5 Penampang Profil T

$$\begin{aligned} B &= 200 \text{ mm} & t_w &= 8 \text{ mm} \\ H &= 200 \text{ mm} & t_f &= 13 \text{ mm} \\ a &= 30 \text{ mm (direncanakan)} \end{aligned}$$

$$b = \frac{(b_f - t_w)}{2} - a = \frac{(200 - 9)}{2} - 30 = 65,5 \text{ mm}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik $a \leq 1,25 b$)

$$a' = a + \frac{1}{2} * \varnothing_{\text{baut}} = 92,5 \text{ mm}$$

$$b' = b - \frac{1}{2} * \varnothing_{\text{baut}} = 52,5 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1 \right) * \frac{a'}{b'} = \left(\frac{22739,06}{21972,56} - 1 \right) * \frac{92,5}{52,5} = 0,061$$

Karena $\beta < 1$, maka nilai α adalah :

$$\delta = \left(\frac{w - \sum d'}{w} \right) = \left(\frac{200 - (4 * (25 + 2))}{200} \right) = 0,46$$

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) = \frac{1}{0,46} * \frac{0,061}{1 - 0,061} = 0,14 < 1,00$$

Sehingga $\alpha = 0,098$

$$\begin{aligned} Q &= T \left(\frac{\alpha * \delta}{1 + (\alpha * \delta)} \right) * \left(\frac{b'}{a'} \right) \\ &= 21972,56 \text{ kg} \left(\frac{0,14 * 0,46}{1 + (0,14 * 0,46)} \right) * \left(\frac{52,5}{92,5} \right) \\ &= 754,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya yang terjadi pada 1 baut adalah :

$$B > T + Q$$

$$22739,06 > (21972,56 \text{ kg} + 754,53 \text{ kg})$$

$$22739,06 \text{ kg} > 22727,09 \text{ kg} \quad \dots (\text{OK})$$

Maka tebal profil yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} t_f &= \sqrt{\frac{4 * T * b'}{\varphi * w * f_u * (1 + (\alpha * \delta))}} \\ &= \sqrt{\frac{4 * 21972,56 * 52,5}{0,9 * 200 * 370 * (1 + (0,14 * 0,46))}} \\ &= 6,51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$t_{f \text{ profil}} = 14 \text{ mm} > 6,51 \text{ mm},$$

sehingga profil T 400.200.8.13 dapat dipakai.

c) Kontrol Kekuatan Badan Profil

Penentuan jumlah baut

Kekuatan 1 baut pada sayap :

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 * r_l * f_u * A_{\text{baut}} * m \\ &= 0,75 * 0,5 * 8250 * 4,9 * 1 \\ &= 15159,38 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 * 2,4 * d_b * t_p * f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 2,5 * 0,8 * 3700 \\ &= 13320 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat 1 baut diambil = 13320 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{43291,46}{13320} = 3,25 \approx 4 \text{ buah baut}$$

d) Kontrol Kekuatan Siku Penyambung

Badan T sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned}A_g &= w * t_w \\ &= 20 * 0,8 = 16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - (\Sigma d' * t_w) \\ &= 16 - (2 * (2,5 + 0,2) * 0,8) = 15,68 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh

$$\begin{aligned}A_g * 0,9 * f_y &\geq 2 * T \\ A_g * 0,9 * f_y &= 16 * 0,9 * 2400 \\ &= 58125,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2 * T &= 2 * 21972,56 \text{ kg} \\ &= 43945,12 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_g * 0,9 * f_y &\geq 2 * T \\ 58125,6 \text{ kg} &\geq 43945,12 \text{ kg} \quad \dots (\text{OK})\end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus

$$\begin{aligned}A_n * 0,75 * f_u &\geq 2 * T \\ A_n * 0,75 * f_u &= 17,73 * 0,75 * 3700 \\ &= 49200,75 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$2 * T = 2 * 21972,56 \text{ kg} \\ = 43945,12$$

$$A_n * 0,75 * f_u \geq 2 * T$$

$$49200,75 \text{ kg} \geq 43945,12 \text{ kg} \quad \dots (\text{OK})$$

d) Kontrol Jarak Baut

Jarak ke tepi = $1,5 d_b$ s/d $(4t_p + 100)$ atau 200 mm

$$1,5 d_b = 1,5 * 25 = 37,5 \text{ mm}$$

$$(4t_p + 100) = (4 * 9 + 100) = 136 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $3 d_b$ s/d $15 t_p$ atau 200 mm

$$3 d_b = 3 * 25 = 75 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 * 9 = 135 \text{ mm}$$

e) Perhitungan Sambungan Las

Tebal plat maksimum = 14 mm, $a_{\min} = 9 \text{ mm}$

Mutu las $E_{E70xx} \text{ (KSI)} = 70 \times 70,3 = 4921 \text{ kg/cm}^2$

$$a_{eff \max} = \frac{1,41 * f_u * t_p}{f_{E70}} = \frac{1,41 * 3700 * 0,9}{4921} = 0,95 \text{ cm}$$

Dipakai (misal) $a = 1 \text{ cm}$, maka $t_c = 0,707 \times 1 = 0,707 \text{ cm}$

Panjang (L), penampang T yang dibutuhkan :

$$\frac{T_u}{A} \leq \phi * f_n$$

$$L_{\text{perlu}} \geq \frac{2 * T}{\phi * f_n * t_c} = \frac{2 * 21972,56}{0,707 * 0,75 * 4921 * 0,9} \\ = 18,71 \text{ cm} \approx 19 \text{ cm}$$

7.3. Sambungan Kolom – Kolom

Berdasarkan SNI 1729-2002 ps1 15.5.2, kuat perlu sambungan dan komponen struktur yang terkait ditentukan berdasarkan tegangan leleh yang dapat terjadi yaitu $f_{ye} = R_y \times f_y$, dimana R_y adalah 1,5 bila digunakan BJ 37 atau yang lebih lunak. Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_u &= Z_x * f_y \\
 &= 6239,105 * 2400 = 14973852 \text{ kg.cm} \\
 f_{ye} &= R_y * f_y \\
 &= 1,5 * 2400 = 3600 \text{ kg.cm} \\
 A_{\text{sayap}} &= b_f * t_f \\
 &= 407 * 35 = 14245 \text{ mm}^2 = 142,45 \text{ cm}^2 \\
 P_u &= A_{\text{sayap}} * f_{ye} \\
 &= 142,45 * 3600 = 512820 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pembagian Beban Momen

$$\begin{aligned}
 I_{\text{badan}} &= \frac{2 * 35,8^3}{12} = 7647,12 \text{ cm}^4 \\
 M_{\text{badan}} &= \frac{I_{\text{badan}} * M_u}{I_{\text{profil}}} = \frac{7647,12 * 14973852}{119000} \\
 &= 962242,379 \text{ kg.cm} \\
 M_{\text{sayap}} &= M_u - M_{\text{badan}} \\
 &= 14973852 \text{ kg.cm} - 962242,379 \text{ kg.cm} \\
 &= 14011609,62 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Sambungan Pada Sayap

Direncanakan :

Mutu baut A-325

$$f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_b = 25 \text{ mm} (A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = 4,91 \text{ cm}^2).$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (Baut tidak pada bidang geser)}$$

$$\text{tebal pelat buhul} = t_f = 15 \text{ mm}$$

$$T_u = \frac{M_{\text{sayap}}}{d} = \frac{14011609,62}{428} = 32737,41 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u + T_u \\
 &= 512820 \text{ kg} + 32737,41 \text{ kg} \\
 &= 545557,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan 1 baut pada sayap :

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 * r_1 * f_u * A_{\text{baut}} * m \\ &= 0,75 * 0,5 * 8250 * 4,91 * 2 \\ &= 23281,38 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 * 2,4 * d_b * t_p * f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 2,5 * 1,5 * 3700 \\ &= 24975 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat 1 baut diambil = 23281,38 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{54557,4}{23281,38} = 23,43 \approx 24 \text{ buah baut}$$

Sambungan Pada Badan

Direncanakan menggunakan pelat buhul tebal = 1 cm.

Beban yang bekerja :

$$V_u = 2191,37 \text{ kg (output sap 1,2d+0,5l frame 1154)}$$

$$M_{\text{badan}} = 962242,379 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 * r_1 * f_u * A_{\text{baut}} * m \\ &= 0,75 * 0,5 * 8250 * 4,91 * 2 \\ &= 23281,38 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\phi R_n) &= 0,75 * 2,4 * d_b * t_p * f_u \\ &= 0,75 * 2,4 * 2,4 * 1 * 3700 \\ &= 16650 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat 1 baut diambil = 16650 kg

Dengan cara elastis, momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan adalah :

$$\begin{aligned}M_{u \text{ total}} &= M_{\text{badan}} + V_u * e \\ &= 962242,379 + (2199.63 * 7,45) \\ &= 978568,09 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut : } n = \sqrt{\frac{6 * M_u}{\mu * R_u}}$$

Disamping beban momen, sambungan memikul beban P_u sehingga R_u direduksi 0,70. Susunan baut lebih dari 1 deret sehingga R_u dinaikkan 1,2

$$R_u = 0,7 * 1,2 * 16650$$

$$= 13986 \text{ kg}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 * 978568,09}{6 * 13986}} = 8,36 \approx 12 \text{ buah baut}$$

Kontrol Sambungan

$$\text{Akibat } V_u = K_{uv1} = \frac{V_u}{n} = \frac{2191,37}{12} = 182,61 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } M_{tot} \rightarrow \Sigma(x^2 + y^2)$$

$$x = 12 * (20^2) = 4800 \text{ cm}^2$$

$$y = 6 * (10^2 + 5^2) = 750 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 5550 \text{ cm}^2$$

$$K_{uv2} = \frac{M_{tot} * x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{978629,62 * 20}{5550} = 3526,59 \text{ kg}$$

$$K_{uh2} = \frac{M_{tot} * y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{978629,62 * 10}{5550} = 1763,29 \text{ kg}$$

$$K_{u\text{ tot}} = \sqrt{(\Sigma K_{uv1})^2 + (\Sigma K_{uv2})^2 + (\Sigma K_{uh2})^2}$$

$$= \sqrt{(182,61)^2 + (3526,59)^2 + (1763,29)^2}$$

$$= 3946,83 \text{ kg} < \phi V_n = 23281,38 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak ke tepi = $1,5 d_b$ s/d $(4t_p + 100)$ atau 200 mm

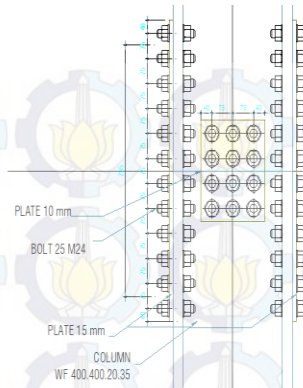
$$1,5 d_b = 1,5 * 22 = 33 \text{ mm}$$

$$(4t_p + 100) = (4 * 10 + 100) = 140 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $3 d_b$ s/d $15 t_p$ atau 200 mm

$$3 d_b = 3 * 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 * 10 = 150 \text{ mm}$$



Gambar 7.6 Rencana Sambungan Kolom dengan Kolom Profil WF 400.400.20.35

7.4. Sambungan Kolom dengan Base Plate

Profil kolom WF 400.400.20.35

Dari hasil analisis, gaya yang bekerja pada dasar kolom element joint863 (COMB1,2 D + 1L + 0,3EX + 1EY) :

$P_u = 244624,48 \text{ kg}$

$M_{ux} = 5582978 \text{ kg.cm}$

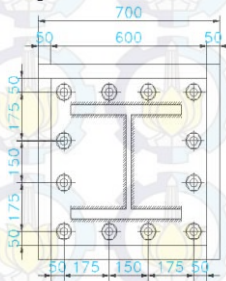
$M_{uy} = 1329550 \text{ kg.cm}$

Direncanakan : $f_c' = 30 \text{ MPa} = 300 \text{ kg/cm}^2$

Mutu angker direncanakan

$f_u = 400 \text{ Mpa}$

Sambungan Las pada Base Plate :



Gambar 7.7 Sambungan Las Pada Base Plate

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada daerah yang terarsir pada profil WF 400.400.20.35 sehingga didapatkan:

$$A_{las} = \{2*(40,7-2)\} + \{2*(42,8-3,5-3,5)\} + \{2*40,7\} \\ = 230,4 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left[2 * \left(\frac{1}{12} * 40,7 * 1^3 \right) + (40,7 * 1 * 21,9^2) \right] + \left[2 * \left(\frac{1}{12} * 38,7 * 1^3 \right) + (38,7 * 1 * 17,4^2) \right] + \left[2 * \left(\frac{1}{12} * 1 * 35,8^3 \right) + (35,8 * 1 * 0^2) \right] \\ = 29215,326 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \left[2 * \left(\frac{1}{12} * 40,7^3 * 1 \right) + (40,7 * 1 * 0^2) \right] + \left[2 * \left(\frac{1}{12} * 38,7^3 * 1 \right) + (38,7 * 1 * 10,675^2) \right] + \left[2 * \left(\frac{1}{12} * 35,8 * 1^3 \right) + (35,8 * 1 * 1,5^2) \right]$$

$$= 15943,1065 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{y} = \frac{29215,326}{21,4} = 1365,202 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{x} = \frac{15943,1065}{20,35} = 783,445 \text{ cm}^3$$

$$f_u \text{ las} = \emptyset * 0,6 * F_{E70xx} * 1$$

$$= 0,75 * 0,6 * 70 * 70,3 * 1 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

$$= \frac{244624,48}{230,4} + \frac{5582978}{1365,202} + \frac{1329550}{783,445}$$

$$= 6848,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u \text{ las}}} * 1 \text{ cm}$$

$$= \frac{6848,28}{2214,45} * 1 \text{ cm}$$

$$= 3,09 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{3,09}{0,707} = 4,37 \text{ cm}$$

Syarat-syarat tebal kaki las:

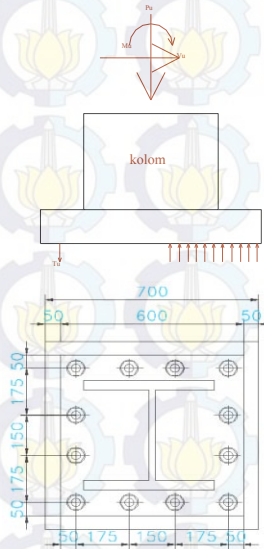
Tebal minimum plat = 30 mm

$$a_{\text{eff}} = \frac{1,41 * f_u * t_{\text{plat}}}{F_{E70xx}} = \frac{1,41 * 4000 * 3}{70 * 70,3} = 3,44 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai las dengan $a = 3,5 \text{ cm}$.

Perhitungan Base Plate

Arah Y :



Gambar 7.8 Desain Base Plate Arah Y

Direncanakan diameter angker

Menggunakan angker diameter = 30 mm

$h' > w_e + c_1$

w_e = jarak baut ke tepi = $1\frac{3}{4} * 3 = 5,25 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$

c_1 = jarak minimum untuk kunci = $27/16 \text{ inch} \times 2,54$
 $= 4,29 \text{ cm} \approx 4,5 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} h' &\geq 6 + 4,5 \\ &\geq 10,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &\geq d + 2h' \\ &\geq 42,8 + (2 \times 10,5) \geq 63,8 \text{ cm} \rightarrow H = 65 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h = H - w_e = 65 - 6 = 59 \text{ cm}$$

B = dianggap sama dengan H karena kolom menggunakan profil WF = 65 cm

Dimensi Beton :

$$\text{Panjang} : 65 + (2 * 2,5) = 70 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} : 65 + (2 * 2,5) = 70 \text{ cm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{70*70}{65*65}} = 1,077$$

$$\begin{aligned} f_{cu}' &= 0,85 * f'_c * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,85 * 300 * 1,077 \\ &= 274,64 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u * (2h - H) + 2 M_u}{\phi_c * f_{cu}' * B}} \\ &= 59 - \sqrt{59^2 - \frac{244624,48 * (2*59 - 65) + 2*5582978}{0,6 * 274,64 * 65}} \\ &= 23,96 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_u &= (\phi_c * f_{cu}' * B * a) - P_u \\ &= (0,6 * 274,64 * 65 * 23,96) - 244624,48 \\ &= 12010,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Baut Angkur

Direncanakan diameter baut : 30 mm

$$f_u = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 * f_{ub} * (0,5 A_b) \\ &= 0,75 * 4000 * (0,5 * \frac{1}{4} * \pi * 3^2) \\ &= 10597,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 10597,5 &\geq \frac{12010,12}{n} \\ n &\geq 1,13 \approx 4 \text{ buah baut} \end{aligned}$$

Maka baseplate dengan ukuran 65 cm x 65 cm dapat digunakan sebagai alas kolom WF400 400 20 35

Perhitungan Tebal Plat Baja

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{T_u(h' - we)}{f_y B}}$$

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{12010,12 * (10,5 - 6)}{2400 * 65}}$$

$$t \geq 1,24 \text{ cm}$$

$$t \geq 1,24 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

Jadi dipakai $t = 3 \text{ cm}$

Untuk arah y direncanakan menggunakan 4 buah baut $\varnothing = 3 \text{ cm}$ dengan $f_u = 4000 \text{ kg/cm}^2$

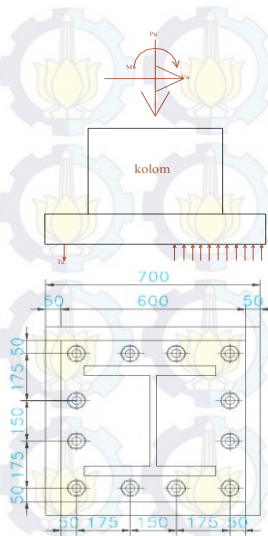
Perhitungan Panjang Baut Angker

Panjang penjangkaran angker dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002, Pasal 14.3.2 yang berada pada kondisi tekan. Panjang penyaluran dasar harus diambil sebesar :

$$\lambda_{db} = \frac{db \times f_y}{4 \sqrt{f_c'}} = \frac{30 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} = 547,72 \text{ mm}$$

Dan tidak boleh kubrang dari : $0,04 \times d_b \times f_y$
 $= 0,04 \times 30 \times 400 = 480 \text{ mm}$

Jadi panjang angker yang digunakan adalah 550 mm.

Arah x :*Gambar 7.9 Desain Base Plate Arah X*

Dimensi Beton :

Panjang: $65 + (2 * 2,5) = 70$ cm

Lebar : $65 + (2 * 2,5) = 70$ cm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{70 * 70}{65 * 65}} = 1,077$$

$$\begin{aligned} f_{cu}' &= 0,85 * f'_c * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,85 * 300 * 1,077 \\ &= 274,64 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

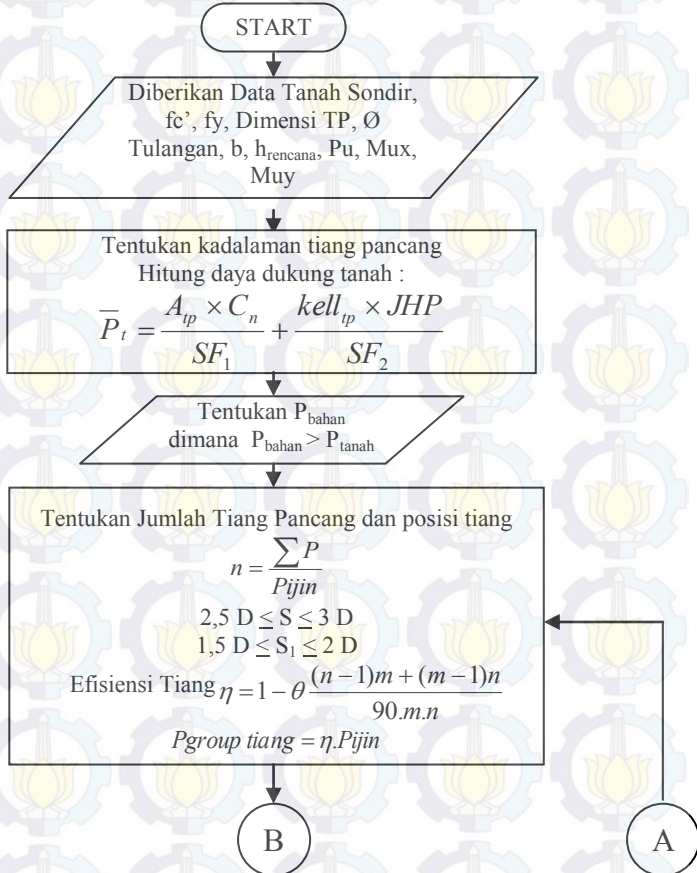
$$\begin{aligned}
 a &= h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u \cdot (2h - H) + 2M_u}{\phi_c \cdot f_{cu}' \cdot B}} \\
 &= 59 - \sqrt{59^2 - \frac{244624,48 \cdot (2 \cdot 59 - 65) + 2 \cdot 1329550}{0,6 \cdot 274,64 \cdot 65}} \\
 &= 14,03 \text{ cm} \\
 T_u &= (\phi_c \cdot f_{cu}' \cdot B \cdot a) - P_u \\
 &= (0,6 \cdot 274,64 \cdot 65 \cdot 14,03) - 244624,48 \\
 &= -94349,711 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

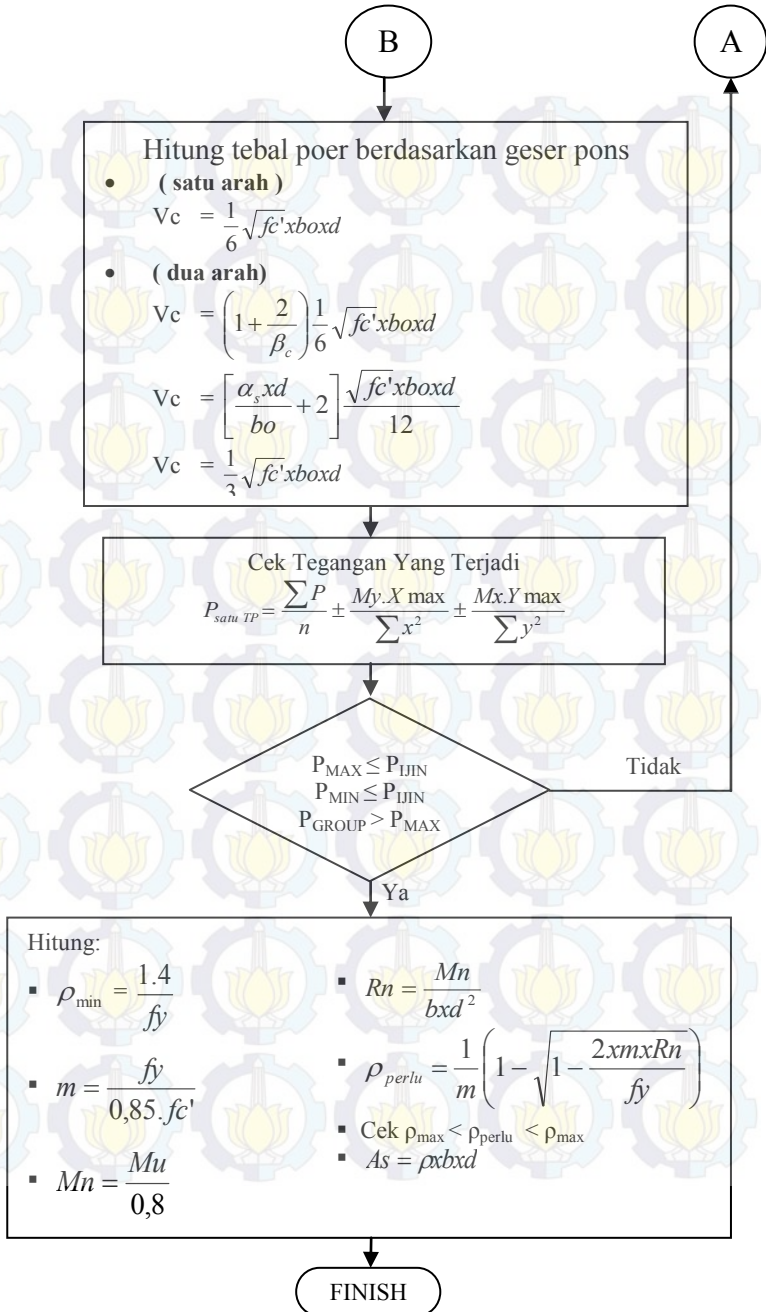
Tidak dibutuhkan angker karena tidak terjadi gaya tarik namun tetap dipasang angker minimal sebanyak 2 buah tiap sisinya.



BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI

8.1 UMUM





Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya.

8.2 PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG

Adapun data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

1. Kedalaman tiang pancang = 17 m
2. Diameter tiang pancang = 40 cm
3. Keliling tiang pancang (Kel_{tp}) = $\pi \times d$
= $\pi \times 40 \text{ cm}$
= 125,6 cm
4. Luas tiang pancang (A_{tp}) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
= $\frac{1}{4} \times \pi \times 40^2$
= 1256 cm²
5. Tebal selimut beton = 75 mm
SNI 03-2847-2002 ps 9.7.1.a
6. Mutu beton (f'_c) :
 - Tiang pancang (Wika Tipe B K-600) = 50 Mpa
 - Poer = 40 Mpa
7. Mutu baja (f_y) :
Poer = 400 Mpa

8.2.1 Perhitungan daya dukung ijin (P_{ijin})

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan nilai conus dari hasil sondir dengan menggunakan *Metode Meyerhoff* dan faktor keamanan, $SF_1 = 3$ dan $SF_2 = 5$. Dari data sondir dengan kedalaman 17 m Maka, conus rata - rata adalah diambil sebesar 4D ke atas 4D ke bawah.

Tabel 8.1 Rata-rata Conus Kg/cm²

No.	Kedalaman (m)	Nilai Conus (kg/cm ²)	JHP (kg/cm)
1	15.4	65	1,594
2	15.6	60	1,634
3	15.8	60	1,674
4	16	65	1,714
5	16.2	60	1,774
6	16.4	70	1,834
7	16.6	75	1,894
8	16.8	65	1,954
9	17	60	2,044
10	17.2	65	2,114
11	17.4	75	2,184
12	17.6	70	2,284
13	17.8	80	2,344
14	18	90	2,384
15	18.2	90	2,404
16	18.4	80	2,444
17	18.6	80	2,494
	Rata-rata conus =	71,18 kg/cm²	

8.2.2 Kekuatan tanah dan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}\bar{P}_t &= \frac{A_p \times C_n}{SF_1} + \frac{kell_p \times JHP}{SF_2} \\ &= \frac{1256 \times 71,18}{3} + \frac{125,6 \times 2494}{5} \\ &= 92,44997 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sedangkan kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik **PT. Wijaya Karya Beton** untuk diameter 40 cm (tipe B K-600), diperoleh :

$$\begin{aligned}\bar{P}_b &= 114 \text{ 500 kg} \\ P_{\text{bahan}} &> P_{\text{ijin tanah}} \dots \text{OK}\end{aligned}$$

8.2.3 Kelompok tiang pancang

Kebutuhan tiang pancang :

Diketahui output SAP :

Akibat beban tetap (1 DL + 1,0 LL)

$$\begin{aligned}P &= 198739.31 \text{ kg} \\ &= 198,73931 \text{ ton}\end{aligned}$$

Akibat beban sementara (1DL+1LL+0.3EX+1EY)

$$\begin{aligned}P &= 240430.61 \text{ kg} \\ &= 240,43061 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$n = \frac{\sum P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{240,43}{92,45} = 2,96 \text{ buah}$$

Direncanakan dipasang tiang pancang sejumlah 4 buah

Syarat jarak antar tiang pancang (s) berdasarkan **Dirjen Bina Marga Departemen PU** :

$$\begin{aligned}2,5 D &\leq s \leq 3 D \\ 2,5 \times 40 &\leq s \leq 3 \times 40 \\ 100 \text{ cm} &\leq s \leq 120 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai $s = 100$ cm untuk arah x dan $s = 100$ cm untuk Arah y

Syarat jarak tepi poer ke tiang (s')

$$1,5 D \leq s' \leq 2 D$$

$$1,5 \times 40 \leq s' \leq 2 \times 40$$

$$60 \leq s' \leq 80$$

$$\text{Dipakai } s' = 60 \text{ cm}$$

8.2.4 Kelompok tiang pancang Perhitungan daya dukung pile berdasarkan efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

Dimana :

m = banyaknya kolom = 2

n = banyaknya baris = 2

D = Diameter tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

$$= \text{arc tg } 40/100 = 21,801$$

$$(\eta) = 1 - 21,801 \times \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} = 0,76$$

$P_{\text{ijin tanah}}$

$$= \eta \times P_{\text{ijin tanah}}$$

$$= 0,72 \times 81145,97 \text{ kg}$$

$$= 58425,1 \text{ kg} < P_{\text{ijin bahan}}$$

$$= 58425,1 \text{ kg} < 114500 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

$P_{\text{ijin tanah total}}$

$$= \text{jumlah tiang} \times P_{\text{ijin tanah}}$$

$$= 4 \times 81145,97 \text{ kg}$$

$$= 324583,88 \text{ kg}$$

8.2.5 Perencanaan Tebal Pile (Poer)

Reaksi perlawanan tanah $q_t = \frac{\sum P_{total}}{luasan\ poer}$

$$q_t = \frac{2404306,1}{2200 \times 2200}$$

$$q_t = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar diantara keduanya).

a. Geser satu arah pada poer

- Luasan tributari $A_t(\text{mm}^2)$

$$A_t = \frac{2200 - 700 - 2d}{2} \times 2200$$

$$= 1650000 - 2200d$$

- Beban Gaya Geser V_u (N)

$$V_u = q_t \times A_t$$

$$= 0,49 \times (1650000 - 2200d)$$

$$= 808500 - 1078d$$

- Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton V_c (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

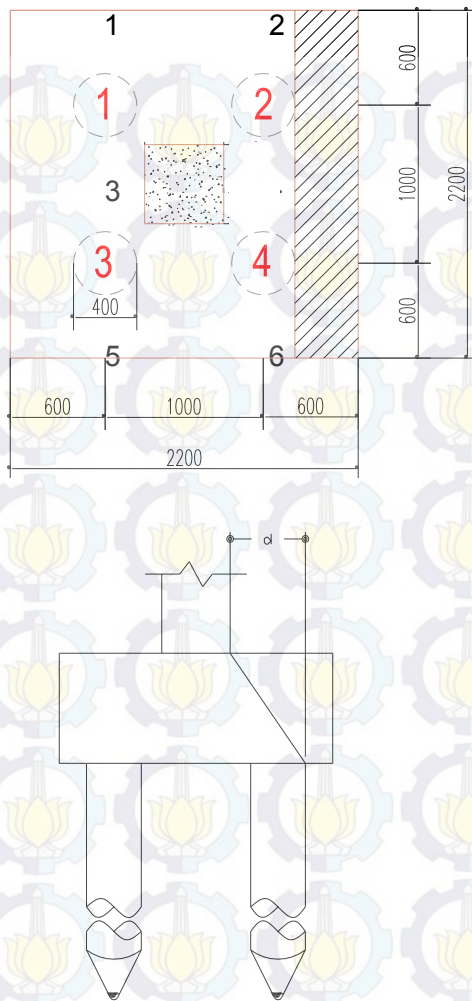
SNI 03-2847-2002 Ps 13.8.6

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 2200 \times d \geq 808500 - 1078d$$

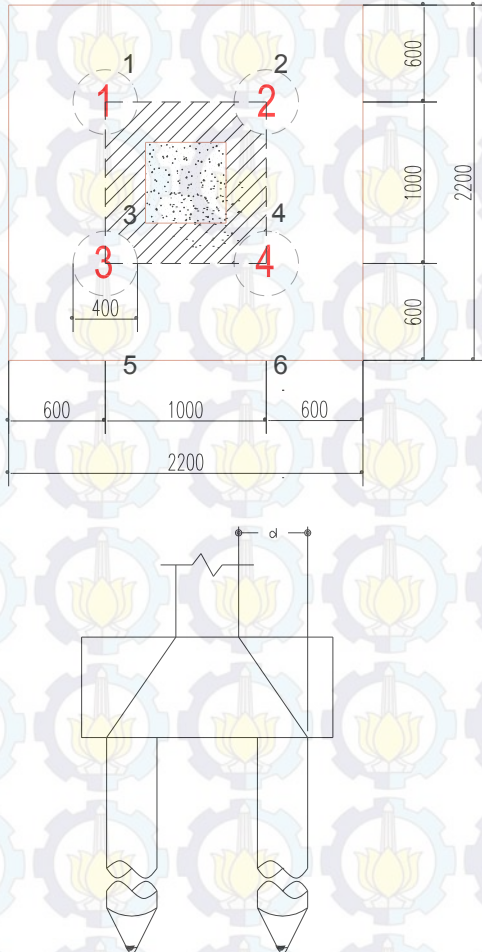
$$2008,32d \geq 808500 - 1078d$$

$$d \geq 261,96$$



Gambar 8.1 Geser satu arah pada poer

b. Geser dua arah pada poer



Gambar 8.2 Geser dua arah pada poer

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, psl 13.12(2) poin (a), (b), dan (c), untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$\diamond V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$\beta_c = 700/700 = 1$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$\diamond V_c = \left[\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$ untuk kolom dalam

$$\diamond V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

• **Luasan tributari $A_t(\text{mm}^2)$**

$$A_t = (L_{\text{poer}} \times B_{\text{poer}}) - ((L_{\text{kolom}} + \text{tebal}_{\text{poer}}) \times (B_{\text{kolom}} + \text{tebal}_{\text{poer}}))$$

$$A_t = (2200 \times 2200) - (700+d) \times (700+d)$$

$$A_t = -d^2 - 1400d + 4840000$$

$$V_u = q_t \times A_t$$

$$= 0,49 \times (-d^2 - 1400d + 4840000)$$

$$= -0,49d^2 - 686d + 2371600$$

• **SNI 03-2847-2002, psl 13.12(2) poin (a),**

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

$$= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times (2 \cdot (700 + 700) + 4d) \cdot d$$

$$= 2,73 d \times (2800 + 4d^2)$$

$$= 7644 d + 10,92 d^2$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$7644 d + 10,92 d^2 \geq -0,49 d^2 - 686 d + 2371600$$

$$11,41 d^2 + 8330 d - 2371600 \geq 0$$

$$d^2 + 730,06 d - 207852,76 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq -b \pm \frac{\sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq -730,06 \pm \frac{\sqrt{730,06^2 - 4.1.(-207852,76)}}{2.1}$$

$$d_{1,2} \geq -730,06 \pm 825,95$$

Akar yang memenuhi syarat adalah : $d \geq 95,89 \text{ mm}$

- **SNI 03-2847-2002, ps1 13.12(2) poin (b),**

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times bo \times d}{12}$$

$$= \left[\frac{40 \times d}{2200 \times 4d} + 2 \right] \frac{\sqrt{30} \times (2200 + 4d) \times d}{12}$$

$$= 2024 d + 22,08 d^2$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$2024 d + 22,08 d^2 \geq -0,49 d^2 - 686 d + 2371600$$

$$22,57 d^2 + 2710 d - 2371600 \geq 0$$

$$d^2 + 120,07 d - 105077,54 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq -b \pm \frac{\sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq -120,07 \pm \frac{\sqrt{120,07^2 - 4.1.(-105077,54)}}{2.1}$$

$$d_{1,2} \geq -120,07 \pm 466,22$$

Akar yang memenuhi syarat adalah : $d \geq 346,15 \text{ mm}$

- **SNI 03-2847-2002, psl 13.12(2) poin (c),**

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{30} \times (2200 + 4d) \times d \\ &= 4026 d + 7,32 d^2 \end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$4026 d + 7,32 d^2 \geq -0,49 d^2 - 686 d + 2371600$$

$$7,81 d^2 + 4712 d - 2371600 \geq 0$$

$$d^2 + 603,32 d - 303661,97 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq -b \pm \frac{\sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq -603,32 \pm \frac{\sqrt{603,32^2 - 4.1.(-303661,97)}}{2.1}$$

$$d_{1,2} \geq -603,32 \pm 888,44$$

Akar yang memenuhi syarat adalah : $d \geq 285,12 \text{ mm}$

Dari keempat persamaan tersebut, diambil harga d yang terbesar untuk perencanaan ketebalan poer. Sehingga tebal poer yang digunakan :

$$h = \frac{d}{0,9} = \frac{346,15}{0,9} = 384,61 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$$

Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 pasal 17.7**, untuk ketebalan pondasi telapak di atas tiang pancang tidak boleh kurang dari 300mm, sehingga dalam perencanaan poer dipasang dengan ketebalan 700mm

8.2.6 Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Dari output SAP 2000 di ambil joint 864 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

- Akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL)

$$P = 198739,31 \text{ kg}$$

$$M_x = 770,07 \text{ kgm}$$

$$M_y = -317,77 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (1 DL + 1,0 LL + 1EX + 0.3EY)

$$P = 211600,24 \text{ kg}$$

$$M_x = 15289,16 \text{ kgm}$$

$$M_y = -36689,16 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (1 DL + 1,0 LL + 0.3EX + 1EY)

$$P = 240430,61 \text{ kg}$$

$$M_x = 51713,97 \text{ kgm}$$

$$M_y = -10614,86 \text{ kgm}$$

8.2.6.1 P akibat pengaruh beban sementara

Akibat beban sementara (1DL+1,0LL+1EX+0.3EY)

$$P = 211600,24 \text{ kg}$$

$$M_x = 15289,16 \text{ kgm}$$

$$M_y = -36689,16 \text{ kgm}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer

$$[2,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3]$$

$$= 8131,2 \text{ kg}$$

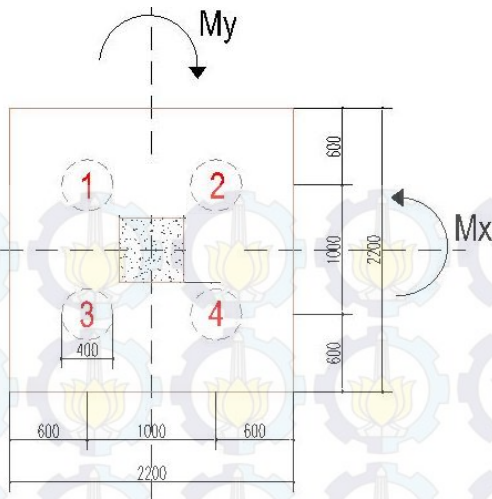
2. Beban aksial kolom

(out put Sap)

$$= 211600,24 \text{ kg}$$

$$\Sigma P$$

$$= 223427,44 \text{ kg}$$



Gambar 8.3 Gambar arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban sementara

Tabel 8.2 Tabel Perhitungan jarak X dan Y

	x (m)	x^2
x1	0,5	0,25
x2	0,5	0,25
x3	0,5	0,25
x4	0,5	0,25
$\sum x^2$		1

	y (m)	y^2
y1	0,5	0,25
y2	0,5	0,25
y3	0,5	0,25
y4	0,5	0,25
$\sum y^2$		1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{223427,44}{4} - \frac{36689,16 \times 0,5}{1} + \frac{15289,16 \times 0,5}{1} \\
 &= 45156,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_2 = \frac{223427,44}{4} + \frac{36689,16 \times 0,5}{1} + \frac{15289,16 \times 0,5}{1}$$

$$= 79846,02 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{223427,44}{4} - \frac{36689,16 \times 0,5}{1} + \frac{15289,16 \times 0,5}{1}$$

$$= 66556,86 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{223427,44}{4} - \frac{36689,16 \times 0,5}{1} + \frac{15289,16 \times 0,5}{1}$$

$$= 29867,7 \text{ kg}$$

→ Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 79846,02 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}} (92449,97 \text{ kg})$OK.

Akibat beban sementara (1 DL + 1,0 LL + 0.3EX + 1EY)

$$P = 240430,61 \text{ kg}$$

$$M_x = 51713,97 \text{ kgm}$$

$$M_y = -10614,86 \text{ kgm}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer

$$[2,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3]$$

$$= 8131,2 \text{ kg}$$

2. Beban aksial kolom

(out put Sap)

$$= 240430,61 \text{ kg}$$

$$\sum P = 248561,81 \text{ kg}$$

Tabel 8.3 Tabel Perhitungan jarak X dan Y

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{248561,81}{4} - \frac{10614,86 \times 0,5}{1} + \frac{51713,97 \times 0,5}{1}$$

$$= 82690,01 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{248561,81}{4} + \frac{10614,86 \times 0,5}{1} + \frac{51713,97 \times 0,5}{1}$$

$$= 90304,87 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{248561,81}{4} + \frac{10614,86 \times 0,5}{1} - \frac{51713,97 \times 0,5}{1}$$

$$= 41590,89 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{248561,81}{4} - \frac{10614,86 \times 0,5}{1} - \frac{51713,97 \times 0,5}{1}$$

$$= 30976,03 \text{ kg}$$

→ Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 90304,87 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}} (92449,97 \text{ kg})$OK.

8.2.6.2 P akibat pengaruh beban tetap

Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)

$$P = 198739,31 \text{ kg}$$

$$M_x = 770,07 \text{ kgm}$$

$$M_y = -317,77 \text{ kgm}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer

$$[2,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3]$$

$$= 8131,2 \text{ kg}$$

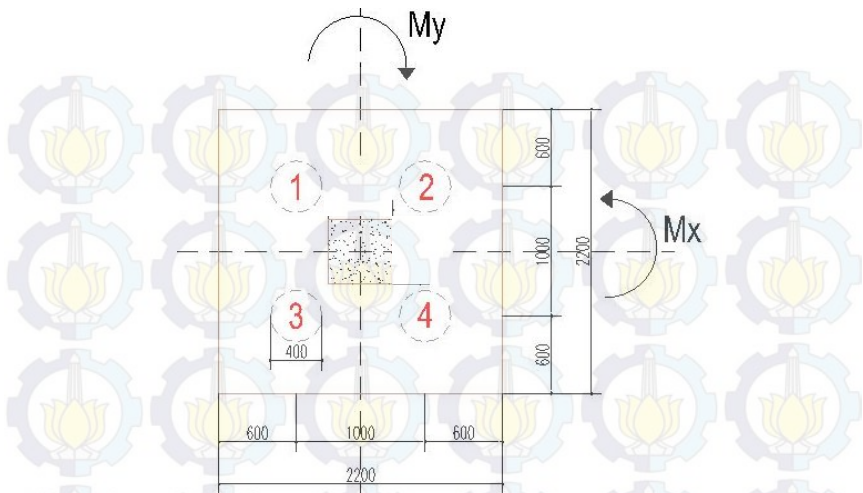
2. Beban aksial kolom

(out put Sap)

$$= 198739,31 \text{ kg}$$

$$\sum P$$

$$= 206870,51 \text{ kg}$$



Gambar 8.4 Gambar arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban tetap

Tabel 8.4 Tabel Perhitungan jarak X dan Y

	x (m)	x ²		y (m)	y ²
x1	0,5	0,25	y1	0,5	0,25
x2	0,5	0,25	y2	0,5	0,25
x3	0,5	0,25	y3	0,5	0,25
x4	0,5	0,25	y4	0,5	0,25
$\sum x^2$		1	$\sum y^2$		1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{206870,51}{4} - \frac{317,77 \times 0,5}{1} + \frac{770,07 \times 0,5}{1}$$

$$= 51944,67 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{206870,51}{4} + \frac{317,77 \times 0,5}{1} + \frac{770,07 \times 0,5}{1}$$

$$= 52261,56 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{206870,51}{4} + \frac{317,77 \times 0,5}{1} - \frac{770,07 \times 0,5}{1}$$

$$= 52035,41 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{206870,51}{4} - \frac{317,77 \times 0,5}{1} - \frac{770,07 \times 0,5}{1}$$

$$= 51173,7 \text{ kg}$$

→ Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 52261,56 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}} (92449,97 \text{ kg})$OK.

→ *Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 90304,87 \text{ kg}$ Akibat beban sementara ($1 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ ex} + 1 \text{ ey}$)*

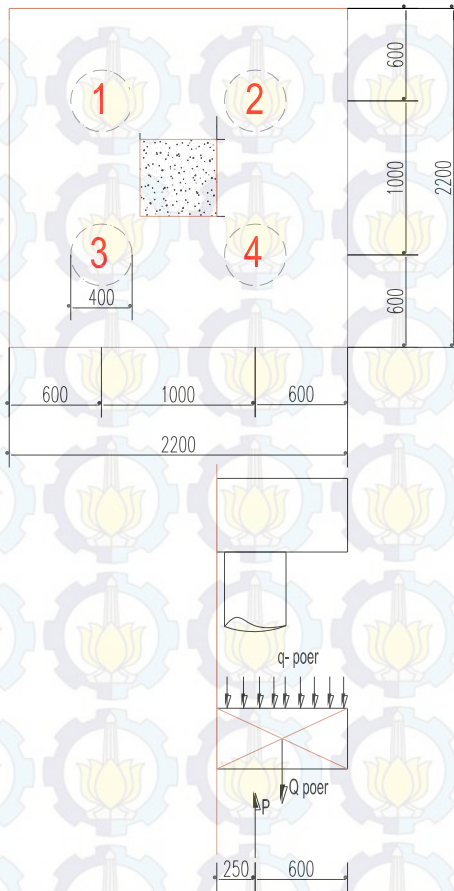
8.3 PERENCANAAN LENTUR *PILE CAP* (POER)

Pada perencanaan tulangan lentur, pile cap diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan

- Dimensi poer : 2,2m×2,2m×0,7 m
- Jumlah tiang pancang : 4 buah
- Dimensi kolom : 700 mm × 700 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa
- Diameter tulangan utama : 22 mm
- Selimut beton (p) : 75 mm
- h : 700 mm
- $dx = 700 - 75 - 22 - (1/2 \times 22) = 592$ mm
- $dy = 700 - 75 - (1/2 \times 22) = 614$ mm
- $\phi = 0,8$

8.3.1 Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 8.5 Gambar mekanika gaya pada poer arah X

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{Beban poer} = 2,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3696 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 3696 \text{ kg/m} \times 0,85 \text{ m} \\ &= 3141,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$P_{\max}$ = beban tiang dari bawah Akibat beban sementara
(1 DL + 1,0 LL + 0.3 ex + 1 ey)

$$P_3 + P_1 = 78778,5 \text{ kg}$$

$$P_2 + P_4 = 89393,38 \text{ kg}$$

Ambil P terbesar = 89393,38 kg

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= MQ - MP \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\ &= (3141,6 \times 0,425 \text{ m}) - (89393,38 \times 0,15 \text{ m}) \\ &= -12073,83 \text{ kgm} = -120738300 \text{ N.mm} \text{ (Ambil Nilai} \end{aligned}$$

Mutlak)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{120738300}{0,8} = 150922875 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{150922875}{2200 \times 592^2} = 0,20$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 0,2}{400}} \right) = 0,00271 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0325$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0325 = 0,024 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$, ρ_{perlu} , dan $\rho_{\max}$ harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,00271 < 0,024 \dots$ tidak ok
- $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %
 $1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$
- Karena $1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka pakai $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 592 \\ &= 2072 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur D22 ($A_s = 379,94 \text{ mm}^2$)

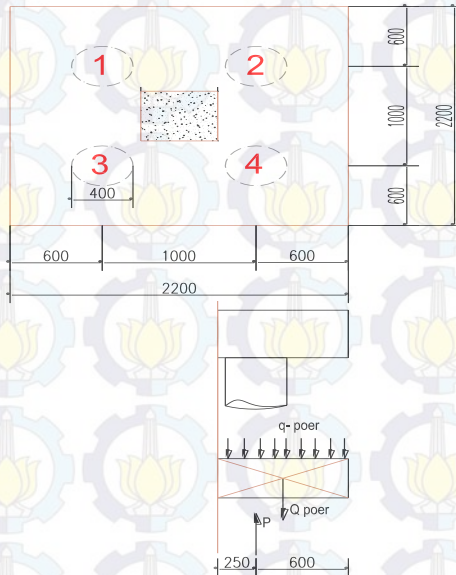
Jumlah tulangan perlu = $2072 / (379,94) = 5,45 \approx 6$

Jarak tulangan terpasang = $1000 / 6 = 166,67 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur atas **D22–150 mm**

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} * \pi * 22^2 \right) \times \left(\frac{1000}{150} \right) \\ &= 2532,93 \text{ mm}^2 > 2072 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

8.3.2 Penulangan Poer Arah Sumbu Y



Gambar 8.6 Gambar mekanika gaya pada poer arah Y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{Berat poer} = 2,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3696 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 3696 \text{ kg/m} \times 0,85 \text{ m} \\ &= 3141,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$P_{\max}$ = beban tiang dari bawah Akibat beban sementara

(1 DL+1,0LL+0.3ex+1ey)

$$P_3 + P_1 = 78778,5 \text{ kg}$$

$$P_2 + P_4 = 89393,38 \text{ kg}$$

Ambil P terbesar = 89393,38 kg

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$Mu = MQ - MP$$

$$= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom})$$

$$= (3141,6 \times 0,425 \text{ m}) - (89393,38 \times 0,15 \text{ m})$$

$$= -12073,83 \text{ kgm} = -120738300 \text{ N.mm (Ambil Nilai Mutlak)}$$

Mutlak)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{120738300}{0,8} = 150922875 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{150922875}{2200 \times 592^2} = 0,20$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,2}{400}} \right) = 0,00271 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0325 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0325 = 0,024 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 < 0,00271 < 0,024 \dots$ tidak ok
- $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %
 $1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$
- Karena $1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka pakai $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 592 \\
 &= 2072 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur D22 ($A_s = 379,94 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan perlu = $2072 / (379,94) = 5,45 \approx 6$

Jarak tulangan terpasang = $1000/6 = 166,67 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur atas **D22–150 mm**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \left(\frac{1}{4} * \pi * 22^2 \right) \times \left(\frac{1000}{150} \right) \\
 &= 2532,93 \text{ mm}^2 > 2072 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

8.4 PERENCANAAN SLOOF PONDASI (frame 21)

Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi 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.

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi sloof} : \quad b &= 500 \text{ mm} \\
 h &= 700 \text{ mm} \\
 A_g &= 350000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mutu bahan} : \quad f'_c &= 30 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. sengkang} = \varnothing 12$$

$$\text{Tul. utama} = \text{D25}$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 700 - (40 + 12 + \frac{1}{2} \times 25) = 63,5 \text{ mm}$$

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban dinding} &= 240 \times 4 &= 1000 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sendiri sloof} &= 0,5 \times 0,7 \times 2400 &= 840 \text{ kg/m} + \\
 q_d & &= 1840 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban ultimate sloof : $q_u = 1,4 * q_d = 1,4 * 1840 = 2576$
kg/m

Panjang sloof = 9,6 m

$P_{uSAP} = 272153.32$ kg

8.4.1 Penulangan Pada Sloof

$P_u = 10\% P_{uSAP} = 10\% \cdot 272153.32 \text{ kg} = 27215,3 \text{ kg}$

$P_u = 2721,53 \text{ N}$

$$M_u = \frac{1}{12} q_u L^2$$

$$= \frac{1}{12} * 2576 * 9,6^2 = 19783,68 \text{ kg.m} = 1978368 \text{ kgcm}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{P_u}{f_y} = \frac{27215,3}{400} = 68,04 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 68,04 = 34,02 \text{ mm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{197836800}{0,8} = 247296000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 * 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 * 30 * 0,85}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{247296000}{500 \cdot 635^2} = 1,23$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 15,69 * 1,23}{400}} \right) \\ &= 0,00315\end{aligned}$$

$$P_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \rightarrow \rho_{\text{perlu}} \times 1,3 = 0,0041$$

Karena $P_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$ maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} \times 1,3 = 0,0041$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_{s1} = \rho b d = 0,0041 \times 500 \times 635 = 1301,75 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_{s'1} = 0,5 \times A_{s1} = 0,5 \times 1301,75 = 650,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan tekan : } A_{s'} + A_{s1}' &= 34,02 + 650,88 \\ &= 684,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D25 ($A_s = 1962,52 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 68,04 + 1301,75 \\ &= 1369,79 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D25 ($A_s = 1962,52 \text{ mm}^2$)

8.4.2 Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 28538,7 \text{ kg}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b.d \\ &= 2 \left(1 + \frac{18538,7}{14 * 350000} \right) \times \left(\frac{1}{6} \sqrt{30} * 500 * 700 \right) \\ &= 642731,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 V_c = 385638,84 \text{ kg}$$

Karena $V_u < \phi V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser
Jadi dipasang tulangan geser praktis $\phi 12 - 200$

8.5 PENULANGAN PEDESTAL (Frame 1182)

Ada 1 tipe pedestal yang digunakan dalam perencanaan Ulang Struktur Laboraturium Teknik Elektro ITS Surabaya yaitu Pedestal 70 x 70. Berikut analisa perhitungannya :

Pedestal 70 x 70

Data persencanaan:

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ Tulangan utama} = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ Tulangan sengkang} = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 40 - 10 - (22/2) = 639 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = D22$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \phi 10$$

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$P = 153710,28 \text{ kg}$$

$$M_u = 5510015 \text{ kg.cm}$$

$$V_u = 22676,44 \text{ kg}$$

- Perhitungan tulangan lentur

$$\frac{P}{b \cdot h} = \frac{153710,28}{70 * 70} = 31,37 \text{ kg/cm}^2 = 3,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{Mu}{b \cdot h^2} = \frac{5510015}{70 * 70^2} = 16,06 \text{ kg/cm}^2 = 1,606 \text{ N/mm}^2$$

Dari grafik diagram interaksi F400-25-0,6-4 kolom beton bertulang didapat $\rho = 0,01$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,01 * 70 \text{ cm} * 70 \text{ cm} = 42,25 \text{ cm}^2$$

- Tulangan Ø22 mm

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{As}{\frac{1}{4} * \pi * \phi^2} = \frac{42,25}{\frac{1}{4} * \pi * 2,2^2} \\ &= 11,12 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n * \frac{1}{4} * \pi * \phi^2 \\ &= 12 * \frac{1}{4} * \pi * 2,2^2 \\ &= 45,593 \text{ cm}^2 > 42,25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Cek geser kolom :

$$V_c = \frac{Vu}{\phi} = \frac{22676,44}{0,8} = 28345,55 \text{ Kg}$$

- Cek kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$22676,44 \text{ kg} \leq 0,5 * 0,85 * 28345,55 \text{ kg}$$

$$22676,44 \text{ kg} \leq 12046,86 \text{ kg} \dots\dots (\text{tidak ok})$$

- Cek kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq Vu \leq \phi \cdot V_c$$

$$0,5 * 0,85 * 28345,55 \text{ kg} < 22676,44 \text{ kg} \leq$$

$$0,85 * 28345,55 \text{ kg}$$

$$12046,86 \text{ kg} \leq 22676,44 \text{ kg} \leq 24093,72 \text{ kg} (\text{ok})$$

Perlu tulangan geser minimum

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w * S}{3 * f_y} = \frac{650 * (1/2 * 650)}{3 * 400} = 176,042 \text{ mm}^2$$

Dipasang sengkang 2 kaki Ø10

$$A_v \geq A_v \text{ min}$$

$$2 * \frac{1}{4} * \pi * D^2 = 2 * \frac{1}{4} * \pi * 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Sehingga jarak antar sengkang

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} = \frac{157,08 * 400 * 639}{22676,44} = 177,05 \text{ mm}$$

kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan kriteria no 4

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S = 177,05 \leq \frac{639}{2} = 319,5 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{ok})$$

$$S = 177,05 \leq 600 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{ok})$$

Pasang Ø10-150mm



BAB IX PENUTUP

9.1 KESIMPULAN

Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan perencanaan ulang bangunan Gedung Laboraturium Teknik Elektro ITS Surabaya dengan struktur baja metode LRFD. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil Sebagai Berikut :

a. Struktur Atas

1. Gording menggunakan profil WF 150.75.5.7
2. Penggantung gording menggunakan $\varnothing 16$ mm
3. Ikatan Angin menggunakan $\varnothing 16$ mm
4. Kuda-kuda menggunakan profil WF 400.200.8.13

b. Struktur skunder

1. Plat Lantai menggunakan bondek
 - pada lantai laboraturium tebal plat diambil 9 cm, dengan tulangan $\varnothing 10$ mm – 150mm
 - pada lantai laboraturium tebal plat diambil 9 cm, dengan tulangan $\varnothing 10$ mm – 150mm
2. Balok Anak menggunakan profil WF 250.125.6.9
3. Tangga
 - Tinggi tanjakan adalah 17 cm
 - Lebar injakan adalah 30 cm
 - lebar bordes adalah 150 cm
 - panjang bordes adalah 315 cm
 - Plat tangga
 - Tebal plat anak tangga adalah 3mm
 - Pengaku plat tangga menggunakan profil Siku 65.65.7
 - Plat Bordes
 - tebal plat bordes 4mm
 - Perencanaan balok bordes menggunakan profil WF 100.50.5.7
 - Balok tangga menggunakan profil C 200.90.8.13.5

- Balok tumpuan tangga menggunakan profil WF 250.125.6.9

c. Perencanaan Struktur Primer

1. Balok induk menggunakan profil WF 500.300.11.15
2. Kolom menggunakan profil WF 400.400.20.35

d. Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Atap

- Sambungan A menggunakan
 - Sambungan Baut A325 Ø16 mm sebanyak 12 buah
- Sambungan B menggunakan
 - Sambungan Baut A325 Ø16 mm sebanyak 12 buah

2. Sambungan Balok Anak-Balok Induk lantai

- Menggunakan Sambungan baut A325 Ø16 mm sebanyak 2 buah pada badan balok anak dan 2 buah pada balok induk

3. Sambungan Balok induk ke kolom

- Menggunakan Sambungan baut A325 Ø25 mm sebanyak 3 buah pada badan balok anak dan 3 buah pada Sayap kolom

4. Sambungan kolom ke kolom

- Menggunakan Sambungan baut A325 Ø24 mm sebanyak 12 buah pada badan kolom dan 24 buah pada Sayap kolom

5. Sambungan kolom dengan base plate

- Dipakai Sambungan las dengan $a = 3,5$ cm
- Angkur yang dipakai 4 buah untuk arah y dan 2 buah untuk arah x Diameter 3cm dan panjang 550 mm
- Tebal plat baja yang digunakan adalah 30 mm

e. Perencanaan pondasi

- Pondasi yang dipakai adalah pondasi tiang pancang milik PT WIJAYA KARYA BETON dengan diameter 40 cm (tipe B K-600)
- Jumlah tiang pancang yang dipakai dalam 1 kelompok adalah 6 buah
- Dimensi poer yang digunakan adalah 3200mm x 2200 mm dengan tebal 700 mm dan penulangan arah y dan x D22-150

f. Perencanaan Pedestal

- Dimensi pedestal yang dipakai adalah 70/70 dengan tulangan $12\varnothing 22$ dan tulangan geser 10D-150

9.2 SARAN

Untuk Bangunan baja dapat direncanakan menggunakan metode LRFD sesuai dengan SNI 03-1729-2002.





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM UJI MATERIAL

Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp : 031-5981006, 5947637 Fax : 031-5981006

E-mail : labujimaterial.its@gmail.com

Nama Lokasi : Kampus ITS Jurusan Teknik Lingkungan Luas Konus = 10 cm²
Titik : S-II Luas Piston = 10 cm²
Master Sondir : Wawan Luas Mantel (Selimut) = 100 cm²
Tanggal : 04 Januari 2012 Interval Data Sondir = 20 cm
Elevasi : ± 0.00 m (muka tanah setempat)

KEDA- LAMAM	Bacaan I	Nilai Konus	Bacaan II	Nilai Konus	Lekatan Local	HP	JHP	FRICTION RATIO
(m)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm	Kg/cm	(%)
0								
0.2								
0.4	8	80	13	8	0.50	10	10	6.3
0.6	8	80	13	8	0.50	10	20	6.3
0.8	10	100	15	10	0.50	10	30	5.0
1	10	100	15	10	0.50	10	40	5.0
1.2	12	120	17	12	0.50	10	50	4.2
1.4	12	120	17	12	0.50	10	60	4.2
1.6	13	130	18	13	0.50	10	70	3.8
1.8	15	150	20	15	0.50	10	80	3.3
2	15	150	20	15	0.50	10	90	3.3
2.2	13	130	18	13	0.50	10	100	3.8
2.4	13	130	18	13	0.50	10	110	3.8
2.6	15	150	20	15	0.50	10	120	3.3
2.8	15	150	20	15	0.50	10	130	3.3
3	15	150	20	15	0.50	10	140	3.3
3.2	15	150	20	15	0.50	10	150	3.3
3.4	10	100	15	10	0.50	10	160	5.0
3.6	13	130	18	13	0.50	10	170	3.8
3.8	10	100	15	10	0.50	10	180	5.0
4	5	50	10	5	0.50	10	190	10.0
4.2	5	50	10	5	0.50	10	200	10.0
4.4	8	80	13	8	0.50	10	210	6.3
4.6	10	100	15	10	0.50	10	220	5.0
4.8	10	100	15	10	0.50	10	230	5.0
5	8	80	13	8	0.50	10	240	6.3
5.2	8	80	15	8	0.70	14	254	8.8
5.4	10	100	15	10	0.50	10	264	5.0
5.6	8	80	13	8	0.50	10	274	6.3
5.8	8	80	13	8	0.50	10	284	6.3



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM UJI MATERIAL

Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp : 031-5981006, 5947637 Fax : 031-5981006

E-mail : labujimaterial.its@gmail.com

6	5	50	10	5	0.50	10	294	10.0
6.2	5	50	8	5	0.30	6	300	6.0
6.4	6	60	9	6	0.30	6	306	5.0
6.6	7	70	10	7	0.30	6	312	4.3
6.8	7	70	10	7	0.30	6	318	4.3
7	7	70	10	7	0.30	6	324	4.3
7.2	8	80	13	8	0.50	10	334	6.3
7.4	10	100	15	10	0.50	10	344	5.0
7.6	10	100	15	10	0.50	10	354	5.0
7.8	13	130	18	13	0.50	10	364	3.8
8	15	150	20	15	0.50	10	374	3.3
8.2	15	150	25	15	1.00	20	394	6.7
8.4	18	180	28	18	1.00	20	414	5.6
8.6	20	200	30	20	1.00	20	434	5.0
8.8	25	250	25	25	0.00	0	434	0.0
9	25	250	35	25	1.00	20	454	4.0
9.2	25	250	40	25	1.50	30	484	6.0
9.4	30	300	40	30	1.00	20	504	3.3
9.6	30	300	45	30	1.50	30	534	5.0
9.8	35	350	40	35	0.50	10	544	1.4
10	30	300	40	30	1.00	20	564	3.3
10.2	30	300	45	30	1.50	30	594	5.0
10.4	35	350	45	35	1.00	20	614	2.9
10.6	35	350	45	35	1.00	20	634	2.9
10.8	23	230	33	23	1.00	20	654	4.3
11	20	200	40	20	2.00	40	694	10.0
11.2	30	300	50	30	2.00	40	734	6.7
11.4	40	400	75	40	3.50	70	804	8.8
11.6	65	650	80	65	1.50	30	834	2.3
11.8	60	600	75	60	1.50	30	864	2.5
12	55	550	80	55	2.50	50	914	4.5
12.2	60	600	80	60	2.00	40	954	3.3
12.4	60	600	80	60	2.00	40	994	3.3
12.6	65	650	85	65	2.00	40	1,034	3.1



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM UJI MATERIAL

Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp : 031-5981006, 5947637 Fax : 031-5981006

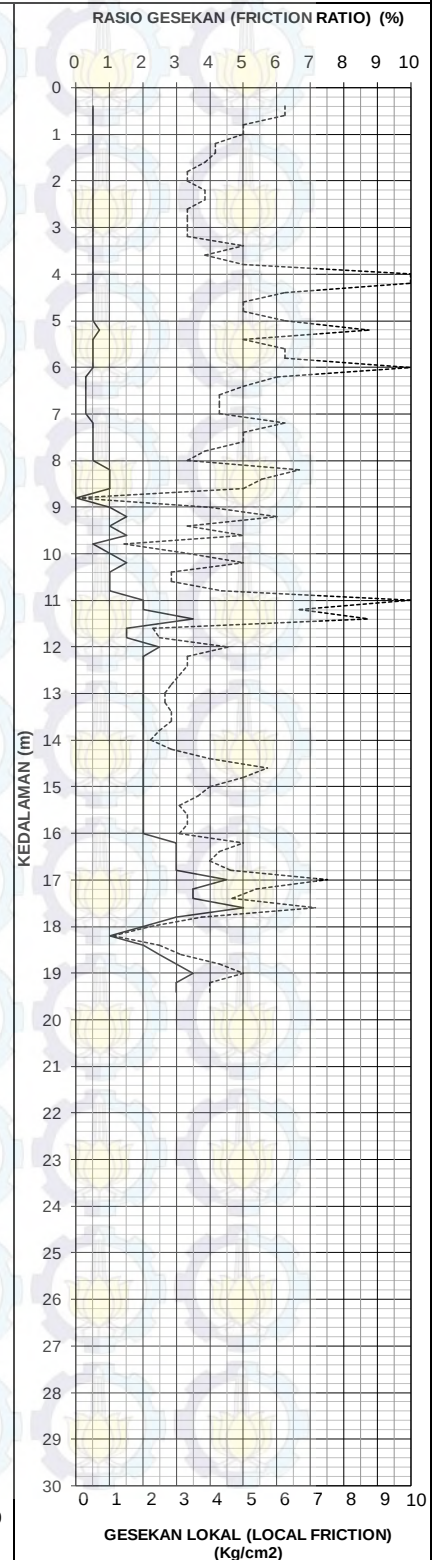
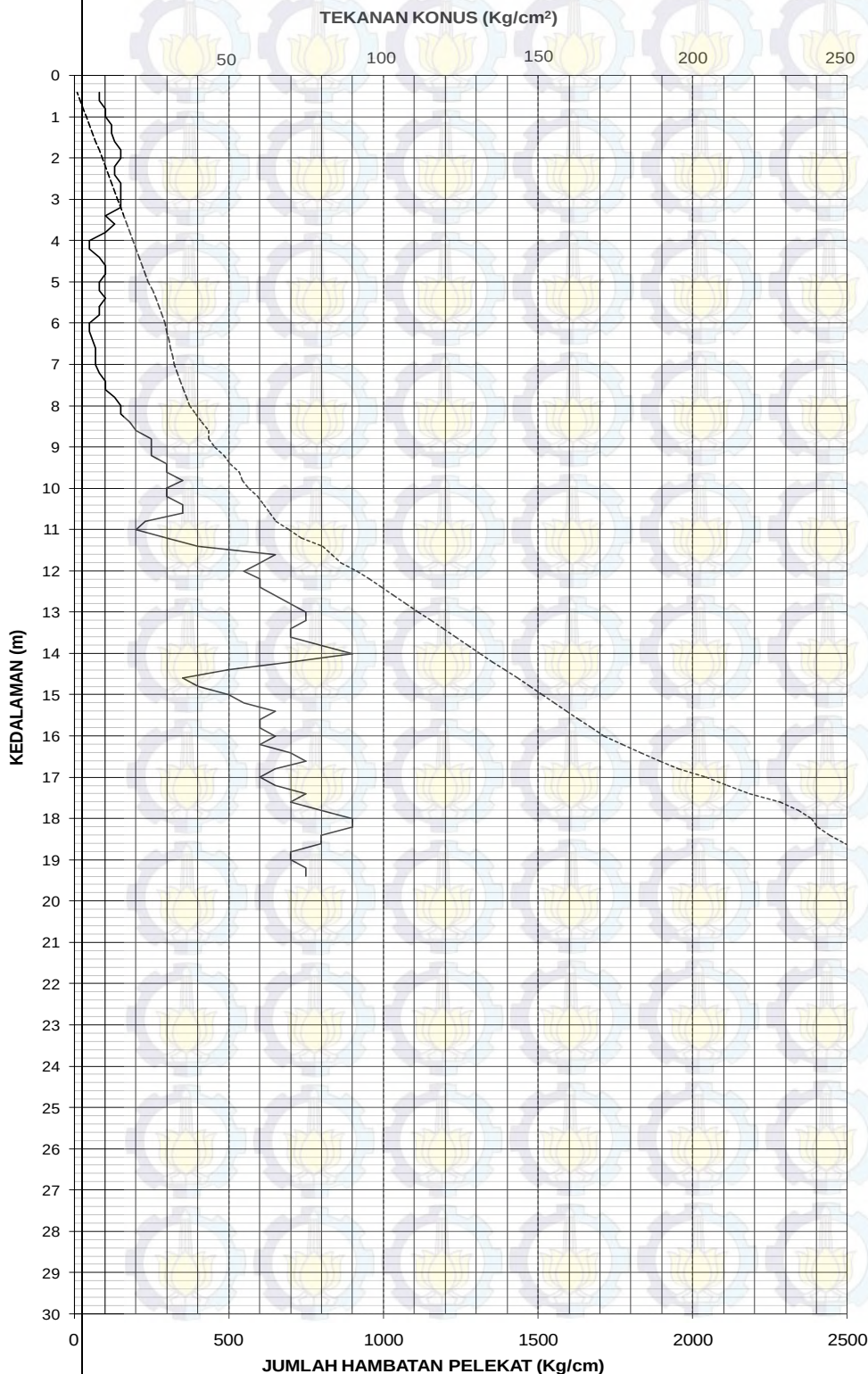
E-mail : labujimaterial.its@gmail.com

12.8	70	700	90	70	2.00	40	1,074	2.9
13	75	750	95	75	2.00	40	1,114	2.7
13.2	75	750	95	75	2.00	40	1,154	2.7
13.4	70	700	90	70	2.00	40	1,194	2.9
13.6	70	700	90	70	2.00	40	1,234	2.9
13.8	80	800	100	80	2.00	40	1,274	2.5
14	90	900	110	90	2.00	40	1,314	2.2
14.2	70	700	90	70	2.00	40	1,354	2.9
14.4	50	500	70	50	2.00	40	1,394	4.0
14.6	35	350	55	35	2.00	40	1,434	5.7
14.8	40	400	60	40	2.00	40	1,474	5.0
15	50	500	70	50	2.00	40	1,514	4.0
15.2	55	550	75	55	2.00	40	1,554	3.6
15.4	65	650	85	65	2.00	40	1,594	3.1
15.6	60	600	80	60	2.00	40	1,634	3.3
15.8	60	600	80	60	2.00	40	1,674	3.3
16	65	650	85	65	2.00	40	1,714	3.1
16.2	60	600	90	60	3.00	60	1,774	5.0
16.4	70	700	100	70	3.00	60	1,834	4.3
16.6	75	750	105	75	3.00	60	1,894	4.0
16.8	65	650	95	65	3.00	60	1,954	4.6
17	60	600	105	60	4.50	90	2,044	7.5
17.2	65	650	100	65	3.50	70	2,114	5.4
17.4	75	750	110	75	3.50	70	2,184	4.7
17.6	70	700	120	70	5.00	100	2,284	7.1
17.8	80	800	110	80	3.00	60	2,344	3.8
18	90	900	110	90	2.00	40	2,384	2.2
18.2	90	900	100	90	1.00	20	2,404	1.1
18.4	80	800	100	80	2.00	40	2,444	2.5
18.6	80	800	105	80	2.50	50	2,494	3.1
18.8	70	700	100	70	3.00	60	2,554	4.3
19	70	700	105	70	3.50	70	2,624	5.0
19.2	75	750	105	75	3.00	60	2,684	4.0
19.4	75	750	105	75	3.00	60	2,744	4.0

GRAFIK SONDIR (DUCTH CONE PENETROMETER TEST)

TITIK : S-II
LOKASI : Kampus ITS Jurusan Teknik Lingkungan
ELEVASI : ± 0.00 m (muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Wawan
TANGGAL : 4-Jan-12



— Tekanan Konus

----- Jumlah Hambatan Pelekat

— Local Friction ----- Friction Ratio

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03 –1729 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03 –2847 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03 –1726 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum

Setiawan, Agus., “Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD“, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Departemen Pekerjaan Umum, 2002, “Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG)“, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan.

Departemen Pekerjaan Umum, 1984, “Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia“, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan.

Bowles, J.E . 1988. *Analisis Dan Desain Pondasi Edisi 4*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

BIODATA PENULIS



Eka Arismia Putra,

Penulis dilahirkan di Serang, 21 Maret 1991, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK BPI Cilegon, SD Negeri 1 Pongangan, SMP Negeri 3 Gresik, SMA Negeri 1 Kebomas. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Kebomas tahun 2009, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2009 dan terdaftar dengan NRP 3109 030 106. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung.



Bagus Dwi Kusuma Hasan,

Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 05 September 1991 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharmawanita Pagerngumbuk, SD Negeri Pagergumbuk 1, SMP Negeri 1 Wonoayu, SMA Negeri 1 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sidoarjo tahun 2009, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2009 dan terdaftar dengan NRP 3109 030 127. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung.