

28541/H/07



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RSS'

620

Chq

M-1

2007

FINAL PROJECT - PS 1380

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG SURABAYA REFINERY COMPLEX DENGAN METODE SISTEM RANGKA GEDUNG

ALFIAN ADIE CHANDRA
NRP 3104109540

Dosen Pembimbing
Ir. Kurnian Suprapto, MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN	
I	3
Tgl. Terima	22-7-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	227192



FINAL PROJECT - PS 1380

DESIGN MODIFICATION BUILDING STRUCTURE OF SURABAYA REFINERY COMPLEX WITH BUILDING FRAME SYSTEM

ALFIAN ADIE CHANDRA
NRP 3104109540

Counsellor
Kurdian Suprapto, Ir. MS

DEPARTMENT CIVIL ENGINEERING
Faculty Of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2007

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG SURBAYA REFINERY COMMPLEX DENGAN SISTEM RANGKA GEDUNG

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Konstruksi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ALFIAN ADIE CHANDRA
Nrp. 3104 109 540



SURABAYA
PEBRUARI, 2007

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG SURABAYA REFINERY COMPLEX DENGAN METODE SISTEM RANGKA GEDUNG

Nama Mahasiswa : Alfian Adie Chandra

NRP : 3104 109 540

Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS

Dosen Pembimbing : Ir. Kurdian Suprapto, MS

Abstrak

Perencanaan gedung bertingkat di Indonesia khususnya dari beton bertulang mengacu pada peraturan SNI. Pada SNI 2002 diberikan beberapa sistem struktur yang dapat menjadi acuan dalam perencanaan sesuai dengan kondisi dan keinginan dari perencanaan dengan dasar pertimbangan tertentu.

Dalam proposal TA ini akan membahas perencanaan gedung Surabaya refineri kompleks dengan metode sistem rangka gedung (Building Frame System), untuk dibangun di Jayapura yang masuk dalam wilayah gempa 5. Perhitungan dilakukan setelah mendefinisikan beban – beban yang akan membebani struktur dan dikombinasikan menurut SNI-2002. Dengan menggunakan struktur sistem rangka gedung ini, diharapkan semua beban lateral yang bekerja (angin dan gempa) sepenuhnya dipikul oleh elemen dinding geser (shear wall) sedangkan rangka utama hanya memikul beban – beban vertikal (beban gravitasi). Analisa struktur dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 untuk memperoleh gaya dalam yang dipakai untuk perhitungan tulangan rangka utamanya. Modifikasi dilakukan pada jumlah lantai dari 3 lantai menjadi 8 lantai, penambahan sekat dinding ruang, dan perubahan pada atap.

Pada akhir dari perencanaan ini, diperoleh dimensi balok induk 40/60 cm, balok anak 30/40 cm, kolom 55/55 cm, dinding geser 40 cm, dan pelat tebal 12 cm beserta penulangannya. Dan dari hasil perhitungan tersebut dapat

diwujudkan dalam gambar-gambar detail dengan menggunakan program Autocad 2004.

Sehingga dengan perencanaan struktur tahan gempa diharapkan dapat memberikan kenyamanan dan keselamatan bagi pengguna gedung.

Kata kunci : *Sistem rangka gedung (Building Frame System), Shear wall (dinding geser), Gaya Gempa.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala berkat Rahmat dan karunianya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan judul :

“ MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG SURABAYA REFINERY COMPLEX DENGAN METODE SISTEM RANGKA GEDUNG “

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan yang diberikan oleh banyak pihak.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua Orang tua saya, yang telah memeberikan dukungan baik moril maupun material dan doa yang tak henti - hentinya, sehingga memberikan semangat dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.
2. Bapak Ir. Kurdian Suprapto, MS selaku dosen pembimbing
3. Ibu Retno Indriyani, selaku Dosen Wali.
4. Rekan – Rekan seangkatan, yang dengan canda, tawa serta kerjasamanya telah membantu dalam penyelesaian Proyek Akhir ini
5. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam terselesaikannya Proyek Akhir ini.

Saya menyadari bahwa Proyek Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Proyek Akhir ini.

Semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya dan semua pembaca pada umumnya.

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Tinjauan Pustaka	3
1.6 Metodologi	5
BAB II DASAR – DASAR PERENCANAAN	
2.1 Umum	15
2.2 Peraturan Perencanaan	15
2.2.1 Gempa Rencana dan kategori gedung	15
2.2.2 Konfigurasi struktur	15
2.2.3 Daktilitas struktur bangunan	16
2.2.4 Perencanaan kapasitas	16
2.2.5 Jenis tanah	17
2.2.6 Karakteristik resiko wilayah Gempa	17
2.3 Pembebanan dan kombinasi pembebanan struktur	17
2.3.1 Pembebanan	17
2.3.2 Kombinasi pembebanan	19
2.4 Tinjauan jenis struktur	20

BAB III PRELIMINARY DESIGN

3.1	Preliminary Design	23
3.1.1	Data perencanaan	23
3.1.2	Dasar perhitungan	23
3.1.3	Pembebatan	23
3.1.4	Preliminary design balok	24
3.1.5	Preliminary design pelat	26
3.1.6	Preliminary design kolom	32
3.1.7	Preliminary design shear wall	34
3.2	Penulangan Pelat	35
3.2.1	Data Perencanaan	35
3.2.2	Dasar perhitungan	35
3.2.3	Perhitungan penulangan pelat atap	36
3.2.4	Perhitungan penulangan pelat lantai	41
3.3	Perencanaan Balok Anak	46
3.3.1	Data Perencanaan	46
3.3.2	Dasar perhitungan	46
3.3.3	Pembebatan pada balok anak	47
3.3.4	Perhitungan tulangan lapangan	49
3.3.5	Perhitungan tulangan tumpuan	50
3.3.6	Perhitungan tulangan geser	51
3.4	Perencanaan Struktur Tangga	53
3.4.1	Data perencanaan	53
3.4.2	Dasar perhitungan	53
3.4.3	Pembebatan tangga	57
3.4.4	Perhitungan penulangan tangga	61
3.4.5	Perhitungan penulangan bordes	62

BAB IV ANALISA STRUKTUR UTAMA

4.1	Analisa Struktur Utama	63
4.1.1	Umum	63
4.1.2	Data perencanaan	63
4.1.3	Permodelan struktur	63
4.1.4	Kombinasi pemberanakan	65

4.1.5	Perhitungan pembebanan	65
	4.1.5.1 Beban vertikal	65
	4.1.5.2 Beban lateral	81
4.1.6	Kontrol drift	86
 4.2	Perencanaan Struktur Utama	88
	4.2.1 Penulangan balok induk	88
	4.2.1.1 Lentur balok induk	88
	4.2.1.2 Geser balok induk	93
	4.2.2 Panjang penyalura dan sambungan	97
	Lewatan balok induk	
	4.2.3 Penulangan balok perangkai	99
	4.2.3.1 Lentur balok perangkai	100
	4.2.3.2 Geser balok perangkai	105
	4.2.3.3 Panjang penyaluran balok	108
	Perangkai	
	4.2.4 Penulangan Kolom	110
	4.2.4.1 Tulangan Pengekang	111
	4.2.4.2 Tulangan Transversa	111
	4.2.4.3 Sambungan Tulangan	
	Vertikal	113
	4.2.5 Penulangan Shear Wall	115
	4.2.5.1 Persyaratan dinding	
	Geser	115
	4.2.5.2 Perhitungan geser	
	rencana dinding	116
	4.2.5.3 Design daerah batas	
		118

BAB V PERENCANAAN PONDASI

5.1	Perencanaan Tiang Pancang	121
	5.1.1 Daya dukung tiang pancang	121
5.2	Kriteria Design	121
	5.2.1 Kekuatan dan dimensi tiang	121
	5.2.2 Tahapan Perencanaan	122
5.3	Perumusan Design	122

	5.3.1 Daya dukung tiang tunggal	122
	5.3.2 Daya dukung tiang pancang tunggal	
	Dalam kelompok	123
	5.3.2.1 Beban maksimum tiang	123
	5.3.2.2 Kontrol kekuatan horizontal	
	tiang terhadap gaya	
	Horizontal	124
5.4	Perhitungan Pondasi Kolom	125
	5.4.1 Perhitungan daya dukung	
	satu tiang	126
	5.4.2 Perhitungan jumlah tiang	
	dan dimensi poer	127
	5.4.3 Kontrol beban maksimum tiang	128
	5.4.4 Kontrol kekuatan tiang pondasi	
	terhadap gaya lateral	128
5.5	Perencanaan Poer Pada Kolom	129
	5.5.1 Data perencanaan poer	129
	5.5.2 Kontrol geser ponds pada poer	129
	5.5.3 Penulangan poer	130
5.6	Perhitungan Tiang Pancang Pada	
	Dinding geser	133
	5.6.1 Rencana jumlah tiang dan	
	Dimensi poer	134
	5.6.2 Kontrol beban maksimum tiang	135
	5.6.3 Kontrol kekuatan tiang Pondasi	
	Terhadap gaya lateral	135
	5.6.4 Perencanaaa poer	
	5.6.4.1 Data perencanaan poer	136
	5.6.5 Kontrol geser pons pada poer	137
	5.6.6 Penulangan poer	138
5.7	Perencanaan Sloof	140
	5.7.1 Penulangan lentur sloof	141
	5.7.2 Penulangan geser sloof	142
BAB VI	KESIMPULAN	
DAFTAR PUSTAKA		143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Permodelan struktur tangga	10
Gambar 1.2	Denah Poer	12
Gambar 1.3	Pancang	13
Gambar 2.1	Mekanisme keruntuhan	16
Gambar 2.2	Permodelan SRG	22
Gambar 3.1	Denah Tangga	55
Gambar 3.2	Potongan Tangga	55
Gambar 3.3	Pembebanan Tangga	58
Gambar 3.4	Penulangan plat tangga	61
Gambar 3.5	Penulangan plat bordes	62
Gambar 4.1	Pembebanan balok atap	67
Gambar 4.2	Pembebanan balok lantai	75
Gambar 4.3	Gaya dalam pada shear wall	116
Gambar 4.4	Penulangan shear wall	119
Gambar 5.1	Denah poer kolom	127
Gambar 5.2	Denah poer shear wall	134

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Distribusi gaya gempa	86
Tabel 4.2	Drift struktur	86
Tabel 4.3	Batasan Drift	87
Tabel 4.4	Kombinasi beban pada kolom	110
Tabel 4.5	Penulangan Kolom	110
Tabel 5.1	Wika spcification Pile	122

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia berada pada daerah resiko gempa yang cukup tinggi, sehingga untuk daerah dengan resiko gempa tinggi, design struktur dirancang khusus untuk menahan gaya gempa pada bangunan tersebut. Dalam peraturan yang baru, untuk dasar design struktur tahan gempa terdapat 3 sistem bangunan yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen, Sistem Rangka Gedung dan Sistem Ganda.

Dilihat dari letak wilayah Jayapura berada pada wilayah rawan gempa dengan skala cukup tinggi (zone gempa 5), sehingga perancangan gedung Surabaya Refinery Complex perlu memperhatikan ketentuan – ketentuan yang telah ditetapkan di Indonesia untuk perancangan struktur gedung diwilayah rawan gempa. Didalam Tugas Akhir ini akan membahas tentang memodifikasi dan merancang kembali gedung Surabaya Refinery Compleks untuk dibangun diJayapura dengan **Sistem Rangka Gedung** (building frame system) yang mengacu pada SNI-03-1726-2002 dan SNI-03-2847-2002. Modifikasi yang dilakukan meliputi, perubahan pada atap dari rangka baja menjadi atap beton bertulang dan lantai 3 menjadi lantai 8.

Gedung Surabaya Refinery Compleks dibangun pada tahun 2003, adalah merupakan tempat pusat kegiatan PT. Smart Tbk selaku pemilik, gedung ini terdiri dari perkantoran dan gudang tempat penyimpanan barang – barang milik PT.Smart Tbk. Struktur asli gedung ini dirancang dengan mengacu pada peraturan lama (SNI – 91).

SNI-2002 merupakan standar peraturan yang berlaku di Indonesia yang mengatur berbagai macam metode dan permasalahan. Dalam hal ini untuk mengatur masalah perencanaan gedung beton bertulang dituangkan dalam SNI 03-2847-2002 (Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung) dan SNI 03-1726-2002 (Tata cara perencanaan

ketahanan gempa untuk bangunan gedung), dimana dalam peraturan ini memberikan berbagai macam bentuk sistem struktur. Salah satu diantaranya adalah **Sistem Rangka Gedung** (building frame system), dimana rangka utama (portal/frame) struktur direncanakan untuk tidak lagi menahan gaya lateral (gaya gempa) melainkan sepenuhnya ditanggung oleh dinding geser / shearwall.

I.2 PERUMUSAN MASALAH

- Bagaimana memodifikasi dan merancang struktur gedung Surabaya Refinery Complex dengan **Sistem Rangka Gedung** sesuai dengan SNI 03-2847- 2002 dan SNI 03 -1726 – 2002, modifikasi dilakukan dari gedung lantai 3 menjadi lantai 8 dan bentuk atap dari konstruksi rangka baja menjadi atap beton bertulang.

I.3 TUJUAN

- Agar dapat merancang struktur gedung Surabaya Refinery Complex dengan **Sistem Rangka Gedung** sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 03 -1726 – 2002.

I.4 BATASAN MASALAH

- Perencanaan struktur sekunder meliputi : perencanaan plat lantai, perencanaan tangga dan perencanaan balok anak.
- Perencanaan struktur primer meliputi : perencanaan balok induk, perencanaan kolom, perencanaan pertemuan balok kolom, perencanaan dinding geser, perencanaan pondasi.
- Menggunakan **Sistem Rangka Gedung** (*building frame system*).
- Desain gedung diaplikasikan di Jayapura dengan zone gempa 5 atau 6.
- Analisis struktur menggunakan SAP 2000.
- Tidak memperhitungkan struktur dari segi biaya.
- Tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan.

I.5 TINJAUAN PUSTAKA

Untuk perancangan gedung beton mengacu pada SNI 03-2847-2002 (Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung) dan SNI 03-1726-2002 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung), sedangkan untuk bagian-bagian tertentu yang tidak diatur dalam kedua SNI tersebut masih diperbolehkan menggunakan referensi yang lain.

SNI 03-1726-2002 mengandung ketentuan-ketentuan umum gedung yang berkaitan dengan gempa. Selain itu, disini juga membedakan sistem struktur menjadi beberapa jenis. Salah satu diantaranya adalah **Sistem Rangka Gedung** yang akan digunakan untuk merancang gedung Surabaya Refinery Compleks.

Sistem Rangka Gedung (Building Frame System) digunakan untuk perancangan gedung tingkat tinggi di daerah atau zone gempa yang kuat, sehingga dengan sistem ini dimensi rangka utama dapat diperkecil. Dibandingkan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen, semakin tinggi struktur semakin besar dimensi yang diperlukan sehingga kemampuan struktur lebih banyak terbuang untuk menahan berat sendiri yang besar. Untuk itu pada sistem rangka gedung gaya lateral direncanakan untuk terdistribusi sepenuhnya pada dinding penahan gempa (shear wall) sehingga rangka utama hanya menerima beban gravitasi saja. Walau dinding struktural direncanakan memikul seluruh beban gempa, namun rangka balok kolom harus tetap diperhitungkan terhadap efek simpangan lateral dinding struktural oleh beban gempa rencana, mengingat rangka tersebut ditiap lantai masih menyatu dengan dinding struktur melalui lantai. Efek ini dinamakan “syarat kompatibilitas struktur”. (Prof.Ir.Rachmat Purwono, 2005)

Sesuai SNI-03-1726-2002, faktor daktilitas direncanakan. Dalam hal ini diambil 5.3 (daktilitas penuh). Pada sebelumnya (SNI – 1991) faktor daktilitas diberikan hanya sebatas 4. Perbedaan yang paling dominan antara SNI-0.3-1726-2002 dan

SNI 1991 adalah pada peraturan pembebaan gempanya, dimana peraturan gempa baru yang dinyatakan dalam SNI-0.3-1726-2002 memiliki perumusan yang berbeda dengan SNI 1991 dan selain itu juga terjadi perubahan dalam penentuan zone gempa di Indonesia.

SNI 03-2847-2002 mengatur pada permasalahan struktur beton bertulang, mulai dari cara-cara pembuatan beton yang benar sampai pada analisa dan pendetailan tulangan rencana. Untuk itu didalam merencanakan struktur beton (khususnya gedung bertingkat) harus mengacu pada 2 peraturan diatas, dimana struktur lebih dahulu didefinisikan sesuai ketentuan umum pada SNI 03-1726-2002, untuk kemudian direncanakan menggunakan beton bertulang sesuai SNI 03-2847-2002. (Prof.Ir. Rachmat Purwono, 2005)

SNI 2002 menetapkan, bangunan gedung yang idealnya memiliki masa pakai 50 tahun perlu didesign sedemikian rupa hingga memiliki daya tahan terhadap gaya gempa untuk periode ulang 500 tahun, karena sebelum SNI 2002 daya tahan terhadap gaya gempa lebih rendah yaitu hanya untuk periode ulang 200 tahun. (DR.Ir. I Wayan Sengara, 2006)

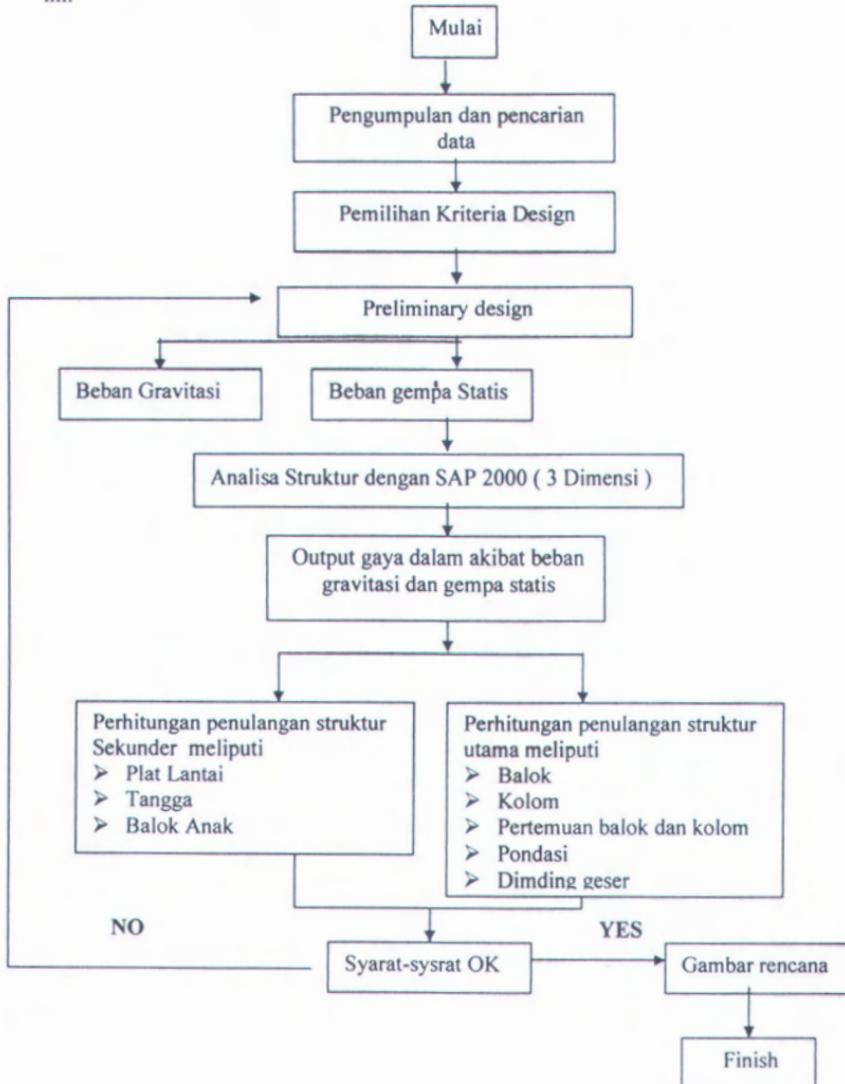
“ Terdapat dua cara buat bangunan aman terhadap gempa, yaitu :

- Membuat struktur dan komponen bangunan kuat serta tahan gempa.
- Meredam getaran gempa dari tanah agar tidak merusak atau menjalar kedalam struktur bangunan bagian atas, untuk meredam getaran gempa digunakan rubber bearing atau base isolation.

Pada prinsipnya bangunan jangan roboh bila terkena gempa kuat bila bangunan roboh dapat menimbulkan kerugian baik material maupun korban jiwa, maka faktor terpenting dari suatu bangunan adalah komponen vertikal seperti tiang, dinding pemikul, dinding geser. Pada gempa kuat balok boleh rusak dinding boleh retak asal komponen vertikal masih kuat berdiri” (Suwandojo sidiq.2006)

I.6 METODOLOGI

Secara garis besar metode penyelesaian ini tergambar dalam flow chart dibawah ini:



1. Pengumpulan dan pencarian data yang diperlukan untuk perencanaan:

- Data – data Lapangan
- Data didapat dari proyek pembangunan gedung Surabaya Refinery Compleks.
- Gedung Surabaya Refinery Compleks terdiri dari gedung yang memiliki ketinggian 3 lantai .
- Denah struktur gedung yang didapat memiliki bentuk yang simetris, dinding untuk sekat antar ruang dari bata hanya sedikit karena banyak yang menggunakan partisi.
- Untuk menunjang dalam perencanaan ulang ini ada beberapa hal yang perlu diasumsikan antara lain :
 - Type bangunan : Perkantoran
 - Letak bangunan: Jauh dari pantai
 - Zone gempa : Zone 5
 - Tingkat Daktilitas : Daktalitas Penuh
 - Mutu beton (f'_c) : 30 MPa
 - Mutu baja (f_y) : BJ TD 400 MPa

2. Studi kepustakaan

- Tata Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung , SNI 03 – 2847 - 2002
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung , SNI 03 – 1726 - 2002
- Beton bertulang suatu pendekatan dasar, Edward G Nawy
- Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa , Prof. Ir. Rahmat Purwono, (2005)

3. Preliminary Design.

Merupakan langkah awal dari perencanaan suatu gedung. Dalam langkah ini kita menentukan dimensi

struktur gedung yang akan kita gunakan dalam perencanaan selanjutnya.

3.1. Perencanaan balok.

SNI – 2002 tabel 8 menyebutkan bahwa balok yang terdapat pada dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum (bila lendutan tidak dihitung):

$$h_{\min} = \frac{1}{21} L$$

- a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m³ sampai 2000 kg/m³, nilai diatas harus dikalikan dengan $(1,65 - (0,0003)W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b. Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

dimana, L : panjang bentang

W_c : berat jenis beton

f_y : mutu baja

3.2. Perencanaan dimensi kolom.

Adapun rumus yang digunakan untuk merencanakan dimensi kolom :

$$f_c = \frac{N_{uk}}{A}$$

$$\bar{f}_c = \frac{1}{3} f'_c$$

dimana , N_{uk} : beban aksial yang diterima kolom.

\bar{f}_c : tegangan ijin

f'_c : kuat tekan beton

A : luas penampang kolom.

3.3. Perencanaan ketebalan pelat.

Menggunakan SNI – 2002 ps.11.5.3.3 dimana :

$\alpha_m \leq 0,2$ (SNI – 2002 ps.11.5.3.2) :

$h = 120 \text{ mm}$, untuk pelat tanpa penebalan.

$h = 100 \text{ mm}$, untuk pelat dengan penebalan.

$\alpha m > 0,2$ dan tidak boleh > 2 , tebal minimum pelat :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \geq 120 \text{ mm}$$

$\alpha m > 2$, tebal minimum pelat :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

3.4. Perencanaan dimensi balok anak.

Untuk dimensi balok anak, menggunakan rumus yang berlaku pada perencanaan balok induk .

4. Pembebanan.

Pembebanan dikelompokkan menjadi dua beban (arah gaya)

4.1. Beban vertical.

- a. Beban mati
- b. Beban hidup

4.2. Beban horisontal.

- a. Beban angin
- b. Beban gempa.

4.3. Kombinasi pembebanan.

Kombinasi pembebanan diatur dalam SNI-2002 ps.11.2

5. Perencanaan struktur sekunder.

Direncanakan terpisah dari struktur utama karena struktur sekunder hanya meneruskan beban yang ada pada struktur utama.

5.1. Perencanaan tulangan pelat.

Tulangan pelat direncanakan setelah memperhitungkan beban yang akan diterima pelat dan momen yang terjadi sesuai PBI'71. Untuk perhitungan tulangan digunakan ratio tulangan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

dimana ,

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_{c'}}}{4f_y} \text{ tidak lebih kecil dari } \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI - 2002 Ps 12.5.1)

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m.R_n}{f_y}} \right]$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b \cdot d x^2}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{bal} \quad (\text{SNI - 2002 Ps 12.3.3.})$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

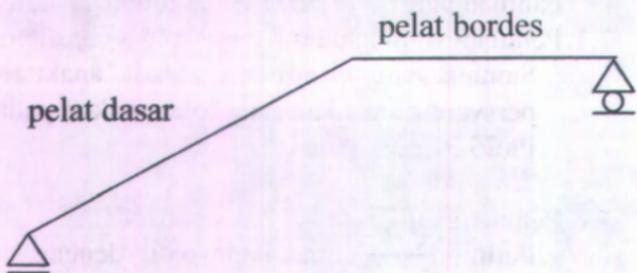
(SNI - 2002 Ps 10.4.3

β = tergantung nilai $f'c$ (SNI - 2002 Ps 12.2.7.3.)

5.2. Perencanaan tulangan tangga.

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana. Gaya-gaya dalam dianalisa dengan perhitungan mekanika teknik biasa. Pada perencanaan struktur tangga ini lebar injakan dan tinggi tanjakan harus memenuhi persyaratan

$$2.t + i = 64 - 67$$



Gambar 1.1. Permodelan struktur tangga

5.3. Perencanaan tulangan balok anak.

Beban pelat yang diteruskan ke balok anak dihitung sebagai beban trapesium, beban segi tiga dan beban dua segi tiga. dengan persamaan :

$$q_{eq} = \frac{1}{2} \cdot q_{pelat} \cdot I_x \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{lx}{ly} \right)^2 \right) ,$$

untuk beban trapesium

$$q_{eq} = \frac{1}{3} \cdot q_{pelat} \cdot I_x$$

,

untuk beban segi tiga.

dari q_{eq} yang terjadi, kita menggunakannya untuk menghitung momen dan gaya geser serta penulangannya (sama dengan penulangan pelat).

6. Analisa struktur.

Gaya – gaya dalam pada rangka utama diperoleh dengan bantuan program SAP 2000.

7. Perhitungan tulangan struktur utama.

Setelah seluruh perhitungan pembebanan selesai, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan penulangan

dari struktur utama yang ada dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SAP 2000.

7.1. Penulangan balok induk.

Sama dengan penulangan balok anak, tetapi terdapat persyaratan tambahan yang diberikan pada SNI – 2002 Ps.23.3.1.

7.2. Penulangan kolom.

Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan hasil output perangkat lunak SAP 2000 yang kemudian menjadi input untuk perangkat lunak PCACOL. Perangkat lunak PCACOL dapat membantu kita dalam merencanakan tulangan kolom.

7.3 Tulangan dinding geser

Penulangan Shearwall direncanakan sesuai SNI – 2002 Ps. 23.6, dengan beban rencana 100% gaya lateral (angin dan gempa). Namun pada kenyataannya gaya lateral yang terjadi masih sedikit terdistribusi ke rangka utama sehingga dalam perencanaan rangka utama masih mampu memikul 10-20% gaya lateral. Perencanaan tulangan dapat dimodelkan sebagai kolom dinding sehingga dapat direncanakan dengan menggunakan bantuan program PCACOL.

7.4 Perencanaan Pondasi

Daya dukung tiang tunggal

Daya dukung nominal total :

$$Q_N = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$$Q_p = \frac{A \cdot q_p}{SF} \text{ dan}$$

$$Q_s = \frac{JHP \cdot keliling}{SF}$$

dimana :

Q_N : daya dukung tiang tiang pancang tunggal.

Q_p : daya dukung akibat perlawanan tanah di ujung tiang.

Q_s : daya dukung akibat lekatan (friction) disepanjang tiang.

A : luas permukaan ujung tiang pancang.

q_p : harga rata-rata dari nilai konus pada kedalaman $4D$ dibawah ujung tiang dan $8D$ diatas ujung tiang.

JHP : jumlah hambatan pelekat dari hasil tes sondir.

SF : angka keamanan dimana untuk beban tetap,

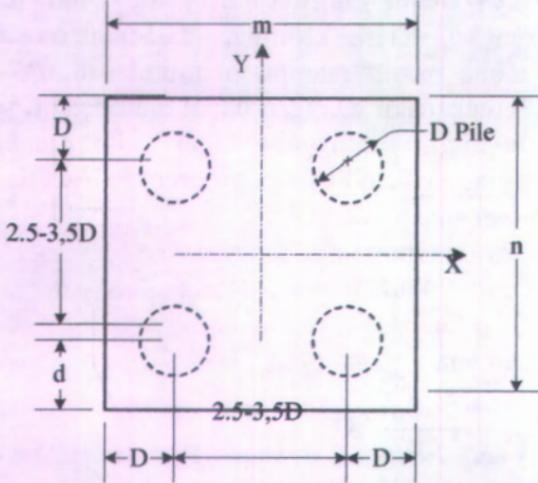
$SF = 3$ (untuk Q_p) dan $SF = 5$ (untuk Q_s)

sedangkan untuk beban sementara,

$SF = 2$ (untuk Q_p) dan $SF = 3$ (untuk Q_s).

Jumlah tiang pancang yang diperlukan (n) :

$$n = \frac{P}{P_u} \quad , \quad S_{\min} = \frac{1,57(D) \min - 2D}{m + n - 2}$$



Gambar — Pile Kelompok

Effisiensi tiang dapat dihitung dengan persamaan *Converse-Labarre* :

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

dengan :

m = jumlah kolom

n = jumlah baris

θ = $\tan^{-1} \left(\frac{D}{s} \right)$

s = spasi c/c antar pile,

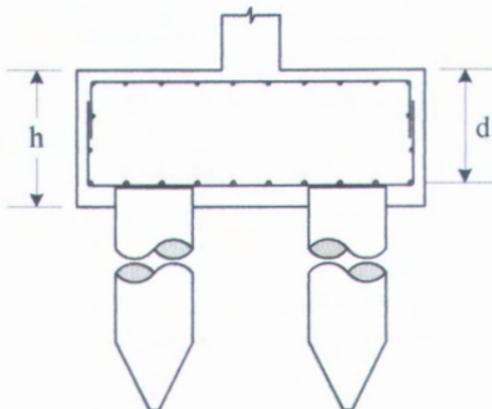
biasanya $3 \sim 3,5D$

$$P_{ijin(\text{group})} = E_g P_u$$

$$P_{ijin} = \frac{P_{total}}{n} \pm \frac{M_y X_{maks}}{\sum X^2} + \frac{M_x Y_{maks}}{\sum Y^2}$$

$$\leq P_{ijin(\text{group})}$$

❖ Perencanaan Poer



Gambar — Pancang

✓ Kontrol Geser Poer

Kuat geser beton :

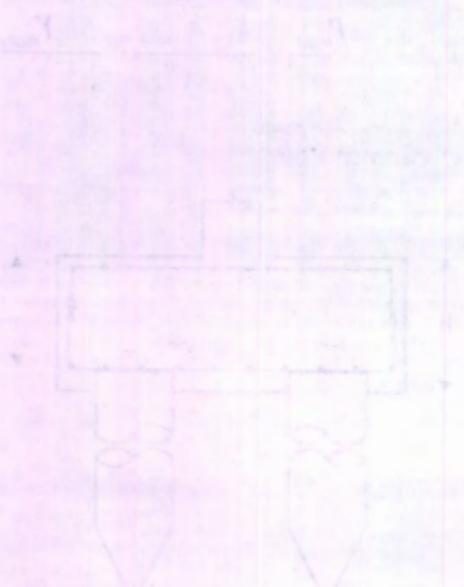
$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_o d \leq \phi \frac{\sqrt{f'_c}}{3} b_o d$$

dengan

β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek poer

b_o = keliling penampang kritis

8. Gambar dengan bantuan program Bantu AUTO CAD.
9. Kesimpulan.



BAB II

DASAR PERENCANAAN

2.1. UMUM

Pada tugas akhir ini akan dimodifikasi dan direncanakan ulang gedung Surabaya Refinery Compleks sesuai peraturan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 dengan Sistem Rangka Gedung.

Pada Building frame system beban gravitasi dipikul sepenuhnya pada frame, shearwall difungsikan menahan gaya lateral. Pada kenyataannya frame sebetulnya juga menerima gaya gempa akan tetapi frame ini tidak direncanakan untuk menerima gaya lateral, oleh karena itu diperlukan adanya suatu elemen yang berperilaku sebagai kolektor elemen sehingga gaya-gaya lateral tadi akan terdistribusikan pada shearwall oleh peranan kolektor elemen tadi. Dalam hal ini yang menjadi kolektor adalah elemen-elemen pelat lantai yang rigid.

2.2. PERATURAN PERENCANAAN

Prosedur dan ketentuan umum perencanaan mengacu pada SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 dengan mempertimbangkan beberapa kategori antara lain:

2.2.1. Gempa rencana dan kategori gedung.

Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun, sedangkan gedung dikategorikan pada Tabel 1 SNI 03-1726-2002 berkaitan dengan faktor keutamaan gedung.

2.2.2. Konfigurasi struktur (beraturan dan tidak beraturan).

Struktur ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan dalam pasal 4.2.1 SNI 03-1726-2002. Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen.



Sedangkan struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut pasal 4.2.1 ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan dan ditentukan melalui analisis respons 3 dimensi.

2.2.3. Daktalitas struktur bangunan.

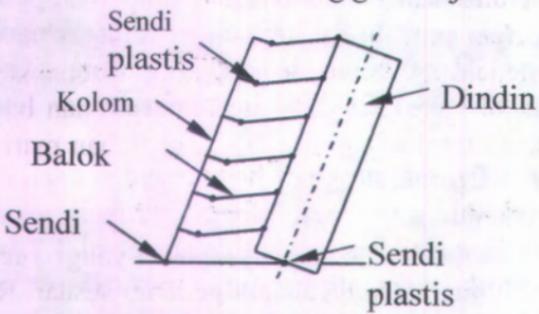
Faktor daktalitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambah keruntuhan δ_m dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya peleahan pertama δ_y yaitu :

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \leq \mu_m$$

dimana $\mu = 1,0$ adalah nilai faktor daktalitas untuk struktur gedung yang berperilaku elastik penuh, sedangkan μ_m adalah nilai faktor daktalitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur gedung. Parameter daktalitas struktur gedung ditabelkan dalam Tabel 2 1 SNI 03-1726-2002.

2.2.4. Perencanaan kapasitas.

Struktur gedung harus memenuhi persyaratan “kolom kuat balok lemah”, artinya ketika struktur gedung memikul pengaruh gempa rencana, sendi-sendi plastis didalam struktur gedung tersebut hanya boleh terjadi pada ujung-ujung balok dan pada kaki kolom dan kaki dinding geser saja.



Gambar 2.1. Mekanisme keruntuhan ideal suatu struktur gedung dengan sendi plastis terbentuk pada ujung-ujung balok, kaki kolom.

2.2.5. Jenis tanah.

Jenis atau tipe profil tanah berpengaruh pada kecepatan perambatan gelombang. Didalam SNI 03-1726-2002 jenis tanah dibedakan menjadi 5,yaitu: tanah keras, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah khusus. Pengaruhnya terhadap gaya gempa ditabelkan pada Tabel 4 SNI 03-1726-2002.

2.2.6. Karakteristik Resiko Wilayah Gempa.

Sesuai SNI 03-1726-2002 wilayah gempa di Indonesia dikategorikan dalam 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan resiko kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 adalah wilayah dengan resiko kegempaan paling tinggi. Pembagian ini didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan perioda ulang 500 tahun.

2.3. PEMBEBANAN DAN KOMBINASI PEMBEBANAN STRUKTUR

2.3.1. Pembebanan.

Untuk pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah:

- Beban mati
Mencakup semua beban yang disebabkan oleh beban sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tidak terpisahkan dari gedung. Beban mati untuk gedung diatur dalam RSNI-03-1727-1989
- Beban hidup
Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian/penggunaan gedung sesuai RSNI-03-1727-1989, termasuk barang – barang dalam ruangan yang tidak permanen.
- Beban angin

Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara RSNI-03-1727-1989

Beban angin untuk gedung diatur dalam RSNI-03-1727-1989

- Beban gempa

Mencakup semua beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut (SNI 03-1726-2002).

Beban geser dasar nominal statik ekuivalen yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C \cdot I}{R} W_t$$

dimana C adalah nilai faktor respons gempa yang didapat dari spektrum respons gempa rencana menurut Gambar 2 SNI 03-1726-2002 untuk waktu getar alami fundamental T sedangkan Wt adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

Beban geser dasar nominal V dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung tersebut dan menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} V$$

dimana :

W_i berat lantai tingkat ke-I, termasuk beban hidup yang sesuai,

z_i ketinggian lantai tingkat ke-I diukur dari taraf penjepitan lateral menurut pasal 5.1.2

n nomor lantai tingkat paling atas.

Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama menggunakan rumus Raleigh sebagai berikut :

$$T_i = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot d_i}}$$

dimana

d_i simpangan horisontal lantai tingkat ke- i dinyatakan dalam (mm)

g percepatan gravitasi = 9810 mm/s^2

untuk waktu getar alami fundamental dapat ditentukan menggunakan rumus waktu getar maksimum :

$$T_i = \zeta \cdot n$$

Dimana n adalah jumlah tingkat dan ζ koefisien dari tabel 8 SNI 03-1726-2002. Hasil daripada T_i empirik ini tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai T_i yang menggunakan rumus Raleigh.

2.3.2. Kombinasi pembebanan.

Dengan menyatakan kekuatan ultimit suatu struktur gedung dan pembebanan ultimit pada struktur gedung itu berturut-turut sebagai :

$$R_u = \phi \cdot R_n$$

$$Q_u = \gamma \cdot Q_n$$

dimana :

ϕ faktor reduksi kekuatan,

R_n kekuatan nominal struktur gedung,

γ faktor beban

Qn pembebanan nominal pada struktur gedung tersebut, maka menurut perencanaan beban dan kuat terfaktor harus dipenuhi persyaratan keadaan batas ultimit sebagai berikut :

$$Ru \geq Qu$$

Faktor-faktor beban untuk beban-beban yang bekerja nilainya ditetapkan dalam standar pembebanan struktur gedung atau dalam standar beton yang berlaku. Faktor-faktor ini kemudian dapat dikombinasikan untuk memperoleh beban yang paling ekstrim, dalam hal ini SNI 03-2847-2002 pasal 11.2 memberikan beberapa kombinasi untuk berbagai macam pembebanan antara lain:

- a. $U = 1,4 D$
- b. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
- c. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
- d. $U = 0,9 D \pm 1,6 W$
- e. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$

2.4. TINJAUAN JENIS STRUKTUR

Didalam SNI 03-1726-2002 jenis struktur dibedakan menjadi 7 sistem dan subsistem yaitu :

1. Sistem dinding penumpu.

Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing.

2. Sistem rangka gedung.

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing.

3. Sistem rangka pemikul momen.

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

4. Sistem ganda.

Terdiri dari:

- Rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi.
- Pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral.
- Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi/sistem ganda.

5. Sistem struktur gedung kolom kantilever.

Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral.

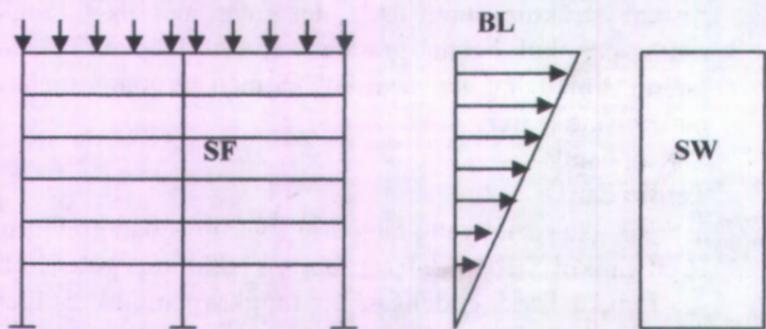
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka.

7. Subsistem tunggal.

Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan.

Didalam Tugas Akhir ini akan membahas perencanaan gedung Surabaya Refinery Compleks dengan sistem rangka gedung (Building Frame System) seperti yang telah dijelaskan diatas.

Dengan menggunakan sistem rangka gedung, semua beban lateral yang bekerja (angin dan gempa) diteruskan oleh elemen-elemen pelat lantai dan sepenuhnya dipikul oleh elemen dinding geser (shear wall), sedangkan rangka utama hanya memikul beban - beban vertikal (beban gravitasi). Dalam hal ini gedung direncanakan pada zone gempa kuat (zone 5) sehingga harus didesign seaman mungkin.



Gambar 2.2. Permodelan pembebanan pada Building Frame System

KET :

- BG : BEBAN GRAVITASI
- BL : BEBAN LATERAL
- SF : SPACE FRAME
- SW : SHEAR WALL

BAB III

PRELIMINARY DESIGN

3.1. PRELIMINARY DESIGN

3.1.1. DATA PERENCANAAN

Bahan yang dipakai untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang. Data-data bahan konstruksi sebagai berikut :

- Beton (f_c') : 30 Mpa
- Baja (f_y) : BJ TD 400 Mpa.
 BJ TP 240 Mpa

3.1.2. DASAR PERHITUNGAN

Adapun peraturan yang digunakan dalam perencanaan gedung ini adalah

- Peraturan Pembebatan Indonesia untuk Gedung tahun 1983 (PPI 83)
- Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI-71)
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03- 2847-2002).

3.1.3. PEMBEBANAN

Gedung diperhitungkan untuk memikul beban-beban sebagai berikut :

1.	Beban Gravitasi	
a.	Beban Mati :	
	- Berat sendiri beton bertulang	:2400 Kg/m ²
	- Adukan finising lantai (1 cm)	:21 Kg/m ²
	- Tegel (1 cm)	:24 Kg/m ²
	- Tembok setengan bata	:250 Kg/m ²
	- Plafon + penggantung	:18 Kg/m ²
b.	Beban Hidup	
	- Lantai atap	:100 Kg/m ²
	- Lantai gedung kantor	:250 Kg/m ²
	- Pelat tangga	:300 Kg/m ²

2. Beban Angin
Jauh dari pantai : 25 Kg/m^2

3. Beban Gempa
Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan berdasarkan SNI 03-1726-2002 zona 5, dengan data terlampir.

3.1.4. PRELIMINARY DESIGN BALOK

f_y : BJ TD 400 Mpa

BJ TP 240 Mpa

f_c' : 30 Mpa

Penentuan tinggi balok minimum (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 tabel 8 dimana bila persyaratan ini telah dipenuhi maka tidak perlu dilakukan kontrol terhadap lendutan:

$$h_{\min} = \frac{1}{21} L$$

(karena $f_y = 400$ Mpa, maka tidak perlu dikalikan dengan faktor tambahan.)

3.1.4.1 Balok induk dengan bentang : $L = 750$ cm.

$$h_{\min} = \frac{1}{21} L$$

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times 750 = 35,71 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= 1/12 \times L \text{ sampai } 1/10 \times L \\ &= 62,5 \text{ sampai } 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi diambil $h = 65$ cm

$$\text{maka : } b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 65 = 43,33 \text{ cm}$$

Jadi digunakan balok dengan ukuran 45/65 cm

3.1.4.2 Balok induk dengan bentang : L = 600 cm.

$$h_{\min} = \frac{1}{21} L$$

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times 600 = 28.57 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = 1/12 \times L \text{ sampai } 1/10 \times L$$

$$= 50 \text{ sampai } 60 \text{ cm}$$

Jadi diambil h = 60 cm

$$\text{maka : } b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

Jadi digunakan balok dengan ukuran 40/60 cm

3.1.4.3 Balok anak dengan bentang :

Dimensi balok anak diambil kurang lebih 2/3 dari dimensi balok induk dengan bentang yang kurang lebih sama dengan bentang balok induk.

$$L = 550 \text{ cm}$$

$$H = 2/3 \times 60 = 40 \text{ cm} \quad \text{diambil } h = 40 \text{ cm}$$

$$B = 2/3 \times 40 = 26,66 \text{ cm} \quad \text{diambil } b = 30 \text{ cm}$$

Jadi digunakan balok anak memanjang dengan ukuran 30/40

3.1.4.4 Perencanaan Dimensi Sloof

Diambil bentang terpanjang = 750 cm (diasumsi kolom sloof jepit-jepit).

$$E_{\text{sloof}} = E_{\text{kolom}} \rightarrow 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{30} \\ = 25743 \text{ Mpa}$$

$$I_{\text{kolom}} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x h^4 = \frac{1}{12} x 55^4 \\ = 762552,08 \text{ cm}^4$$

$$h_{\text{kolom}} = 400 \text{ cm (diambil yang terpanjang)}$$

$$I_{\text{sloof}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \rightarrow b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{1}{12} \times \left(\frac{2}{3} \times h \right) \times h^3 = \frac{1}{18} \times h^4$$

$$\frac{EI_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} = \frac{EI_{\text{sloof}}}{L_{\text{sloof}}}$$

$$\frac{762552,08}{400} = \frac{\frac{1}{18} \times h^4}{750}$$

$$h^4 = 2573613,27 \text{ cm}^4$$

$$h = 40,05 \text{ cm} \rightarrow 50 \text{ cm} = 50 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 50 = 25 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof adalah 300/500

3.1.5. PRELIMINARY DESIGN PELAT

3.1.5.1. Pelat lantai dan atap type A

$$Sn = 375 - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2} \right) = 340 \text{ cm}$$

$$Ln = 550 - \left(\frac{45}{2} + \frac{45}{2} \right) = 505 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{505}{340} = 1,49 < 2 \rightarrow \text{pelat dua arah}$$

Untuk tebal pelat dua arah, dimana pelat dengan balok yang membentang antara tumpuan – tumpuan pada semua sisinya, harus memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3 atau 11.5.3.4 .

Berdasarkan pasal 11.5.3.3 , tebal pelat minimum :

- $\alpha_m \leq 0,2$ maka tebal pelat minimum tanpa peningkatan 120 mm.
- $0,2 < \alpha_m \leq 2$ maka tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}, \text{ tidak boleh } < 120 \text{ mm}$$

- $\alpha_m > 2$ maka tebal pelat minimum harus memenuhi

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}, \text{ tidak boleh } < 90 \text{ mm}$$

Harga α_m diperoleh dari perumusan sebagai berikut :

$$\alpha_m = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{slab} I_{slab}} \quad I_{balok} = K x b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_{slab} = b s \times \frac{t^3}{12}$$

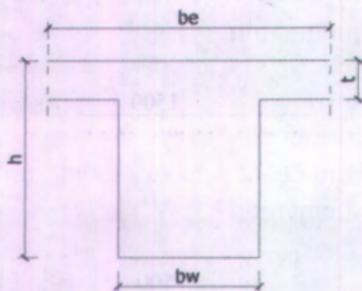
$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{t}{h} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{t}{h} \right)}$$

Perumusan untuk mencari nilai be pada balok :

Balok Tengah :

Nilai be diambil yang terkecil dari :

$$\begin{aligned}be &= bw + 2(h - t) \\be &= bw + 2(4t)\end{aligned}$$



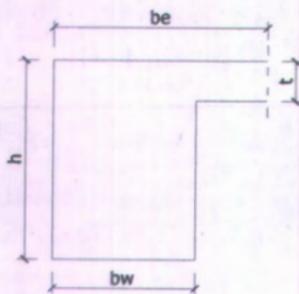
Balok Tepi :

Nilai be diambil yang terkecil dari :

$$be = bw + (h - t)$$

$$be = bw + (4t)$$

dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil.



Contoh untuk pelat A

Balok tengah (45/65)

$$bs = 375 \text{ cm}$$

$$be1 = \frac{1}{4} bs = 93,75 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 8t = 45 + (8 \times 12) = 141 \text{ cm}$$

$$be3 = bw + 2(h - t) = 45 + 2(65 - 12) = 151 \text{ cm}$$

Diambil be = 93,75 cm

$$K = \frac{1 + (be / bw - 1)x(t/h)x\{4 - 6(t/h) + 4(t/h)^2 + (be / bw - 1)(t/h)^3\}}{\{1 + (be / bw - 1)(t/h)\}}$$

$$K = 3,036$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= K \times bw / 12 \times h^3 \\ &= 3,036 \times 45 / 12 \times 65^3 \\ &= 3126605,625 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= bs / 12 \times t^3 \\ &= 375 / 12 \times 12^3 \\ &= 54000 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha = I_{\text{balok}} / I_{\text{slab}} = 3126605,625 / 54000 = 57,90$$

Balok tengah (30/40)

$$Bs = 550 \text{ cm}$$

$$be1 = \frac{1}{4} bs = 137,5 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 8t = 30 + (8 \times 12) = 126 \text{ cm}$$

$$be3 = bw + 2(h - t) = 30 + 2(40 - 12) = 86 \text{ cm}$$

Diambil be = 86 cm (terkecil)

$$K = \frac{1 + (be / bw - 1)x(t/h)x\{4 - 6(t/h) + 4(t/h)^2 + (be / bw - 1)(t/h)^3\}}{\{1 + (be / bw - 1)(t/h)\}}$$

$$K = 2,61$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= K \times b w / 12 \times h^3 \\ &= 2,61 \times 30 / 12 \times 40^3 \\ &= 417665,44 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= b s / 12 \times t^3 \\ &= 550 / 12 \times 12^3 \\ &= 79200 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha = I_{\text{balok}} / I_{\text{slab}} = 417665,44 / 79200 = 5,27$$

Balok tengah (40/60)

$$B_s = 550 \text{ cm}$$

$$b e_1 = \frac{1}{4} b s = 137,5 \text{ cm}$$

$$b e_2 = b w + 8t = 40 + (8 \times 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b e_3 = b w + 2(h - t) = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil $b e = 136 \text{ cm}$ (terkecil)

$$K = \frac{1 + (b e / b w - 1) \times (t / h) \times \{4 - 6(t / h) + 4(t / h)^2 + (b e / b w - 1)(t / h)^3\}}{\{1 + (b e / b w - 1)(t / h)\}}$$

$$K = 2,97$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= K \times b w / 12 \times h^3 \\ &= 2,97 \times 40 / 12 \times 60^3 \\ &= 2145024 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= b s / 12 \times t^3 \\ &= 550 / 12 \times 12^3 \\ &= 79200 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha = I_{\text{balok}} / I_{\text{slab}} = 2145024 / 79200 = 27,08$$

Balok tepi (45/65)

$$B_s = 375 \text{ cm}$$

$$b e_1 = \frac{1}{4} b s = 93,75 \text{ cm}$$

$$b e_2 = b w + (h - t) = 45 + (65 - 12) = 98 \text{ cm}$$

$$b e_3 = b w + 4t = 45 + 4 \cdot 12 = 93 \text{ cm}$$

Diambil $b e = 93 \text{ cm}$

$$K = \frac{1 + (be / bw - 1)x(t / h)x\{4 - 6(t / h) + 4(t / h)^2 + (be / bw - 1)(t / h)^3\}}{\{1 + (be / bw - 1)(t / h)\}}$$

$$K = 3,03$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= K \times bw / 12 \times h^3 \\ &= 3,03 \times 45 / 12 \times 65^3 \\ &= 3120426,563 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= bs / 12 \times t^3 \\ &= 375 / 12 \times 12^3 \\ &= 54000 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= I_{\text{balok}} / I_{\text{slab}} = 3120426,563 / 54000 = 57,78 \\ \alpha m &= (\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4) / 4 = 37,007 \end{aligned}$$

maka :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{505(0,8 + \frac{400}{1500})}{36 + 9 \times 1,49}$$

$$h = 10,90 \text{ cm}$$

maka dipakai tebal plat 12 cm.

- 3.1.5.2. Untuk pelat type lain akan menghasilkan perhitungan yang sama, sehingga didesain tebal pelat atap dan lantai adalah 12 cm.

3.1.6. PRELIMINARY DESIGN KOLOM

Pada Perencanaan kolom mengalami pembebanan paling besar memiliki bentang 475×675 cm.

Tebal Pelat : 12 cm

Tinggi tiap tingkat : Lantai 1-8 = 400 cm

Berdasarkan PPIUG tabel 2.1 :

Beban Mati :

Pelat	:	$(4,75 \times 6,75) \times 0,12 \times 2400 \times 8$	=	73872	Kg
Penggantung	:	$(4,75 \times 6,75) \times 7 \times 8$	=	1795,5	Kg
Plafon	:	$(4,75 \times 6,75) \times 11 \times 8$	=	2821,5	Kg
Balok Induk	:	$(0,4 \times 0,6 \times 7,75) \times 2400 \times 8$	=	35712	Kg
Balok Induk	:	$(0,45 \times 0,65 \times 3,75) \times 2400 \times 8$	=	21060	Kg
Balok Anak	:	$(0,3 \times 0,4 \times 4,75 \times 2) \times 2400 \times 8$	=	10944	Kg
Spesi t=2cm	:	$(4,75 \times 6,75) \times (21 \times 2) \times 7$	=	9426,8	Kg
Tegel t=2cm	:	$(4,75 \times 6,75) \times (24 \times 2) \times 7$	=	10733	Kg
Dinding (1/2 Batu)	:	$(4,75 \times 4) \times (7) \times 250$	=	33250	Kg

Pipa +dueling AC	:	$(4,75 \times 6,75) \times 40 \times 8$	=	10260	Kg
		Berat Total	=	209874,8	Kg

Berdasarkan PPIUG tabel 3.1 :

Beban Hidup :

Atap	:	$(4,75 \times 6,75) \times 100 \times 1$	=	3206,3	Kg
Lantai	:	$(4,75 \times 6,75) \times 250 \times 7$	=	56109, 4	Kg
		Berat Total	=	59315, 7	Kg

Koefisien Reduksi untuk beban hidup (PPIUG tabel 3.3) = 0,9

Jadi total beban untuk beban hidup :

$$DL = 0,9 \times 59315,7 = 53384,11 \text{ Kg}$$

Jadi Berat Total :

$$\begin{aligned} W &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 (209874,8) + 1,6 (53384,11) \\ &= 337264,33 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Mutu Beton = 30 Mpa = 306 Kg/cm²

(1 Mpa = 10,2 Kg/cm²)

Rencana Awal :

$$A = \frac{W}{0,85 \cdot fc'} = \frac{337264,33}{0,85 \times 306} = 1102,17 \text{ cm}^2$$

Dimensi Awal : b² = 1102,17 cm²

$$b = 33,19 \text{ cm} \sim \text{diambil } 55 \text{ cm}$$

Jadi Dimensi Kolom awal digunakan 55/55 cm

3.1.7. PRELIMINARY DESIGN SHEAR WALL

Shearwall pada Building Frame System direncanakan untuk sepenuhnya menahan beban lateral, namun pada kenyataannya struktur kolom pasti juga memberikan kontribusi terhadap pengaruh gaya lateral. Sehingga didalam perencanaan apabila persentase gaya yang diterima shearwall melebihi 80 % dari total gaya lateral, maka struktur dapat dikategorikan dalam Building Frame System.

Untuk perencanaan dimensi awal shearwall menggunakan perbandingan inersia penampang dari shearwall dan kolom, dimana shearwall direncanakan setebal 30 cm.

$$I_k = \frac{1}{12} b.h^3 = \frac{1}{12} \cdot 55.55^3 = 762552,08 \text{ cm}^4$$

$$n_k = 12$$

$$I_{sx} = \frac{1}{12} \cdot b.h^3 = \frac{1}{12} \cdot 30.550^3 = 415937500 \text{ cm}^4$$

$$n_{sx} = 2$$

$$I_{sy} = \frac{1}{12} \cdot b.h^3 = \frac{1}{12} \cdot 30.600^3 = 540000000 \text{ cm}^4$$

$$n_{sy} = 2$$

persentase inersia penampang shear wall:

$$\frac{n_{sx}.I_{sx} + n_{sy}.I_{sy}}{n_{sx}.I_{sx} + n_{sy}.I_{sy} + n_k.I_k} \cdot 100\% \\ = \frac{2.415937500 + 2.540000000}{2.415937500 + 2.540000000 + 32.762552,08} \cdot 100\% \\ = 98,73\% > 80\% \dots \text{OK}$$

Untuk perencanaan menggunakan shear wall dengan ketebalan 30 cm.

3.2. PENULANGAN PELAT

3.2.1. DATA PERENCANAAN

- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Tebal rencana pelat atap dan lantai = 120 mm
- Tebal selimut pelat = 20 mm..
- (SNI-2847-02 ps 9.7.1)
- Diameter tulangan pelat atap = 10 mm
- Diameter tulangan pelat lantai = 10 mm
- Perletakan terjepit penuh ($\alpha_m > 2$).

3.2.2. DASAR PERHITUNGAN

Adapun peraturan yang digunakan dalam perencanaan penulangan pelat adalah :

- Perhitungan pembebanan untuk pelat atap berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
- Kombinasi pembebanan dan aturan penulangan pelat berdasarkan SNI 03-1827- 2002.
- Perhitungan momen pelat berdasarkan PBI 1971.

Nilai-nilai kebutuhan rasio penulangan yang tetap berdasarkan mutu bahan yang digunakan :

- $\beta_1 = 0,85$ (SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7)
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)
- $\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$.
- $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$

$$\begin{aligned} dx &= t_{\text{pelat}} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 - 20 - (1/2 * 10) = 95 \text{ mm} \\ dy &= t_{\text{pelat}} - \text{decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 - 20 - 10 - (1/2 * 10) = 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.2.3. PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT ATAP

3.2.3.1. Pembebaan pelat atap

Beban-beban pelat atap meliputi :

- Beban Mati (DL)

- Berat sendiri ($t = 12 \text{ cm}$)	$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Penggantung langit-langit	$= 7 \text{ kg/m}^2$
- Plafon	$= 11 \text{ kg/m}^2$
- Pipa	$= 40 \text{ kg/m}^2$
- Aspal (1 cm)	$= 14 \text{ kg/m}^2$
- Finishing (1 cm)	$= 22 \text{ kg/m}^2 +$

$$DL = 382 \text{ kg/m}^2$$

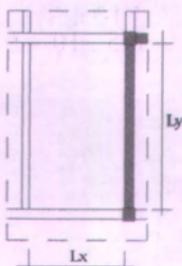
- Beban Hidup

- Beban hidup pada atap	$= 100 \text{ kg/m}^2$
- Beban air hujan	$= 20 \text{ kg/m}^2 +$
	LL = 120 kg/m^2

- Beban Ultimate (q_{ult})

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 1,2 \cdot DL + 1,6 \cdot LL \\ &= (1,2 \cdot 382) + (1,6 \cdot 120) \\ &= 650,4 \text{ kg/m}^2 = 6380,424 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3.2.3.2. Contoh Perhitungan Penulangan Pelat Atap

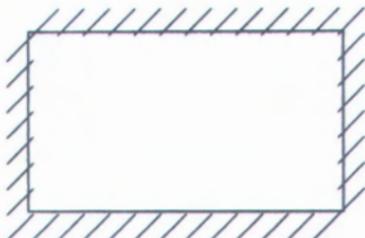


$$Ly = 550 - (45/2 + 45/2) = 505 \text{ cm}$$

$$Lx = 375 - (30/2 + 30/2) = 345 \text{ cm}$$

$$Ly/Lx = 1,463 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Pelat Type A : adalah jepit penuh.



Momen pelat diambil dari PBI 1971 tabel 13.3.2.

- Momen arah sumbu x

$$\begin{aligned}
 M_{Ix} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\
 &= 0,001 \cdot 6380,424 \cdot 3,45^2 \cdot 36 \\
 &= 2733,94 \text{ Nm} \\
 -M_{tx} &= -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\
 &= -0,001 \cdot 6380,424 \cdot 3,45^2 \cdot 76 \\
 &= -5771,67 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Momen arah sumbu y

$$\begin{aligned}
 M_{Ly} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\
 &= 0,001 \cdot 6380,424 \cdot 3,45^2 \cdot 17 \\
 &= 1291,03 \text{ Nm} \\
 -M_{ty} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\
 &= -0,001 \cdot 6380,424 \cdot 3,45^5 \cdot 57 \\
 &= -4328,75 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan penulangan arah X :

Tulangan lapangan arah X

$$Mu = 2733,94 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - 0,5\phi = 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 95 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2733,94 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} \\
 &= 0,378 \text{ N/mm}^2 = 0,378 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n \cdot m}{f_y}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.0,378.15,68}{400}} \right)$$

$$= 0,000954$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 4/3 \cdot 0,000954 = 0,00127$$

$\rho_{\text{alternatif}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ pakai $\rho_{\text{min}} = 0,00342$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00342 \cdot 1000 \cdot 95 = 324,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

Tulangan tumpuan arah X :

$$Mu = 5771,67 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - 0,5 \phi = 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 95 \text{ mm.}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5771,67}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} \cdot 10^3$$

$$= 0,799 \text{ N/mm}^2 = 0,799 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,799 \cdot 15,68}{400}} \right)$$

$$= 0,00203$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 4/3 \cdot 0,00203 = 0,00271$$

$\rho_{\text{alternatif}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ pakai $\rho_{\text{min}} = 0,00342$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00342 \cdot 1000 \cdot 95 = 324,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

- ▣ Kontrol jarak spasi tulangan
(SNI-03- 2847-2002 ps 15.3.2)
- Smax $\leq 2 * h$
 $\leq 2 * 120 = 240 \text{ mm}$

Spasang = 200 mm ≤ 240 mm

- ▣ Kontrol perlu tulangan susut + suhu
(SNI-03-2847-2002 ps 9.12.1)

Didapatkan $\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$

$$As_{\text{susut pasang}} = 0,0018 \times b \times t$$

$$As_{\text{susut perlu}} = 0,0018 \times 1000 \times 95 = 171 \text{ mm}^2$$

$$S < 5h$$

$$< 750 \text{ mm} \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps.9.12.2})$$

Dipasang tulangan Ø10–300 mm (As pasang = 260 mm²)

Kebutuhan penulangan arah Y :

Tulangan lapangan arah Y :

$$Mu = 1291,03 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - \phi x - 0,5 \phi$$

$$= 120 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 85 \text{ mm.}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1291,03 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 85^2} \\ = 0,223 \text{ N/mm}^2 = 0,223 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,223 \cdot 15,68}{400}} \right) \\ = 0,000559$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 4/3 \cdot 0,000559 = 0,000747$$

$$\rho_{\text{alternatif}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}} = 0,00342$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00342 \cdot 1000 \cdot 85 = 290,7 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

Tulangan tumpuan arah Y :

$$Mu = -4328,75 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - \phi x - 0,5 \phi$$

$$= 120 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 85 \text{ mm.}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4328,75 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 85^2} \\ = 0,742 \text{ N/mm}^2 = 0,742 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,742 \cdot 15,68}{400}} \right) \\ = 0,00188$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 4/3 \cdot 0,00188 = 0,00251$$

$$\rho_{\text{alternatif}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}} = 0,00342$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0037 \cdot 1000 \cdot 85 = 290,7 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan $\varnothing 10 - 200$ ($As = 392,7 \text{ mm}^2$).

■ Kontrol jarak spasi tulangan

(SNI-03-2847-2002 ps 15.3.2)

$$S_{\text{max}} \leq 2 * h$$

$$\leq 2 * 120 = 240 \text{ mm}$$

$$Spasang = 200 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

■ Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI-03-2847-2002 ps 9.12.1)

$$\text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$$

$$As_{\text{susut pasang}} = 0,0018 \times b \times t$$

$$S < 5h$$

$< 750 \text{ mm} \dots \dots \dots$ (SNI-03-2847-2002 ps.9.12.2)

Dipasang tulangan $\varnothing 10 - 300 \text{ mm}$

($As_{\text{pasang}} = 262 \text{ mm}^2$)

3.2.4. PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT LANTAI

3.2.4.1. Pembebaan Pelat lantai

Beban-beban pelat lantai meliputi :

- **Beban mati (DL)**

- Berat sendiri ($t = 12 \text{ cm}$)	$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Plafon + penggantung	$= 18 \text{ kg/m}^2$
- Pipa	$= 40 \text{ kg/m}^2$
- Spesi	$= 90 \text{ kg/m}^2$
- Partisi (tebal = 3 cm)	$= \underline{30 \text{ kg/m}^2} +$
	DL $= 466 \text{ kg/m}^2$

- **Beban hidup (LL)**

-Beban hidup untuk lantai	$= \underline{250 \text{ kg/m}^2}$
	LL $= 250 \text{ kg/m}^2$

- **Beban Ultimate (q_{ult})**

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= (1,2 \cdot 466) + (1,6 \cdot 250) \\ &= 959,2 \text{ kg/m}^2 = 9409,75 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3.2.4.2. Contoh Perhitungan Penulangan Pelat Lantai Pelat Type A : adalah jepit penuh.

$$Ly = 550 - (45/2+45/2) = 505 \text{ cm}$$

$$Lx = 375 - (30/2+30/2) = 345 \text{ cm}$$

$$Ly/Lx = 1,464 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Momen pelat diambil dari PBI 1971 tabel 13.3.2.

- Momen arah sumbu x

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\ &= 0,001 \cdot 9409,75 \cdot 3,45^2 \cdot 36 \\ &= 4031,98 \text{ Nm} \\ -M_{tx} &= -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \end{aligned}$$



$$= -0,001 \cdot 9409,75 \cdot 3,45^2 \cdot 76 \\ = -8511,96 \text{ Nm}$$

- Momen arah sumbu y

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\ &= 0,001 \cdot 9409,75 \cdot 3,45^2 \cdot 17 \\ &= 1903,99 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -M_{ty} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C \\ &= -0,001 \cdot 9409,75 \cdot 3,45^2 \cdot 57 \\ &= -6383,9 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Kebutuhan penulangan arah X :

Tulangan lapangan arah X

$$Mu = 4031,98 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - 0,5\phi = 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 95 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4031,98 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} \\ &= 0,558 \text{ N/mm}^2 = 0,558 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n \cdot m}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,558 \cdot 15,68}{400}} \right) \\ &= 0,00141 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ alternative} = 4/3 \cdot \rho \text{ perlu}$$

$$= 4/3 \cdot 0,00141 = 0,00188$$

$$\rho \text{ alternatif} < \rho \text{ min} \rightarrow \text{pakai } \rho \text{ min} = 0,00342$$

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00342 \cdot 1000 \cdot 95 = 324,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

Tulangan tumpuan arah X :

$$\mu = -8511,96 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - 0,5\phi = 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 95 \text{ mm.}$$

$$R_n = \frac{\mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{8511,96 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} \\ = 1,18 \text{ N/mm}^2 = 1,18 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,18 \cdot 15,68}{400}} \right) \\ = 0,0032$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 4/3 \cdot 0,0032 = 0,00402$$

$$\rho_{\text{alternatif}} > \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{alt}} = 0,00402$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00402 \cdot 1000 \cdot 95 = 382,38 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

Kebutuhan penulangan arah Y :

Tulangan lapangan arah Y :

$$\mu = 1903,99 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - \phi x - 0,5\phi$$

$$= 120 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 85 \text{ mm.}$$

$$R_n = \frac{\mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1903,99 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 85^2} \\ = 0,329 \text{ N/mm}^2 = 0,329 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.0,329.15,68}{400}} \right) \\ = 0,00083$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 4/3 \cdot 0,00083 = 0,0011$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}} = 0,00342$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00342 \cdot 1000 \cdot 85 = 290,7 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

Tulangan tumpuan arah Y :

$$Mu = 6383,9 \text{ Nm}$$

$$d = t - \text{deckling} - \phi x - 0,5 \phi$$

$$= 120 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 85 \text{ mm.}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{6383,9 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1000 \cdot 85^2} \\ = 1,10 \text{ N/mm}^2 = 1,10 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,10 \cdot 15,68}{400}} \right)$$

$$= 0,0028$$

$$\rho_{\text{alternative}} = 4/3 \cdot \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 4/3 \cdot 0,0028 = 0,0038$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{alt}} = 0,0038$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0038 \cdot 1000 \cdot 85 = 320 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø10 – 200 (As = 392,7 mm²).

- ▣ Kontrol jarak spasi tulangan.

(SNI-03-2847-2002 ps 15.3.2)

$$S_{\text{max}} \leq 2 * h \\ \leq 2 * 120 = 240 \text{ mm}$$

Spasang = 200 mm ≤ 240 mm

- ▣ Kontrol perlu tulangan susut + suhu
(SNI-03-2847-2002 ps 9.12.1)

Didapatkan $\rho_{susu\ pakai} = 0,0018$

$$As_{susut\ pasang} = 0,0018 \times b \times t$$

$$As_{susut\ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 85 = 153 \text{ mm}^2$$

$$S < 5h . (\text{SNI-03-2847-2002 ps.9.12.2})$$

Dipasang tulangan Ø10–300 mm

(As pasang = 262 mm²)

- ▣ Kontrol Lendutan (SNI-03-2847-2002 ps.11.5.3.4)

Karena tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

Kontrol retak

Kontrol retak (SNI-03-2847-2002 ps.12.6)

$$z_s = f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$$

≤ 30 MN/m untuk struktur di dalam ruangan

≤ 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar,

f_s diambil 60 % dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c = jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \cdot s$; dengan n adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$d_c = 20 + \frac{1}{2} 10 = 25 \text{ mm}$$

$$A = 2 * 25 * 200 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$z_s = 0,6 \cdot 400 \cdot \sqrt[3]{25 * 10000} = 15119,05 \text{ N/mm}$$

$$= 15,119 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m}$$

.....OK!

Pelat aman terhadap retak.

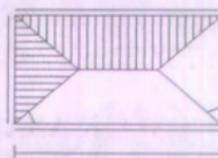
3.3. PERENCANAAN BALOK ANAK

3.3.1. DATA PERENCANAAN

- Panjang balok anak = 550 cm
- Mutu Beton = 30 MPa
- Mutu Baja = 400 Mpa BJ TD
- Balok anak dihitung sebagai *balok tulangan tunggal*
- Diameter tulangan untuk balok anak = 16 mm
- Diameter sengkang = 10 mm

3.3.2. DASAR PERHITUNGAN

- Distribusi beban pelat pada balok

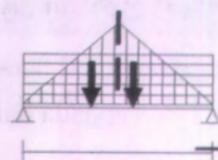


➤ beban pada pelat :

$$q / \text{m}^2$$

$$\gg P = 1/2 \cdot q \cdot l_x$$

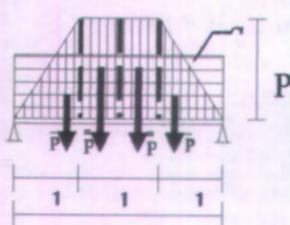
- Beban segitiga



$$\gg \bar{P} = 1/4 \cdot P \cdot l_x \\ = 1/8 \cdot q \cdot l_x \cdot l_y^2$$

$$\gg q_{eq} = 1/3 \cdot q \cdot l_x$$

- Beban trapesium



$$\gg \bar{P} = 1/2 \cdot P \cdot (l_y - l_x) \\ = 1/4 \cdot q \cdot l_x \cdot (l_y - l_x)$$

$$\gg q_{eq} = P \left(1 - \frac{l_x^2}{3 \cdot l_y^2} \right) \\ = 1/2 \cdot q \cdot l_x \left(1 - \frac{l_x^2}{3 \cdot l_y^2} \right)$$

$$\beta_1 = 0,85$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7)

- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$
- $\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244.$
- $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68.$

3.3.3. PEMBEBANAN PADA BALOK ANAK

Diambil sebagai contoh perhitungan adalah pada grid (6' / A - B) , dimana perencanaan balok anak difungsikan sebagai penerima beban dari plat berupa beban trapesium dengan : $I_x = 1,5 \text{ m}$; $I_y = 5,5 \text{ m}$.

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa BJ TD}$$

3.1.3.1 Beban-beban yang bekerja pada balok anak

a. Beban Pelat Atap

Beban mati

- Beban sendiri balok : $0,30 \cdot 0,40 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}$

-Beban mati pelat :

$$2 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 382 \cdot 1,5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{150}{550} \right)^2 \right) \right) = 558,79 \text{ kg/m}$$

$$= 846,79 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

Beban hidup pelat :

$$2 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 1,50 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{150}{550} \right)^2 \right) \right) = 175,54 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DD} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \cdot (846,79) + 1,6 \cdot (175,54) \\ &= 1226,796 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban Pelat LantaiBeban mati

- Beban sendiri balok : $0,30 \cdot 0,40 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 288 \text{ kg/m}$

- Beban mati pelat :

$$2 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 466 \cdot 1,50 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{150}{550} \right)^2 \right) \right) = 681,67 \text{ kg/m}$$

$$= 969,67 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

Beban hidup pelat : $2 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 250 \cdot 1,5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{150}{550} \right)^2 \right) \right) =$

 $365,71 \text{ kg/m}$

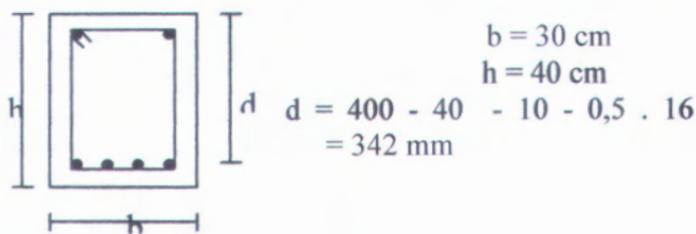
$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DD} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \cdot (969,67) + 1,6 \cdot (365,71) \\ &= 1748,74 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Jadi Menggunakan q_u pelat lantai $= 1748,74 \text{ kg/m}$

Perhitungan momen ultimate pada balok anak menerus dengan bentang lebih dari 2 dan balok anak menyatu dengan struktur pendukung (balok induk), berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2002 pasal 10.3.3

$$\begin{aligned} Mu_{tump} &= 1/10 \cdot q_u \cdot Lu^2 \\ Mu_{lap} &= 1/14 \cdot q_u \cdot Lu^2 \end{aligned}$$

3.3.4. PERHITUNGAN TULANGAN LAPANGAN (BALOK TUNGGAL)



$$\begin{aligned} Mu_{lap} &= 1/14 \cdot q_u \cdot Lu^2 \\ &= 1/14 \cdot 1748,74 \cdot 5,1^2 \\ &= 3248,91 \text{ kg m} = 31871798,27 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{31871798,27}{0,8 \cdot 300 \cdot (342)^2} = 1,14 \text{ N/mm}^2 = 1,14 \text{ MPa}$$

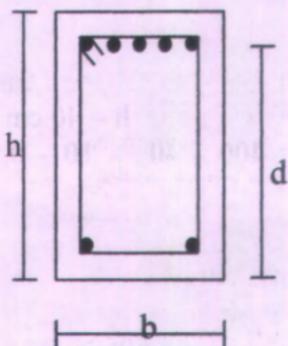
$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right| \\ &= \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,14 \cdot 15,68}{400}} \right| \\ &= 0,0029 < \rho_{min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 300 \times 342 = 361,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan 4D16 → $As = 804,2 \text{ mm}^2$
($As' = 2D16 ; 0,5 As$)

Kontrol Jarak (S)

$$\frac{30 - (2 \times 4,0) - (2 \times 1,0) - (4 \times 1,6)}{3} = 4,5 \text{ cm} > 2,5 \text{ cm}$$

3.3.5. PERHITUNGAN TULANGAN TUMPUAN

$$\begin{aligned} b &= 30 \text{ cm} \\ h &= 40 \text{ cm} \\ d &= 400 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 16 \\ &= 342 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu_{tump} &= 1/10 \cdot qu \cdot Lu^2 \\ &= 1/10 \cdot 1748,74 \cdot 5,1^2 \\ &= 4548,47 \text{ kgm} = 44620517,58 \text{ Nmm.} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{44620517,58}{0,8 \cdot 300 \cdot (342)^2} = 1,58 \text{ N/mm}^2 = 1,58 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right| = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,59 \cdot 15,68}{400}} \right| = 0,0041 > \rho_{min}$$

$$\begin{aligned} As \ perlu &= \rho_{perlu} \times b \times d \\ &= 0,0041 \times 300 \times 342 = 420,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

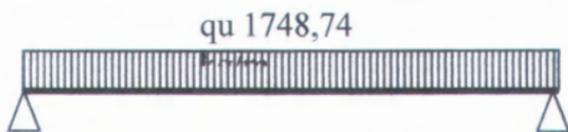
Jadi dipakai tulangan **5D16** → **As = 1005,3 mm²**
(As' = 2D16; 0,25As)

Kontrol Jarak (S)

$$\frac{30 - (2 \times 4,0) - (2 \times 1,0) - (5 \times 1,6)}{4} = 3 \text{ cm} > 2,5 \text{ cm}$$

3.3.6. PENULANGAN GE SER

Suatu penampang beton menggunakan tulangan geser bila $v_n > v_c$



Gaya geser pada muka perletakan :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_n = \frac{1}{2} \cdot 1748,74 \cdot 5,1 \\ = 4459,29 \text{ Kg} = 43745,605 \text{ N}$$

Dengan perbandingan segitiga, bisa didapat besar gaya geser sejarak d balok dari muka tumpuan

$$V_u \text{ sejarak } d = \frac{43745,605 \times 2408}{2750} = 38273,43 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\theta} = \frac{38273,43}{0,85} = 45027,56 \text{ N}$$

Kapasitas geser beton

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)

$$= 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 300.342 = 93660,56 \text{ N}$$

$$V_n < V_c$$

$$45027,56 \text{ N} < 93660,56$$

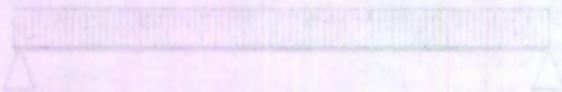
Maka SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.(4(1)) dan 13.5.(4(3)) membatasi spasi maksimum tulangan geser sebesar:

$$\text{atau } s_{\max} = d/2 = 344/2 = 172 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 600 \text{ mm}$$

Namun apabila $V_s > 1/3 \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_{c'}}$ maka s yang ditentukan diatas harus dikurangi menjadi separuhnya (termasuk SRPMK).

maka dipasang sengkang :



3.4. PERENCANAAN STRUKTUR TANGGA

3.4.1. DATA PERENCANAAN

- Mutu Baja (fy) = 400 Mpa
- Mutu beton (fc') = 30 Mpa
- Diameter tulangan lentur = 12 mm
- Diameter tulangan pembagi = 8mm
- Selimut beton = 20 mm
- Perbedaan elevasi lantai = 400 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Lebar bordes = 140 cm
- Tebal plat dasar tangga = 15 cm
- Tebal plat bordes = 15 cm
- Tinggi injakan (t) = 17 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm

Sehingga :

$$2t + i = (2 \cdot 17) + 30 = 64 \text{ cm} \rightarrow 60 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$$

(OK)

$$\text{Jumlah anak tangga dari lantai ke bordes : } \frac{400}{2} \times \frac{1}{17} =$$

$11,76 \approx 12$ buah.

$$\text{Bentang Tangga} = 30 \times 12 = 360 \text{ cm}$$

Kemiringan tangga (α) :

$$\text{arc tg} = \frac{200}{360} = 29,05^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Bentang Miring tangga} &= 3,6 \times \cos 29,05 \\ &= 4,12 \text{ m} \end{aligned}$$

3.4.2. DASAR PERHITUNGAN

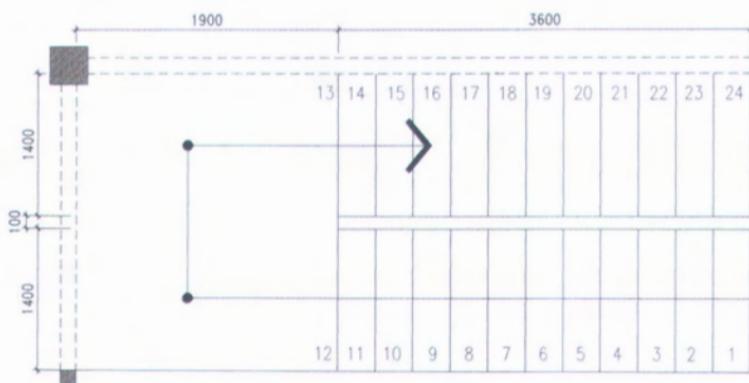
Dalam perencanaan ini tangga diasumsikan sebagai frame dimana kondisi ujung perletakan dianggap sendi sedangkan pada bordes dianggap rol.

Ketentuan perencanaan injakan dan kemiringan tangga yang baik adalah :

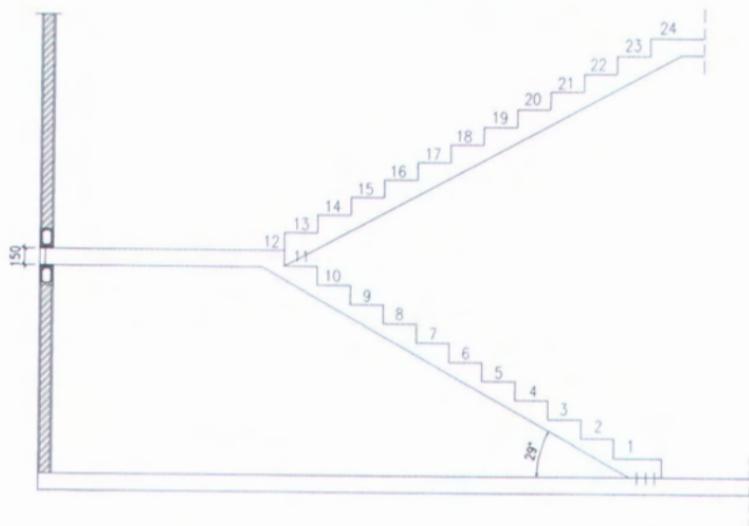
$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

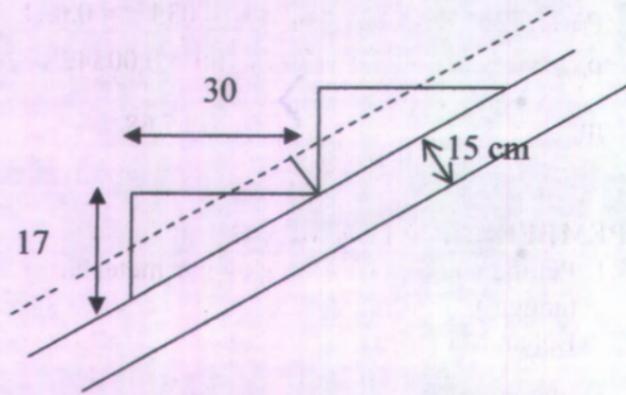
Dimana :	$t =$	Tinggi injakan (cm)
	$i =$	Lebar injakan (cm)
	$\alpha =$	Kemiringan injakan



Gambar 3.1 Denah Tangga



Gambar 3.2 Potongan Tangga



Gambar 3.2. Tebal rata-rata pelat.

Perhitungan tebal rata – rata pelat :

$$t_1 = 17 \text{ cm} ; t_2 = \frac{1}{2} \times 17 \text{ coc } (29,05) \\ = 7,43 \text{ cm}$$

$$t_r = t_1 + t_2 \\ = 15 + 7,43 = 22,43 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$$

Untuk perhitungan rasio penulangan:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{fc' - 30}{7} \right) = 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 30}{7} \right) \\ = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,75 \cdot 0,033 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c'}/4.f_y = \sqrt{30}/4.400 = 0,00342$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

3.4.3. PEMBEBANAN TANGGA

3.4.3.1. Pembebanan Pada Tangga (per meter lari lebar anak tangga)

Beban Mati

$$\text{Plat tangga} = 0,23 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{1}{\cos 29,05}$$

$$= 631,43 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 2 \text{ cm} \cdot 24 \text{ kg/m}^2$$

$$= 48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \cdot 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Railling kayu} = 10 \text{ kg/m}^2$$

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

$$q_D = 731,44 \text{ kg/m}$$

$$\underline{\text{Beban Hidup}} = q_L = 1 \cdot 300 \text{ kg/m}^2$$

$$= 300 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= 1,2 \cdot 731,44 + 1,6 \cdot 300 = 1357,72 \text{ kg/m}$$

3.4.3.2. Pembebanan Pada Bordes

Beban Mati

$$\text{Plat bordes} = 0,15 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 2 \text{ cm} \cdot 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \cdot 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}$$

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

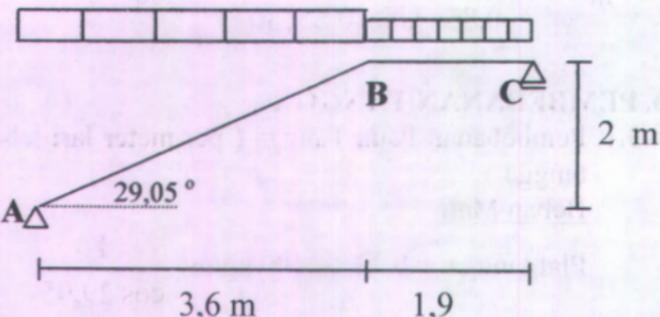
$$\begin{array}{l} \text{Beban Hidup} \\ \text{= } q_L = 1 \cdot 300 \text{ kg/m}^2 \\ \text{= } 300 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ \text{= } 1,2 \cdot 450 + 1,6 \cdot 300 = 1020 \text{ kg/m} \end{array}$$

TAN 29,05 = 0,55

$$q_u = 1357,72 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1020 \text{ kg/m}$$



Gambar 3.3. Pembebatan tangga

$$\sum MA = 0$$

$$RC \cdot 5,5 = (1020 \cdot 1,9 \cdot 4,55) + (1357,72 \cdot 3,6 \cdot 1,8)$$

$$RC \cdot 5 - (1020 \cdot 1,9 \cdot 4,55) + (1357,72 \cdot 3,6 \cdot 1,8) = 0$$

$$RC = \frac{(1020 \cdot 1,9 \cdot 4,55) + (1357,72 \cdot 3,6 \cdot 1,8)}{5,5}$$

$$= 3202,89 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$(1020 \cdot 1,9) + (1357,72 \cdot 3,6) - 3202,89$$

$$= 3622,90 \text{ kg}$$

$$RA = 3622,90 \text{ kg}$$

BIDANG D

$$\begin{array}{l} D \text{ di A} = RA \cos 29,05 = 3622,90 \cdot \cos 29,05 \\ = 3167,13 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} D \text{ di B kr} = (RA - Q_{ult}) \cos 29,05 \\ = (3622,9 - 1357,72 \cdot 3,6) \cos 29,05 \\ = -1105,76 \text{ kg} \end{array}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,75 \cdot 0,033 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_{c'}} / 4 \cdot f_y = \sqrt{30} / 4 \cdot 400 = 0,00342$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

3.4.3. PEMBEBANAN TANGGA

3.4.3.1. Pembebanan Pada Tangga (per meter lari lebar anak tangga)

Beban Mati

$$\text{Plat tangga} = 0,23 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{1}{\cos 29,05}$$

$$= 631,43 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 2 \text{ cm} \cdot 24 \text{ kg/m}^2$$

$$= 48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \cdot 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Railling kayu} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$= \underline{10 \text{ kg/m}}$$

$$q_D = 731,44 \text{ kg/m}$$

$$\underline{\text{Beban Hidup}} = q_L = 1 \cdot 300 \text{ kg/m}^2$$

$$= 300 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= 1,2 \cdot 731,44 + 1,6 \cdot 300 = 1357,72 \text{ kg/m}$$

3.4.3.2. Pembebanan Pada Bordes

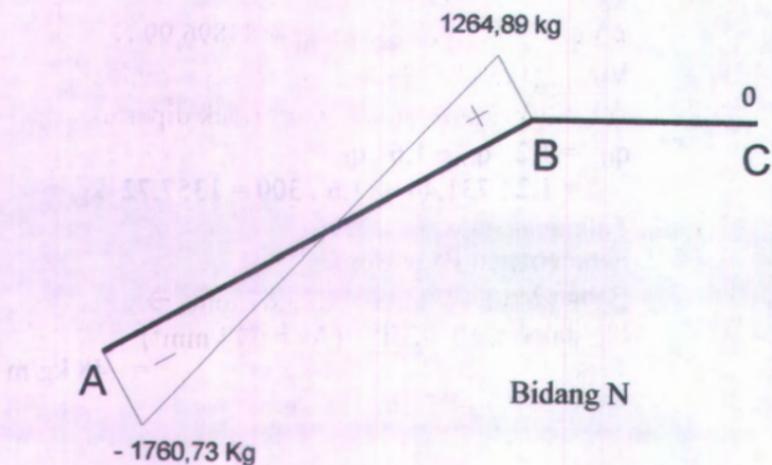
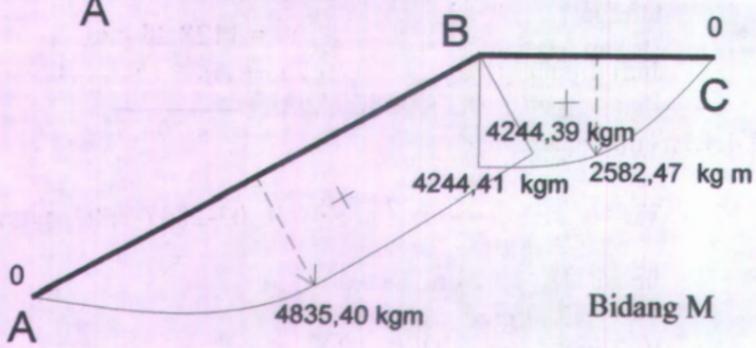
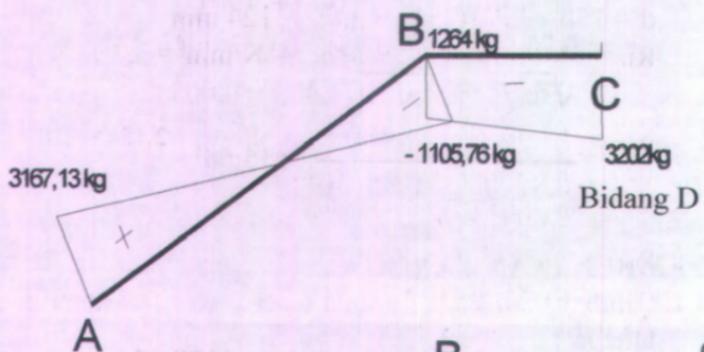
Beban Mati

$$\text{Plat bordes} = 0,15 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 2 \text{ cm} \cdot 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \cdot 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}$$

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



3.4.4. PERHITUNGAN PENULANGAN TANGGA

Penulangan lentur tangga

$$d = 150 - 20 - (0,5 \cdot 12 \text{ mm}) = 124 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{41637,47}{0,8 \cdot 1 \cdot (0,124)^2} = 3384939,6 \text{ N/mm}^2 = 3,38 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right| = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 3,38}{400}} \right| \\ = 0,0091 > \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0091 \times 1000 \times 124 = 1128,28 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan D12 - 75 → $A_s = 1509 \text{ mm}^2$

3.4.4.1. Tulangan Geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} \cdot b \cdot d \quad (\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ pasal } 13.3.1.2)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 1000 \cdot 124$$

$$V_c = 113195,99 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 113195,99 = 84896,99 \text{ N}$$

$$V_u = 31420,35 \text{ N}$$

$\phi V_c > V_u \rightarrow$ tulangan geser tidak diperlukan

3.4.4.2. Tulangan Bagi

$$A_s = 20\% \cdot A_{s\text{perlu}}$$

$$= 20\% \cdot 1128,28 = 225,67 \text{ mm}^2 \rightarrow \\ \text{pakai D10 - 250 } (A_s = 314 \text{ mm}^2)$$

3.4.5. PERHITUNGAN PENULANGAN BORDES

Penulangan lentur bordes.

$$R_n = \frac{31213,94}{0,8 \cdot 1 \cdot (0,124)^2} = 2537554,35 \text{ N/mm}^2 = 2,54 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right| = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,54}{400}} \right| \\ = 0,0067 > \rho_{\min}$$

$$d = 150 - 20 - (0,5 \cdot 12 \text{ mm}) = 124 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \cdot e \times d \\ = 0,0067 \times 1000 \times 124 = 831,069 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan D12-100 → As = 1131 mm²

3.4.5.1. Tulangan Geser.

$$\phi V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 1000 \cdot 124 = 84896,99 \text{ N}$$

$$V_u = 29300 \text{ N}$$

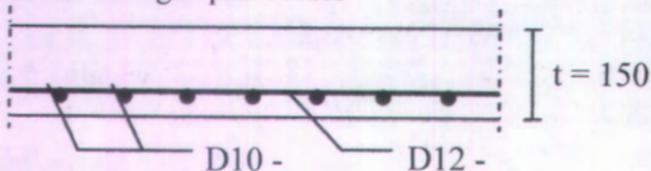
$\phi V_c > V_u \rightarrow$ tulangan geser tidak diperlukan

3.4.5.2. Tulangan Bagi.

$$As = 20\% \cdot As_{\text{perlu}}$$

$$As = 20\% \cdot 1131 = 226,2 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{pakai D10 - 300} \\ (As = 262 \text{ mm}^2)$$

Gambar tulangan plat bordes



Gambar 3.5. Penulangan pelat bordes.

BAB IV

ANALISA DAN PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

4.1. ANALISA STRUKTUR UTAMA

4.1.1. UMUM

Struktur utama adalah komponen utama dari struktur bangunan yang berfungsi menahan pembebanan yang berasal dari beban hidup ataupun beban mati. Struktur utama disamping mampu menahan beban gravitasi juga direncanakan mampu menahan beban lateral berupa beban gempa dan angin.

4.1.2. DATA PERENCANAAN

Nama gedung	:	Gedung kantor Surabaya
Refinery Complex		
Lokasi	:	Jalan Rungkut Industri Raya
No. 18 Surabaya		
Tinggi	:	8 lantai (32 m)
Luas denah	:	$15 \times 43,5 \text{ m}^2$
Mutu baja (fy)	:	400 MPa
Mutu beton (fc)	:	30 MPa
Zone gempa	:	zone 5
Dimensi kolom	:	$55 \times 55 \text{ cm}^2$
Dimensi balok induk	:	$40 \times 60 \text{ cm}^2$
Dimensi balok anak	:	$30 \times 40 \text{ cm}^2$

4.1.3. PERMODELAN STRUKTUR

Perancangan gedung perkuliahan ini menggunakan metode building frame system, dimana beban gravitasi dipikul sepenuhnya pada frame, shearwall difungsikan menahan gaya lateral. Pada kenyataannya frame sebetulnya juga menerima gaya gempa akan tetapi frame ini tidak direncanakan untuk menerima gaya lateral, oleh karena itu

diperlukan adanya suatu elemen yang berperilaku sebagai kolektor elemen sehingga gaya-gaya lateral tadi akan terdistribusikan pada shearwall oleh peranan kolektor elemen tadi. Dalam hal ini yang menjadi kolektor adalah elemen-elemen pelat lantai yang rigid. Maka perlu didesign struktur utama balok – kolom yang tidak runtuh dalam menahan translasi yang besar akibat dari beban lateral dan tidak rusak ketika menerima beban gempa yang kecil.

Perhitungan gaya – gaya dalam struktur akan menggunakan program bantu SAP 2000.

Untuk memenuhi persyaratan yang disebut diatas maka struktur dimodelkan menjadi 3 permodelan :

a. Pemodelan I

- Digunakan untuk mencari gaya dalam frame akibat berat sendiri, beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

b. Permodelan II

- Digunakan untuk mencari translasi yang ditimbulkan oleh beban lateral
- Digunakan untuk mencari gaya dalam pada shear wall akibat berat sendiri dan beban lateral.

c. Permodelan III

- Digunakan untuk mencari gaya dalam pada frame akibat translasi dari pemodelan II, berat sendiri, beban mati, dan beban hidup.

Dalam permodelan I ini ditujukan untuk mendapatkan gaya dalam akibat gravitasi , dan gaya gempa. Pada permodelan I kekakuan semua elemen tetap ada dengan input beban gravitasi, dan beban gempa.

Pada permodelan II gaya lateral yang terjadi sepenuhnya dipikul oleh shear wall , untuk itu kekakuan dari elemen frame direduksi sedangkan kekakuan dari shear wall tetap ada sehingga solah – olah gaya lateral dapat diterima sepenuhnya oleh shear wall.

Permodelan II ini mempunyai tujuan :

- Mendapatkan besarnya translasi Δm yang terjadi pada komponen penahan gaya lateral (shear wall)

$$\Delta m = 0.7 \times R \times \Delta s$$

Δs adalah besarnya output displacement yang dihasilkan
- Untuk mendapatkan gaya dalam akibat gempa dan berat sendiri pada shearwall.
 Permodelan ini dimaksudkan bahwa frame harus mampu menerima beban gravitasi pada saat displacement terbesar pada tiap tingkat kearah lateral akibat gempa, hal ini dimaksudkan agar struktur tidak boleh runtuh saat beban gempa terbesar terjadi. Untuk permodelan III ini struktur memiliki perilaku yang sama dengan permodelan I namun beban yang bekerja pada struktur adalah beban joint displacement sebesar Δm dari pemodelan II. Pemodelan ini selanjutnya untuk menentukan konsep perhitungan yang bekerja pada struktur non SPBL.

4.1.4. KOMBINASI PEMBEBANAN

- a. 1,4 D
- b. 1,2 D + 1,6 L
- c. 1,2 D + 1,0 L ± 1,0 E

4.1.5. PERHITUNGAN PEMBEBANAN

4.1.5.1. Beban vertikal (beban gravitasi)

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur adalah :

- Berat sendiri yang berkaitan dengan dimensi balok dan kolom, dimana merupakan material concrete dengan berat 2400 kg/m³.
- Beban pelat mencakup berat sendiri pelat dan beban-beban yang bekerja diatasnya, dimana:
 - Beban pelat lantai
 - Beban mati = 466 kg/m²

- Beban hidup = 250 kg/m²

Beban pelat atap

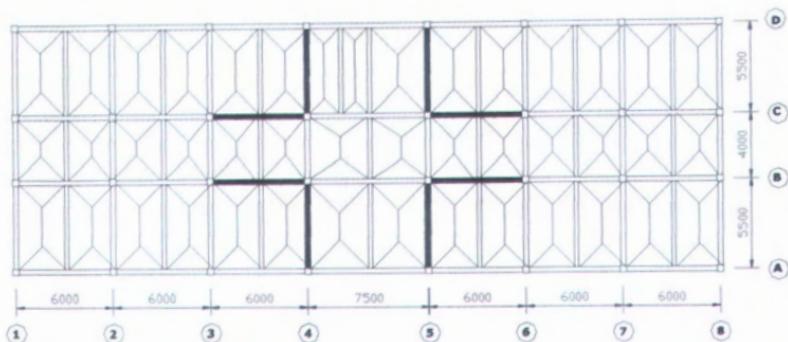
- Beban mati = 382 kg/m²
- Beban hidup = 120 kg/m²

Berat dinding $\frac{1}{2}$ bata yang digunakan sebagai dinding pembatas ruangan sebesar 250kg/m².

Beban Mati dan Hidup

Berat sendiri balok sebagai beban mati tidak dimasukkan dalam pembebanan tapi dipakai sebagai frame dalam analisa struktur SAP 2000. Dimana dalam Pre-Elemenary Design digunakan balok induk 40/60,balok anak 30/40 dan kolom 55/55.

Pembeban Balok Atap



Gambar 4.1 Distribusi pembebanan atap

a) Pembeban Balok Atap Melintang

❖ Balok As (8 / A-D), (1 / A - B)

❖ Grid A - B & C - D

$$\begin{array}{lll} qd & = 382 \text{ kg/m}^2 & \cdot Lx = 150 \text{ cm} \\ ql & = 120 \text{ kg/m}^2 & \cdot Ly = 550 \text{ cm} \end{array}$$

Beban mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Beban mati pelat : } & \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) \\ & = 279 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup (LL)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup pelat : } & \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) \\ & = 89.23 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

❖ **Grid B - C**

$$qd = 382 \text{ kg/m}^2 \quad Lx = 150 \text{ cm}$$

$$ql = 120 \text{ kg/m}^2 \quad Ly = 400 \text{ cm}$$

Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 273.07 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 85.78 \text{ kg/m}$$

- ❖ **Balok As (2/ A-D), (3/ A - D), (6 /A - D), (7/ A - D)**

❖ **Grid A - B**

Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) = 558.79 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) = 175.56 \text{ kg/m}$$

❖ **Grid B - C**Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 546.14 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 171.56 \text{ kg/m}$$

❖ **Balok As (4 A-D), (5 A - D)**❖ **Grid B – C**Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 546.14 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 171.56 \text{ kg/m}$$

b) Pembebatan Balok Atap Memanjang

a. Balok As. (B / 1 – 8) & (C / 1 – 8)

❖ Grid (6 – 7), (7 – 8), (1 – 2), (2 – 3)

$$\begin{aligned} q_d &= 382 \text{ kg/m}^2 \\ q_l &= 120 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{4} * 382 * 3 \right) = 573 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\begin{aligned} &\left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 \\ &+ \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) \times 2 + 1368 = 2682 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat : } 2 * \left(\frac{1}{4} * 120 * 3 \right) = 180 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 + \\ \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) \times 2 = 412.92 \text{ kg}$$

❖ Grid (4 – 5)

Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{4} * 382 * 3.75 \right) = 716.25 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Bebanmatipelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 382 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 \\ + \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.75 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.75}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75$$

$$\begin{aligned}
 & + 1368 + \left(\frac{1}{2} * 382 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{4} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\
 & = 3866 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{4} * 120 * 3.75 \right) = 225 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times \\
 & 2.75 \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.75 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.75}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 + \\
 & \left(\frac{1}{2} * 120 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{4} \right)^2 \right) \right) \times 2 = 760.52 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Balok As. (A / 1 - 8) & (D / 1 - 8)

❖ Grid (2 - 3), (6 - 7), (7 - 8)

Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$\left(\frac{1}{4} * 382 * 3 \right) = 286.5 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 382 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{2.275} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 + 792 = 1560 \text{ kg}$$

Beban hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat : } \left(\frac{1}{4} * 120 * 3 \right) = 90 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 120 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{2.275} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 = 241.36 \text{ kg}$$

❖ Grid (4 - 5)

Beban mati (DL)

$$\text{Beban mati pelat : } \left(\frac{1}{4} * 382 * 3.75 \right) = 358 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 382 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 + 792 \\ = 1738.7 \text{ kg}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

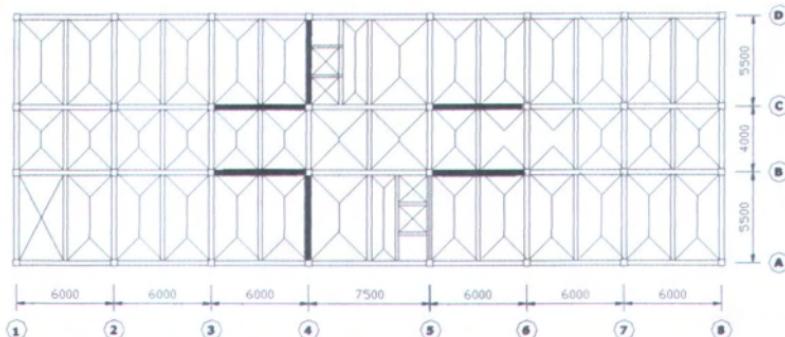
$$\left(\frac{1}{4} * 120 * 3.75 \right) = 112.5 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat

$$\left(\frac{1}{2} * 120 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 = 297.38 \text{ kg}$$

Pembebanan Balok Lantai



Gambar 4.2 Distribusi pembebanan melintang lantai

a) Pembebanan Balok Lantai Memanjang

- ❖ **Balok (A / 1-8), (D / 1-8)**
- ❖ **Grid(1-2), (2-3), (6-7), (7-8)**

$$q_d = 466 \text{ kg/m}^2 \quad L_x = 150 \text{ cm}$$

$$q_l = 250 \text{ kg/m}^2 \quad L_y = 550 \text{ cm}$$

Beban mati (DL)

$$\text{Beban mati pelat : } \left(\frac{1}{4} * 466 * 3 \right) = 349.5 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 + 792 = 1729 \text{ kg}$$

Beban hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat : } \left(\frac{1}{4} * 250 * 3 \right) = 187.5 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 = 502.84 \text{ kg}$$

❖ **Balok 4 - 5**Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$\left(\frac{1}{4} * 466 * 3.75 \right) = 436.87 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) \times 2.75 + 792$$

$$= 1946.86$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{4} * 250 * 3.75 \right) = 234.375 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 = 619.89 \text{ kg}$$

❖ **Balok (B / 1 – 8), (C / 1 – 8)**

❖ Grid(1 – 2), (2 – 3), (6 – 7), (7 – 8)

Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{4} * 466 * 3 \right) = 699 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 +$$

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) x 2 + 1368 = 2974.23 \text{ kg}$$

Beban hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat : } 2 * \left(\frac{1}{4} * 250 * 3 \right) = 375 \text{ kg/m}$$



Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 +$$

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) x 2$$

$$= 860.26 \text{ kg}$$

❖ **Balok 4 - 5**Beban mati (DL)

Beban mati pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{4} * 466 * 3.75 \right) = 873.74 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat:

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) x 2.75 +$$

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{4} \right)^2 \right) \right) x 2 +$$

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.75 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.75}{5.5} \right)^2 \right) \right) x = 2.75 + 1368 \\ = 4416.08 \text{ kg}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$2 * \left(\frac{1}{4} * 250 * 3.75 \right) = 468.75 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{5.5} \right)^2 \right) \right) x = 2.75 \\ + \left(\frac{1}{2} * 250 * 1.875 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.875}{4} \right)^2 \right) \right) x 2 = 1054.31 \text{ kg}$$

Pembebatan Balok lantai Melintang

- ❖ **Balok (8 / A - d), (1 / A - D)**
- ❖ **Grid A - B, C - D**

Beban mati pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) = 340.83 \text{ kg/m}$$

Beban mati terpusat(PD)

Beban mati pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 466 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 333.11 \text{ kg}$$

Beban hidup (LL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{5.5} \right)^2 \right) \right) = 182.85 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terpusat (PL)

Beban hidup pelat :

$$\left(\frac{1}{2} * 250 * 1.5 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.5}{4} \right)^2 \right) \right) = 178.71 \text{ kg}$$

4.1.5.2. Beban lateral (beban gempa)

a. Perhitungan beban tiap lantai

Lantai 8 (atap)

Beban mati:

- Pelat atap.

$$[(15 \cdot 43,5) \text{ m}^2] \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 = 187920 \text{ kg}$$

- Balok induk.

$$\begin{aligned} [(43,5 \text{ m} \cdot 4 \text{ bh}) + (15 \text{ m} \cdot 8 \text{ bh})] \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ = 169344 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Balok anak.

$$\begin{aligned} [(15 \text{ m} \cdot 7 \text{ bh}) + (5,5 \cdot 1)] \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ = 31824 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kolom.

$$2,0 \text{ m} \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 32 \text{ bh} \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 = 46464 \text{ kg}$$

- Plafon dan penggantung.

$$(15 \cdot 43,5) \text{ m}^2 \cdot [11+7] \text{ Kg/m}^2 = 11745 \text{ kg}$$

- Pipa dan ducting AC.

$$(15 \cdot 43,5) \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ Kg/m}^2 = 32625 \text{ kg}$$

- Finishing.

$$[(15 \cdot 43,5) \text{ m}^2] \cdot 2 \text{ cm} \cdot 21 \text{ Kg/m}^2 = 27405 \text{ kg}$$

- Dinding setengah bata

$$2 (15+43,5) \cdot 2 \cdot 250 = 58500 \text{ kg}$$

- Dinding geser.

$$(4 \cdot 5,5 + 4 \cdot 6 \text{ m}) \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^2 = 66240 \text{ kg}$$

- Aspal.

$$[(15 \cdot 43,5 \text{ m}^2)] \cdot 0,01 \cdot 1400 \text{ Kg/m}^3 = 9135 \text{ kg}$$

Total beban mati $\mathbf{W_{m8}} = 641202 \text{ kg}$

Beban hidup

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

Koef. Red. = 0,3 (PPIUG 1983 Tabel 3.3 Koefisien reduksi beban hidup, untuk peninjauan gempa gedung perkantoran

$$\mathbf{W_{h8}} = 0,3 \cdot [(15 \cdot 43,5 \text{ m}^2)] \cdot 100 \text{ kg/m}^2 = 19575 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Total Lantai 8 : } \mathbf{W_8} &= \mathbf{W_{m8}} + \mathbf{W_{h8}} \\ &= 660777 \text{ kg} \end{aligned}$$

Lantai 1-7 (lantai)

Beban Mati :

- Pelat lantai.

$$\begin{aligned} &(15 \cdot 43,5 - 3 \cdot 5,50 \text{ m}^2) \cdot 0,12\text{m} \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 183168 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Balok induk.

$$\begin{aligned} &[(43,5 \text{ m} \cdot 4 \text{ bh}) + (15 \text{ m} \cdot 8 \text{ bh}) \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3] \\ &= 170496 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Balok anak.

$$\begin{aligned} &(15 \text{ m} \cdot 7 \text{ bh} + 5,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ bh}) \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 31838,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kolom.

$$4,0 \text{ m} \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 32 \text{ bh} \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 = 92928 \text{ kg}$$
- Plafon dan penggantung.

$$(15 \cdot 43,5 - 3 \cdot 5,50) \text{ m}^2 \cdot [11+7] \text{ Kg/m}^2 = 11448 \text{ kg}$$
- Pipa dan ducting AC.

$$(15 \cdot 43,5 - 3 \cdot 5,50) \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ Kg/m}^2 = 31800 \text{ kg}$$
- Finishing.

$$[(15 \cdot 43,5 - 3 \cdot 5,50)] \cdot 2\text{cm} \cdot 21 \text{ Kg/m}^2 = 26712 \text{ kg}$$
- Dinding setengah bata.

$$[2.(15+43,5) + 6] \cdot 4 \text{ m} \cdot 250 \text{ Kg/m}^2 = 123000 \text{ kg}$$
- Dinding geser.

$$(4 \cdot 6 + 4 \cdot 5,5 \text{ m}) \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 = 132480 \text{ kg}$$
- Tegel.

$$[(15 \cdot 43,5 - 3 \cdot 5,50)] \cdot 2 \text{ cm} \cdot 24 \text{ Kg/m}^2 = 30528 \text{ kg}$$
- Tangga.

$$0,23 \cdot 3,6 / \cos 29,05 \cdot 1,4 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2 = 6364,89 \text{ kg}$$
- Finishing tangga.

$$\{(0,3 \cdot 1,4 \text{ m} \cdot 12 \text{ bh}) \cdot (21+24 \text{ kg/m}^2) \cdot 2\text{cm}\} \cdot 2 = 707,2 \text{ kg}$$

$$\{(0,17 \cdot 1,75 \text{ m} \cdot 12 \text{ bh}) \cdot (21+24 \text{ kg/m}^2) \cdot 2\text{cm}\} \cdot 2 = 514,08 \text{ kg}$$

- Bordes.

$$\{[(1,4 \cdot 3,0 \cdot 0,15) \cdot 2400 \text{ kg/m}^3] + [(1,4 \cdot 3,0) \cdot (21+24 \text{ kg/m}^2) \cdot 2 \text{ cm}]\} = 1890 \text{ kg}$$

Total beban mati $W_{m1-7} = 843874,57 \text{ kg}$

Beban hidup

$$q = 250 \text{ kg/m}^2 \text{ untuk lantai}$$

Koef. Red. = 0,3 (PPIUG 1983 Tabel 3.3 Koefisien reduksi beban hidup, untuk peninjauan gempa gedung sekolah

$$W_{h1-7} = 0,3 \cdot ((15 \cdot 43,5) \cdot 250 \text{ Kg/m}^2) = 48937,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Total Lantai 1-7 : } W_{1-7} &= W_{m1-7} + W_{h1-7} \\ &= 892812,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Gaya Gempa pada tiap lantai :

1. Waktu Getar Bangunan (T).

$$T_x = T_y < \zeta \cdot n \text{ (Tabel 8 SNI 03-1726-2002)}$$

Untuk wilayah gempa 5 , $\zeta = 0,16$

$$T_x = T_y = 0,16 \cdot 8 = 1,28 \text{ detik}$$

2. Koefisien Gempa Dasar (C).

C diperoleh dari peraturan gempa berdasarkan zona bangunan, dalam hal ini zona 5 dan jenis

tanah tempat didirikan bangunan, dalam hal ini tanah lunak.

Untuk $T_x = T_y = 1,28$ detik diperoleh harga $C = 0,70$

3. faktor Keutamaan I dan Faktor reduksi gempa R.
Untuk bagunan umum $I = 1,0$ dan $R = 5,5$ untuk struktur dinding geser beton bertulang.
4. Gaya Geser Horisontal Total akibat Gempa.

$$V_x = V_y$$

$$= \frac{C \cdot I}{R} W_t$$

$$= \frac{0,7 \cdot 1,0}{5,5} \cdot (660777 + 7 \cdot 892812,07) \\ = 976634,16 \text{ kg} = 976634,16 \text{ KN}$$

5. Distribusi Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa ke Sepanjang Tinggi Gedung.

Distribusi dilakukan sesuai rumus (27) yang berada di SNI 1726 Ps 6.1.3
dimana :

$$F_i = (W_{hi}/\sum W_{hi}) \times V_i$$

Tingkat	hi(m)	Wi(Kg)	Wi.hi(Kgm)	Fi x,y	Vi (Kg)
8	32	660777	21144864	170470,76	170470,76
7	28	892812,07	24998737,96	201540,85	372011,61
6	24	892812,07	21427489,68	172749,3	544760,91
5	20	892812,07	17856241,4	143957,75	688718,66
4	16	892812,07	14284993,12	115166,2	803884,86
3	12	892812,07	10713744,84	86374,65	890259,51
2	8	892812,07	7142496,56	57583,1	947842,61
1	4	892812,07	3571248,28	28791,55	976634,16
Total		6910461,49	121139815,8	976634,16	

Tabel 4.1. Distribusi gaya akibat beban gempa.

4.1.6. KONTROL DRIFT

Dari hasil analisa struktur yang dilakukan diperoleh data drift tiap tingkat struktur:

Story	Item	Δs (mm)	Drift Δs antar tingkat (mm)	Δm (mm)	Drift Δm antar tingkat (mm)
STORY8	Max Drift X	24	3,1	92,40	11,94
STORY7	Max Drift X	20,9	3,8	80,47	14,63
STORY6	Max Drift X	17,1	3,8	65,84	14,63
STORY5	Max Drift X	13,3	3,7	51,21	14,25
STORY4	Max Drift X	9,6	3,5	36,96	13,48
STORY3	Max Drift X	6,1	3	23,49	11,55
STORY2	Max Drift X	3,1	1,8	11,94	6,93
STORY1	Max Drift X	1,3	1,3	5,01	5,01

Tabel 4.2. Drift struktur dari hasil analisa SAP 2000

dimana Δm merupakan nilai maksimum penyimpangan inelastis yang dihitung sesuai SNI 03-1426-2002 pasal 8.2. yaitu $\Delta m \sim 0,7 \cdot R \cdot \Delta s$

Menurut SNI 03-1426-2002 pasal 8.1.2. untuk memenuhi syarat kinerja batas layan, maka besarnya drift antar tingkat (Δs) tidak boleh melebihi $\frac{0,03}{R} \cdot h_i$ atau 30 mm,

bergantung yang mana yang nilainya terkecil. Pembatasan ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya peleahan baja dan keretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non struktural dan ketidaknyamanan penghuni.

Selain itu pada pasal 8.2.2 , SNI juga membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur yang akan membawa korban jiwa manusia dengan membatasi nilai Δm antar tingkat tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

Story	h_i (mm)	Drift Δs antar tingkat (mm)	Batasan Δs (mm)	Drift Δm antar tingkat (mm)	Batasan Δs (mm)
STORY8	4000	3,1	21,82	11,94	80
STORY7	4000	3,8	21,82	14,63	80
STORY6	4000	3,8	21,82	14,63	80
STORY5	4000	3,7	21,82	14,25	80
STORY4	4000	3,5	21,82	13,48	80
STORY3	4000	3	21,82	11,55	80
STORY2	4000	1,8	21,82	6,93	80
STORY1	4000	1,3	21,82	5,01	80

Tabel 4.3. Batasan drift.

Dari tabel terlihat bahwa pembatasan Δs antar tingkat dan Δm antar tingkat untuk perencanaan dengan Sistem Rangka Gedung ini dipenuhi.

4.2. PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

4.2.1 PENULANGAN BALOK INDUK

Perencanaan penulangan balok induk dapat dilakukan setelah mendapat gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur utama dari hasil analisa menggunakan program SAP 2000. Perhitungan mengacu pada peraturan beton yang berlaku yaitu SNI 03-2847-2002.

Dari hasil analisa struktur dan setelah diredistribusi sesuai ketentuan maka diperoleh momen-momen pada balok utama,

Contoh hasil analisa struktur dengan SAP 2000 untuk balok lantai (1 - 7) panjang 6 m. Memiliki nilai momen yang hampir sama, maka diambil nilai momen terbesar yang terdapat pada elemen frame nomor 298 akibat $1,2 D + 1,6 L$

$$\text{Momen tumpuan} = -23923 \text{ kg-m}$$

$$\text{Momen lapangan} = 10963 \text{ kg-m}$$

Nilai-nilai kebutuhan rasio penulangan yang tetap berdasarkan mutu bahan yang digunakan :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \left(\frac{fc' - 30}{7} \right) \\ &= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 30}{7} \right) = 0,85. \end{aligned}$$

- ρ balance

$$= \frac{0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

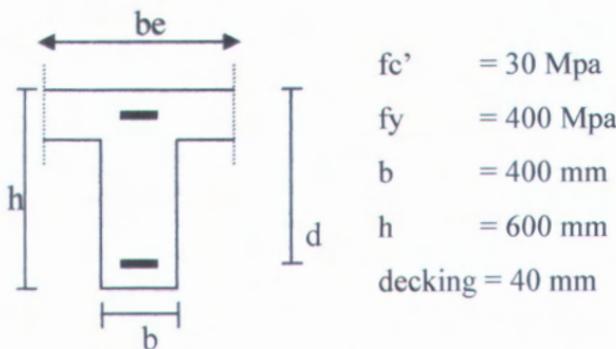
$$= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

- $\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0245$
- $\rho_{\text{min}} = \sqrt{f_{c'}} / 4 \cdot f_y$
 $= \sqrt{30} / 4 \cdot 400 = 0,00342$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 15,68$

4.2.1.1. Penulangan lentur balok induk

Penulangan lapangan balok induk (balok T)

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 10963 / 0,8 \\ &= 13703,75 \text{ kgm} = 134296,75 \text{ Nm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} d &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 \\ &= 540,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

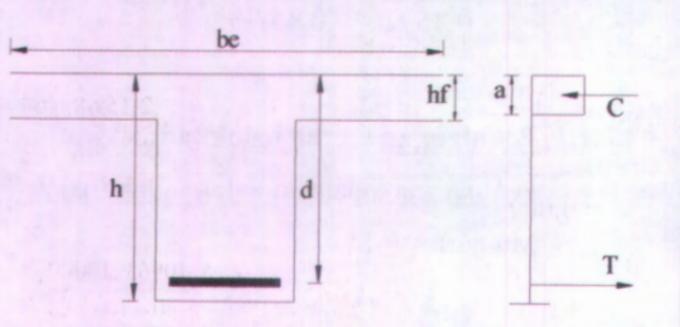
Lebar effektif flens → SNI 03-2847-2002 ps 10.10.2

$$be1 \leq \frac{1}{4} bs = 1500 \text{ mm}$$

$$be2 \leq bw + 8t = 400 + (8 \times 120) = 1360 \text{ mm}$$

$$be3 \leq bw + \frac{1}{2} ln = 400 + \frac{1}{2} 5650 = 3225 \text{ mm}$$

Jadi diambil $be = 1360 \text{ mm}$



Mencari harga a :

$$C = 0,85 \cdot f_{c'} \cdot a \cdot be$$

$$T = As \cdot f_y$$

dimana $C=T$

$$M_n = C \cdot (d - \frac{1}{2}a) = M_{n_{\text{perlu}}}$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot a \cdot 1360 (540,5 - \frac{1}{2}a) \times 10^3 \text{ Nm}$$

$$= 134296,75 \text{ Nm}$$

$$= 34,68 \cdot a \cdot (540,5 - \frac{1}{2}a) = 134296,75 \text{ Nm}$$

$$\rightarrow 17,34 a^2 - 18744,54,14 a + 134296,75 = 0$$

didapat : $a_1 = 992 \text{ mm}$

$a_2 = 78,08 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai terkecil}$

Karena $a = 78,08 \text{ mm} < h_f = 120 \text{ mm}$, maka berlaku perilaku penampang persegi:

$$Mu = 10963 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{(1-\delta)Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{(1-0,25)10963 \cdot 10000}{0,8 \cdot 400 \cdot 540,5^2}$$

$$= 0,88 \text{ MPa}$$

$$\rho\delta = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,88}{400}} \right|$$

$$= 0,0023$$

$$\rho' = \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,25 \cdot 10963 \cdot 10000}{0,8 \cdot 400 \cdot (535,5 - 40 - 10 - 9,5) \cdot 400 \cdot 535,5}$$

$$= 0,00084$$

$$P = \rho\delta + \rho' = 0,0023 + 0,00084 = 0,00314 < \rho_{min}$$

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,00342 \cdot 1360 \cdot 540,5 = 2513,97 \text{ mm}^2$$

Dipakai 10 D 19 $\rightarrow As = 2833,85 \text{ mm}^2$

$$As' = \rho' \cdot b \cdot d = 0,00084 \cdot 400 \cdot 540,5 = 181,61 \text{ mm}^2$$

Dipakai 5 D19 $\rightarrow As' = 1416,93 \text{ mm}^2$

Kontrol Mu (tulangan tekan leleh)

$$\begin{aligned}
 Mu &= \emptyset [(As - As')fy(d-a/2) + As'fy(d-d')] \\
 &= 0,8[(2833,851416,93)400(540,578,08/2)+850. \\
 &\quad 400.(540,5-60) \\
 &= 444182484,2 \text{ Nmm} > Mu_{lap} = 107547030 \\
 &\text{Nmm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Penulangan tumpuan balok induk :

$$\begin{aligned}
 Mn \text{ perlu} &= Mu / \phi \\
 &= 23923 / 0,8 \\
 &= 29903,75 \text{ kgm} = 293355,8 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Untuk penulangan tumpuan

$$Mu = 23923 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{(1-\delta)Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{(1-0,5) \cdot 23923 \cdot 10000}{0,8 \cdot 400 \cdot 540,5^2} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho\delta &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,3}{400}} \right| \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot f_y \cdot (d-d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,5 \cdot 23923 \cdot 10000}{0,8 \cdot 400 \cdot (540,5 - 40 - 10 - 9,5) \cdot 400 \cdot 540,5} \\
 &= 0,00367
 \end{aligned}$$

$$\rho = \rho\delta + \rho' = 0,0035 + 0,00367 = 0,0072 > \rho_{min}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0072 \cdot 400 \cdot 540,5 = 1556,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 7 D19} \rightarrow As = 1986 \text{ mm}^2$$

$$As' = p' \cdot b \cdot d = 0,00367 \cdot 400 \cdot 540,5 = 793,45 \text{ mm}^2$$

Dipakai 5D19 → $As' = 1417 \text{ mm}^2$.

Kontrol Mu (tulangan tekan leleh)

$$\begin{aligned} Mu &= \emptyset [(As - As') fy (d-a/2) + As' fy (d-d')] \\ &= 0,8[(19861417)400(540,556,12/2)+1417.400.(540,5-60)] \\ &= 2578382995 \text{ Nmm} > Mu \text{ lap} = 234684630 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan tulangan lentur

- Tulangan tumpuan atas = 7 – Ø19
- Tulangan tumpuan bawah = 5 – Ø19
- Tulangan lapangan atas = 5 – Ø19
- Tulangan lapangan bawah = 10 – Ø19

4.2.1.2 Penulangan Geser Balok 40 x 60 cm

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI-2847-2002 pasal 23.3.3(2)
 $s < d/4 = 540,5/4 = 135,125\text{mm}$ (*menentukan*)
 $s < 8Ø$ tulangan memanjang = $8 \times 19 = 152 \text{ mm}$
 $s < 24Ø$ tulangan sengkang = $24 \times 10 = 240 \text{ mm}$

Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI-2847-2002 pasal 23.3.3(4) :

$s < d/2 = 540,5/2 = 270,25\text{mm}$ (*menentukan*)

Penulangan Geser Tumpuan Balok

Perhitungan gaya geser

Momen tumpuan negatif

$$a = \frac{As(1,25 \times fy)}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{1986(1,25 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 400} = 97,35 \text{ mm}$$

$$M_{pr^-} = As \cdot 1,25 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1986 \cdot 1,25 \cdot 400 \left(535,5 - \frac{111,13}{2} \right)$$

$$= 583415,76 \text{ Nmm} = 483,42 \text{ kNm}$$

Momen tumpuan positif

$$a = \frac{As(1,25 \times fy)}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{1417(1,25 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 400} = 69,46 \text{ mm}$$

$$M_{pr^+} = As \cdot 1,25 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1417 \cdot 1,25 \cdot 400 \left(535,5 - \frac{69,46}{2} \right)$$

$$= 354,79 \text{ kNm}$$

Gaya geser total pada muka tumpuan
(muka kolom s/d 2h) :

Akibat Mpr

$$\begin{aligned} V_{e,A-B} &= \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{L} \\ &= \frac{483,42 + 354,79}{5,6} \\ &= 149,68 \text{ k Nm} \end{aligned}$$

Akibat beban gravitasi terfaktor (1,2 D + L) :

$$Vu = 138,37 \text{ k N} \text{ (output SAP 2000)}$$

Total gaya geser (Vu) = 288,05 k N

$$Vc = 0 \text{ (SNI-2847-2002 pasal 23.3.4(2))}$$

$$Vs = \frac{V_e}{\phi} - Vc = \frac{288,05}{0,75} - 0 = 384,07 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (SNI-2847-2002 pasal 11.3.2(3))}$$

Diameter sengkang = 10 mm, direncanakan 2 kaki

$$Av = 2 \times \frac{1}{4} \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}^2 ; fy = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{Av \times fy \times d}{Vs} \\ &= \frac{157 \times 400 \times 535,5}{384,07 \times 1000} = 87,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang $2\varnothing 10 - 70$ mm sepanjang $2h = 2.600 = 1200$ mm dari muka kolom, dimana tulangan geser pertama dipasang 5 cm dari muka kolom.

Penulangan Geser Lapangan Balok

Pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis ($> 2h$)

$$V_{u,2h} = 146,42 \text{ kN}$$

$$V_n = 146,42 / 0,75 = 195,23 \text{ kN}$$

Untuk daerah di daerah luar sendi plastis ini, kuat geser beton diperhitungkan yakni sebesar :

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6) \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= (1/6) \sqrt{30.400} . 540,5 \\ &= 197,536 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75 \quad (\text{SNI-2847-2002 pasal 11.3.2(3)})$$

Diameter sengkang = 10 mm, direncanakan 2 kaki

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}^2 ; f_y = 400 \text{ Mpa}$$

SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.(4(1)) dan 13.5.(4(3)) membatasi spasi maksimum tulangan geser sebesar:

$$s_{\max} = d/2 = 535,5/2 = 267,75 \text{ mm}$$

$$\text{atau } s_{\max} = 600 \text{ mm}$$

Dengan demikian dipasang tulangan geser $2\varnothing 10$ jarak $s = 150$ mm.

4.2.2 Panjang penyaluran dan sambungan lewatan tulangan balok

panjang penyaluran (SNI 03-2847-2002 pasal 14.10.(4))yang dihitung dengan rumus yang tersebut di pasal 14.2.3:

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot f_y}{10\sqrt{fc'}} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{db} \right)}$$

dimana:

$\alpha = 1,3$ tulangan horisontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen dibawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau.

$\beta = 1,0$ tulangan tanpa pelapis

$\gamma = 1,0$ ukuran tulangan horisontal (D19)

$\lambda = 1,0$ beton dengan berat normal

$K_{tr} = 0$ (asumsi awal untuk perencanaaan)

$$c = 40 + 8 + 19/2 = 57,5 \text{ mm}$$

$$c = \frac{1}{2} \left(\frac{400 - 2(40 + 8) - 19}{5} \right) = 28,5 \text{ mm (menentukan)}$$

$$\frac{c + K_{tr}}{db} = \frac{28,5 + 0}{19} = 1,5$$

jadi

$$\frac{ld}{db} = \frac{9.fy}{10\sqrt{fc'}} \cdot \frac{\alpha.\beta.\gamma.\lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{db} \right)} = \frac{9.400}{10\sqrt{30}} \cdot \frac{1,5,1,0,1,0,1,0}{3,02} = 32,65$$

$$ld = 32,65 \cdot 19 = 620,27 \text{ mm} \approx 750 \text{ cm}$$

Apabila sambungan lewatan untuk tulangan tumpuan balok diperlukan, maka besarnya ditentukan menurut SNI 03-2847-2002 pasal 14.15.(1) dengan rumus di pasal 14.2.2:

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3.fy.\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{5\sqrt{fc'}} = \frac{3.400.1,3,1,0,1,0}{5.30} = 56,97$$

$$ld = 56,97 \cdot 19 = 1082,43 \text{ mm} = 1,08 \text{ m.}$$

(sambungan kelas A = 1,0 λd)

Sambungan lewatan dibuat 1,10 m.

Tulangan longitudinal yang masuk dan berhenti pada kolom tepi yang terkekang (SNI 03-2847-2002 pasal 23.5.1(3)) harus berupa panjang penyaluran dengan kait 90° sesuai pasal 23.5.4(1):

- $8 \text{ db} = 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm}$
- 150 mm
- $\frac{fy \cdot db}{5,4\sqrt{fc'}} = \frac{400.19}{5,4.\sqrt{30}} = 256,96 \text{ mm}$

Jadi $ldh = 260 \text{ mm}$ masuk dalam kolom dengan panjang kait $12 \cdot db = 230 \text{ mm}$ (SNI 03-2847-2002 pasal 9.1.2.)

4.2.3 PENULANGAN BALOK PERANGKAI

Perencanaan penulangan balok perangkai yang merupakan SPBL ini, diatur pada SNI 03-2847 -2002 pasal 23.6 .(7).

$L_n / d = 7,10 / 0,590 = 12,03 > 4$, maka berlaku syarat – syarat dalam pasal 23.3(1(3)) dan 23.3(1(4)), yaitu :

- Gaya aksial berfaktor di balok perangkai dapat diabaikan
- Bentang bersih balok perangkai $7,10 \text{ m} > 4d = 2,38 \text{ m}$
- Lebar / tinggi $= 650 / 450 = 1,44 > 0,3$
- Lebar balok $= 650 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$
- Lebar balok $= 650 \text{ m} < \text{lebar kolom} + (1,5 \times h) = 1255$

Dari hasil analisa struktur maka diperoleh momen yang terbesar pada balok perangkai dengan kombinasi 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E, yaitu:

$$M \text{ tumpuan } (-) = -30484 \text{ kgm}$$

$$M \text{ lapangan } (+) = 22506 \text{ kgm}$$

Nilai-nilai kebutuhan rasio penulangan yang tetap berdasarkan mutu bahan yang digunakan :

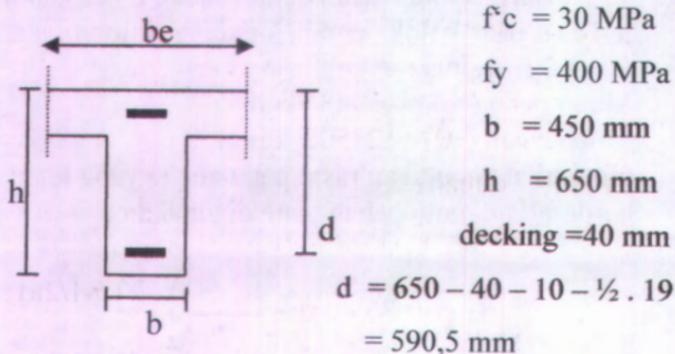
$$\begin{aligned} - \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \left(\frac{fc' - 30}{7} \right) \\ &= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 30}{7} \right) = 0. \\ - \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0325 \\ - \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0245 \\ - \rho_{\text{min}} &= \sqrt{fc'} / 4 \cdot fy = \sqrt{30} / 4 \cdot 400 \\ &= 0,00342 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85.f_{c'}} = \frac{400}{0,85.35} = 15,68$$

4.2.3.1 Penulangan lentur balok induk

Penulangan lapangan balok induk (balok T)

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 22506 / 0,8 \\ &= 28132,5 \text{ kgm} = 275979,83 \text{ N} \end{aligned}$$



Lebar effektif flens → SNI 03-2847-2002 ps

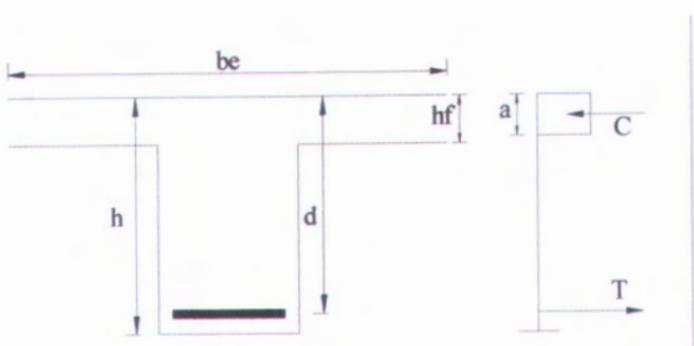
10.10.2

$$be_1 \leq \frac{1}{4} bs = 1875 \text{ mm}$$

$$be_2 \leq bw + 8t = 450 + (8 \times 120) = 1410 \text{ mm}$$

$$be_3 \leq bw + \frac{1}{2} ln = 450 + \frac{1}{2} 7050 = 3975 \text{ mm}$$

Jadi diambil $be = 1410 \text{ mm}$



Mencari harga a :

$$C = 0,85 \cdot f_{c'} \cdot a \cdot b_e$$

$$T = As \cdot f_y$$

dimana $C=T$

$$\begin{aligned} Mn &= C \cdot (d - 1/2a) = Mn_{\text{perlu}} \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 1410 (590,5 - 1/2a) \times 10^{-3} \text{ Nm} \\ &= 275977,83 \text{ Nm} \\ &= 35,96 \cdot a \cdot (590,5 - 1/2a) = 275977,83 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\rightarrow 17,98 a^2 - 21234,38 a + 275977,83 = 0$$

$$\text{didapat : } a_1 = 2335,67 \text{ mm}$$

$$a_2 = 13,14 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai terkecil}$$

Karena $a = 13,14 \text{ mm} < hf = 120 \text{ mm}$, maka berlaku perilaku penampang persegi:

$$Mu = 22506 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{(1-\delta)Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{(1-0,25)22506,10000}{0,8 \cdot 1410 \cdot 590,5^2} = 0,43 \text{ Mpa}$$

$$\rho\delta = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,43}{400}} \right|$$

$$= 0,00108$$

$$\rho' = \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot fy \cdot (d-d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,25 \cdot 2250610000}{0,8 \cdot 400 \cdot (5905-40-10-9,5) \cdot 1410 \cdot 5905}$$

$$= 0,0004$$

$$\rho = \rho\delta + \rho' = 0,00108 + 0,0004 = 0,00148 < \rho_{min}$$

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,00342 \cdot 1410 \cdot 590,5 \\ = 2747,50 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai } 10 \text{ D19} \rightarrow As = 2833,85 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' \cdot b \cdot d = 0,0014 \cdot 450 \cdot 590,5 = 372 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai } 5 \text{ D19} \rightarrow As' = 1416 \text{ mm}^2$$

Kontrol Mu (tulangan tekan leleh)

$$Mu = \emptyset [(As - As')fy(d-a/2) + As'fy(d-d')]$$

$$= 0,8[(31171416)400(590,513,14/2) + 1416 \cdot 400 \cdot (590,5-65)]$$

$$= 614921577,6 \text{ Nmm} > Mu_{lap} = 220783860 \text{ Nmm}$$

Penulangan tumpuan balok induk :

$$\begin{aligned}M_n \text{ perlu} &= M_u / \phi \\&= 30484 / 0,8 \\&= 38105 \text{ kgm} = 373810,05 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Untuk penulangan tumpuan

$$M_u = 30484 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{(1-\delta)M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{(1-0,5) \cdot 30484 \cdot 10000}{0,8 \cdot 450 \cdot 590,5^2} = 1,21 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\rho \delta &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,21}{400}} \right| \\&= 0,0031\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{\delta \cdot M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d-d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,5 \cdot 3048410000}{0,8 \cdot 400 \cdot (590,5 - 40 - 10 - 9,5) \cdot 450 \cdot 590,5} \\&= 0,0034\end{aligned}$$

$$\rho = \rho \delta + \rho' = 0,0031 + 0,0034 = 0,0065 > \rho_{min}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0065 \cdot 450 \cdot 590,5 = 1727,21 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 8 D 19} \rightarrow A_s = 2267,08 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = \rho' \cdot b \cdot d = 0,0034 \cdot 450 \cdot 590,5 = 903,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 5 D19} \rightarrow A_s' = 1417 \text{ mm}^2.$$

Kontrol Mu (tulangan tekan leleh)

$$\begin{aligned}
 Mu &= \emptyset [(As - As') fy (d - a / 2) + As' fy (d - d') \\
 &= 0,8[(22671417)400(590,557,92/2)+1417.40 \\
 &\quad 0.(590,5-65)] \\
 &= 371021600 \text{ Nmm} > Mu = 299048040 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan tulangan lentur

- Tulangan tumpuan atas = 8 – Ø219
- Tulangan tumpuan bawah = 5 – Ø19
- Tulangan lapangan atas = 5 – Ø19
- Tulangan lapangan bawah = 10 – Ø19

Kontrol penuhan ketentuan – ketentuan balok perangkai :

- Pasal 23.3 (2(2))
Kuat momen positif terpasang dimuka kolom > 50 % kuat momen negatif, karena M positif =
 $395,43 \text{ kNm} > 0,5 \times 613,21 \text{ kNm} = 306,61 \text{ kNm}$
(memenuhi)
- Pasal 23.3 (2(2))
Disetiap potongan balok tidak boleh ada kuat momen postif maupun negatif yang kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat momen maksimum = $\frac{1}{4} \times 613,21$
= 153,30 kNm. Tiap potongan terpasang minimal 4 – Ø19, ekivalen dengan 395,43 kNm. (memenuhi)
- Pasal 23.3 (2(1))
Tiap potongan baik sisi bawah maupun sisi atas harus ada 2 batang tulangan, ini dipenuhi dengan tulangan min 3 – Ø19.

- Pasal 23.5 (1(4))

Bila tulangan longitudinal menembus HBK, maka h atau $d = 589 \text{ mm} > 20 \text{ db} = 20 \times 19 = 380 \text{ mm}$ (memenuhi)

4.2.3.2 Penulangan geser balok perangkai

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI-2847-2002 pasal 23.3.3(2)

$$s < d/4 = 590,5/4 = 147,625 \text{ mm } (\text{menentukan})$$

$$s < 8\varnothing \text{ tulangan memanjang} = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$s < 24\varnothing \text{ tulangan sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$$

Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI-2847-2002 pasal 23.3.3(4) :

$$s < d/2 = 590,5/2 = 295,25 \text{ mm } (\text{menentukan})$$

Penulangan Geser Tumpuan Balok

Perhitungan gaya geser

Momen tumpuan negatif

$$a = \frac{As(1,25 \times fy)}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{2267(1,25 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 450} = 98,77 \text{ mm}$$

$$M_{pr^-} = As \cdot 1,25 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2267 \cdot 1,25 \cdot 400 \left(590,5 - \frac{98,77}{2} \right) = 613211293,7$$

$$= 613,21 \text{ kNm}$$

Momen tumpuan positif

$$a = \frac{As(1,25 \times fy)}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1417(1,25 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 450}$$

$$= 61,74 \text{ mm}$$

$$M_{pr^+} = As \cdot 1,25 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1417 \cdot 1,25 \cdot 400 \left(589 - \frac{61,74}{2} \right) = 395435105 \text{ Nmm}$$

$$= 395,43 \text{ kNm}$$

Gaya geser total pada muka tumpuan (muka kolom s/d 2h) :

Akibat Mpr

$$V_{e,A-B} = \frac{M_{pr^-} + M_{pr^+}}{L}$$

$$= \frac{613,21 + 395,433}{7,05}$$

$$= 143,07 \text{ kN}$$

Akibat beban gravitasi terfaktor (1,2 D + L) :

$$Vu = 138,83 \text{ kN} \text{ (output SAP)}$$

Total gaya geser (Vu) = 281,89 kN

$$Vc = 0 \text{ (SNI-2847-2002 pasal 23.3.4(2))}$$

$$Vs = \frac{V_e}{\phi} - Vc = \frac{281,9}{0,75} - 0 = 375,87 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (SNI-2847-2002 pasal 11.3.2(3))}$$

Diameter sengkang = 10 mm, direncanakan 2 kaki

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}^2 ; f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{157 \times 400 \times 590,5}{375,87 \times 1000} = 98,68 \text{ mm}$$

Jadi dipasang Ø10 – 70 mm sepanjang $2h = 2.650 = 1300$ mm dari muka kolom, dimana tulangan geser pertama dipasang 5 cm dari muka kolom.

Penulangan Geser Lapangan Balok

Pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis ($> 2h$)

$$V_{u,2h} = 163,49 \text{ kN}$$

$$V_n = 163,49 / 0,75 = 217,98 \text{ kN}$$

Untuk daerah di daerah luar sendi plastis ini, kuat geser beton diperhitungkan yakni sebesar :

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6) \sqrt{f'_c b_w d} \\ &= (1/6) \sqrt{30.450.590,5} \\ &= 242,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diameter sengkang = 10 mm, direncanakan 2 kaki
SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.(4(1)) dan 13.5.(4(3))
membatasi spasi maksimum tulangan geser sebesar:

$$\begin{aligned} s_{\max} &= d/2 = 589/2 = 294,5 \text{ mm} \\ \text{atau } s_{\max} &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan demikian dipasang tulangan geser Ø10 sejarak

$$s = 150 \text{ mm.}$$

4.2.3.3 Panjang penyaluran dan sambungan lewatan tulangan balok

panjang penyaluran (SNI 03-2847-2002 pasal 14.10.(4)) yang dihitung dengan rumus yang tersebut di pasal 14.2.3:

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot fy}{10\sqrt{fc'}} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{db} \right)}$$

dimana:

$\alpha = 1,3$ tulangan horisontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen dibawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau.

$\beta = 1,0$ tulangan tanpa pelapis

$\gamma = 1,0$ ukuran tulangan horisontal (D19)

$\lambda = 1,0$ beton dengan berat normal

$K_{tr} = 0$ (asumsi awal untuk perencanaaan)

$$c = 40 + 10 + 19/2 = 59,5 \text{ mm}$$

$$c = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{400 - 2(40+10) - 19}{5} \right) = 28,1 \text{ mm}$$

(menentukan)

$$\frac{c + K_{tr}}{db} = \frac{28,1 + 0}{19} = 1,47$$

jadi

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot fy}{10\sqrt{fc'}} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{db} \right)} = \frac{9 \cdot 400}{10\sqrt{30}} \cdot \frac{1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,47} = 58,125$$

$$ld = 58,125 \cdot 19 = 1104 \text{ mm} \approx 1,10 \text{ m}$$

Apabila sambungan lewatan untuk tulangan tumpuan balok diperlukan, maka besarnya ditentukan menurut SNI 03-2847-2002 pasal 14.15.(1) dengan rumus di pasal 14.2.2:

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma}{5\sqrt{f_c'}} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{5 \cdot 5,48} = 56,96$$

$ld = 56,96 \cdot 19 = 1082,24 \text{ mm} = 1,08 \text{ m. (sambungan kelas A} = 1,0 \lambda d)$

Sambungan lewatan dibuat 1,10 m.

Tulangan longitudinal yang masuk dan berhenti pada kolom tepi yang terkekang (SNI 03-2847-2002 pasal 23.5.1(3)) harus berupa panjang penyaluran dengan kait 90° sesuai pasal 23.5.4(1):

- $8 db = 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm}$
- 150 mm
- $\frac{f_y \cdot db}{5,4\sqrt{f_c'}} = \frac{400 \cdot 19}{5,4 \cdot \sqrt{30}} = 256,95 \text{ mm}$

Jadi $ldh = 256,95 \text{ mm}$ masuk dalam kolom dengan panjang kait 12 . $db = 228 \text{ mm}$ (SNI 03-2847-2002 pasal 9.1.2.)

4.2.4 PENULANGAN KOLOM

Dengan mengacu pada peraturan beton yang berlaku yaitu SNI 03-2847-2002, perencanaan penulangan kolom dapat direncanakan dengan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur kolom dari hasil analisa menggunakan program SAP 2000

Penulangan direncanakan tiap 4 (empat) lantai agar diperoleh hasil yang cukup efisien. Dari hasil analisa struktur dapat ditabelkan nilai-nilai kombinasi antara aksial dan momen yang paling dominan.

Lantai	Beban	kombinasi P_u max dan M_u max	
		P_u (kg)	M_u (kg-m)
1-4	$1,2D+0,5L\pm1,0E$	-238301,9	-70551,89
		-151128	-66651
5-8	$1,2D+0,5L\pm1,0E$	-119634	-61039,08
		-25687,74	-19800

Tabel 4.4. Kombinasi beban pada kolom.

Dari nilai diatas dapat direncanakan penulangan kolom dengan menggunakan bantuan program PCACOL sehingga diperoleh hasil:

Lantai	Rasio tulangan (ρ)	Tulangan pakai	A_s mm ²
1-4	2,64	16D25	7850
5-8	2,31	12D25	5887,5

Tabel 4.5. Penulangan kolom.

4.2.4.1 Tulangan pengekangan

Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4(3), tulangan pengekangan harus dihitung oleh rumus (124) yaitu :

$$A_{sh} = 0,09 (s \cdot h_c \cdot f_c' / f_{yh}) = 0,09 (100 \cdot 458 \cdot 30 / 400) \\ = 309,15 \text{ mm}^2$$

dimana s diambil yang terkecil dari :

$$\frac{1}{4} \cdot 550 \text{ mm} = 137,5 \text{ mm} \\ 6 \cdot \emptyset = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm}$$

dipakai 3D12 ($A_s = 339 \text{ mm}^2$) dengan $s = 100 \text{ mm}$
pengekangan ini dipasang sepanjang l_o dari muka
hubungan balok kolom, yaitu:

$$l_o \geq h = 550 \text{ mm} \\ \geq 1/6 l_n = 566 \text{ mm} \\ \geq 500 \text{ mm}$$

Jadi diambil sejarak $l_o = 600 \text{ mm}$.

4.2.4.2 Tulangan transversal (tulangan geser)

Perencanaan tulangan geser kolom harus sesuai dengan yang disyaratkan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4(5) dimana gaya geser rencana V_e untuk kolom tidak perlu lebih besar daripada gaya geser rencana yang ditentukan dari kuat hubungan balok kolom berdasarkan kuat momen maksimum (M_{pr}) dan tidak boleh lebih kecil daripada geser terfaktor hasil perhitungan analisis struktur.

Secara konservatif M_{pr} ditentukan sebesar momen balance dari diagram interaksi, yaitu 681 kNm.

Dengan demikian gaya kuat geser diujung kolom akibat momen lentur dari masing – masing ujung ini adalah :

$$V_e = \frac{2 \cdot M_{pr}}{In} = \frac{2 \cdot 681}{3,4} = 400,58$$

Gaya geser terfaktor hasil analisa struktur :

$V_u = 24618,46 \text{ kg} = 244,39 \text{ kN} < V$ akibat Mpr.
Untuk komponen yang terkena beban aksial berlaku nilai V_c dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1(2):

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \cdot bw \cdot d = \left(1 + \frac{251,99}{14 \cdot 550^2}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \cdot 550 \cdot 487 \\ = 244527 \text{ N} = 244,5 \text{ kN}$$

dimana Nu diambil dari nilai terkecil aksial pada analisa struktur agar kontribusi V_c yang diperhitungkan adalah yang paling minimal sehingga diperoleh penulangan geser yang maksimal (kondisi yang aman untuk semua kolom). Direncanakan menggunakan tulangan geser 2 kaki begel D12 dengan $s = 120\text{mm}$

$$V_s = \frac{Av \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{226,400 \cdot 487}{120} \\ = 366873 \text{ N} = 366,87 \text{ kN}$$

kontrol:

$$\frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 550 \cdot 487 \\ = 978049 \text{ N} \\ = 978,05 \text{ kN} > V_s \text{ OK}$$

$$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 550 \cdot 487 \\ = 489024,95 \text{ N} \\ = 489,02 \text{ kN} > V_s$$

maka spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur tidak boleh melebihi :

$$d/2 = 487/2 = 243,5 \text{ mm}$$

600 mm

$$\begin{aligned} \text{Kontrol } \phi V_n &= \phi(V_s + V_c) = 0,75 (366,87 + 244,5) \\ &= 458,53 \text{ kN} > 400,58 \text{ kN, (OK)} \end{aligned}$$

pakai begel 2 kaki D 12 jarak s = 120 mm ;

Bandingkan dengan kebutuhan tulangan pengekang (confinement), sehingga kebutuhan tulangan transversal menjadi 3D12 sejarak s = 100 mm.

4.2.4.3 Sambungan tulangan vertikal kolom

Sambungan tulangan vertikal kolom dihitung sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 14.2(3) yaitu dengan rumus:

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot f_y}{10\sqrt{f_{c'}}} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{db} \right)}$$

dimana:

$\alpha = 1,3$ tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen dibawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau.

$\beta = 1,0$ tulangan tanpa pelapis

$\gamma = 1,0$ ukuran tulangan kolom (D25)

$\lambda = 1,0$ beton dengan berat normal

$K_{tr} = 0$ (asumsi awal untuk perencanaan)

$$c = 50 + 12 + 25/2 = 74,5 \text{ mm}$$

$$c = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{550 - 2(50 + 12) - 25}{4} \right)$$

$$= 50,125 \text{ mm (menentukan)}$$

$$\frac{c + K_{tr}}{db} = \frac{50,125 + 0}{25} = 2,005$$

jadi :

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot f_y}{10\sqrt{f_{c'}}} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{db} \right)} = \frac{9 \cdot 400}{10\sqrt{30}} \cdot \frac{1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{2,005} = 47,35$$

$$ld = 47,35 \cdot 25 = 1183,77 \text{ mm}$$

sesuai pasal 23.4.3(2) sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. Selanjutnya didalam pasal 14.17.2(3) menyatakan apabila tegangan baja tulangan akibat beban terfaktor melebihi $0,5 f_y$ dalam tarik, maka sambungan lewatan harus menggunakan sambungan lewatan tarik kelas B yang panjang nya harus $1,3 ld = 600 \text{ mm}$

4.2.5 PENULANGAN SHEAR WALL

4.2.5.1 persyaratan desain dinding geser.

Sebagai persyaratan untuk desain dinding geser, perlu harus dipastikan bahwa kelelahan tulangan lentur yang terjadi didasar dinding geser (sebagai sendi plastis), benar-benar merupakan penentu kekuatan dan selanjutnya dibuar berkemampuan deformasi secara inelastis sehingga dinding geser ini mampu memencarkan energi gempa keseluruh sistem struktur.

Oleh karena itu desain dinding geser ini dilakukan dengan empat prosedur

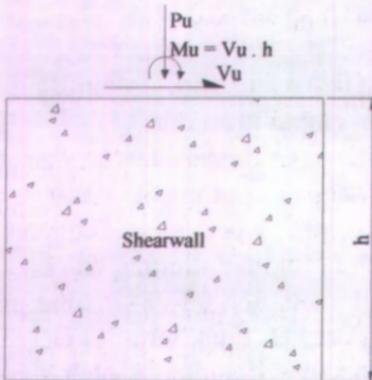
- a. Dengan beban lentur dan beban aksial terfaktor anggap potongan dasar dinding geser sebagai kolom pendek dengan syarat penulangan longitudinal diujung dan badan dinding geser sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 23.6(2).
- b. Pastikan tidak terjadi kegagalan tegangan tarik dan tekan diagonal oleh beban geser dengan pengamanan berturut-turut sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.4(1) dan (4).
- c. Hindari instabilitas dari regangan beton lebih dari 0,003 dengan pengadaan komponen batas sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.6(2),(3) dan (4).
- d. Pastikan kemampuan daktilitas dinding geser dengan detailing yang sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.4(4) c s/d f
- e. Bila komponen batas tidak dibutuhkan maka penempatan tulangan transversal harus mengikuti SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.6.(5)



4.2.5.2 Perhitungan geser rencana dinding geser

Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.2(2) menyatakan bahwa paling sedikit 2 lapis tulangan harus dipasang pada dinding apabila gaya geser

bidang terfaktor yang dibebankan ke dinding melebihi $1/6 \cdot Acv \sqrt{fc'}$ dimana Acv adalah luas netto yang dibatasi tebal dan panjang penampang dinding.



Gambar 4.3. Aksial, geser dan momen pada shear wall.

$$V_u = 5344,37 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} 1/6 \cdot Acv \cdot \sqrt{fc'} &= 1/6 \cdot (450 \cdot 6550) \cdot \sqrt{30} \\ &= 3886547,98 \text{ N} = 3886,55 \text{ kN} < V_u \\ &\quad (\text{pakai 2 lapis tulangan}). \end{aligned}$$

Pengaturan ratio tulangan di arah vertikal dan horisontal tidak boleh kurang dari 0,025 dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.2(1)).

Batas kuat geser dinding geser adalah :

$$\begin{aligned} 1. \quad 0,55 \cdot 2/3 \cdot Acv \cdot \sqrt{fc'} &= 0,55 \cdot 2/3 \cdot (450 \cdot 6550) \cdot \sqrt{30} \\ &= 5919511,54 \text{ N} = 5919,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

dimana :

\varnothing diambil 0,55, karena kuat geser nominal yang diperoleh dari kuat lentur nominal komponen lebih kecil dari batas kuat geser (Pasal 11.3(2)(3a)).

A_{cv} = luas penampang sistem dinding struktural.

$$\begin{aligned} 2.\varnothing V_n &= 0,55 \cdot A_{cv} \cdot (\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_n \cdot f_y) \\ &= 0,55 \cdot (450 \cdot 6550) \cdot (1/6 \cdot \sqrt{30} + 0,0126 \cdot 400) \\ &= 9650,35 \text{ kN} > V_u \end{aligned}$$

dimana :

α_c = 1/4 untuk $h_w/\lambda_w \leq 1,5$ dan $\alpha_c = 1/6$ untuk $h_w/\lambda_w \geq 2$ dan dapat digunakan interpolasi linear untuk nilai-nilai diantaranya

$$h_w/\lambda_w = 32/6 > \rightarrow \alpha_c = 1/6$$

h_w = tinggi dinding geser secara keseluruhan

λ_w = panjang dinding geser

dengan memakai tulangan $\varnothing 16$ ($A_s = 401,92 \text{ mm}^2$) dan $s = 80 \text{ mm}$ maka diperoleh

$$\rho_n = \frac{401,92}{400 \cdot 80} = 0,0126 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.6. tulangan vertikal di badan harus $\rho_v > 0,0025$ bila dipakai 2 lapis tulangan $\varnothing 16\text{mm}$ dan $s = 250 \text{ mm}$, maka :

$$\rho_v = \frac{401,92}{400 \cdot 250} = 0,004 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

4.2.4.2 Desain daerah batas

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.6(2a) maka untuk dinding-dinding atau sistem dinding yang menerus secara efektif dari dasar hingga puncak bangunan memerlukan komponen batas apabila :

$$c > \frac{lw}{600 \cdot \frac{\delta_u}{hw}}$$

dimana :

c = jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral yang dihitung untuk beban aksial terfaktor dan kuat momen nominal.

δ_u = perpindahan rencana

$$\frac{\delta_u}{hw} = \frac{107,8}{32000} = 0,0034 < 0,007 \text{ maka dipakai } 0,007$$

untuk menghitung c , perlu didesain lebih dahulu kebutuhan tulangan vertikal dinding geser yang akan dipasang di komponen 550×550 akibat kombinasi beban :

$$\text{Aksial} = 8771,55 \text{ kN}$$

Dari diagram interaksi ternyata menunjukkan dinding geser tersebut dapat menampung kombinasi beban yang dominan hasil analisa bantuan program SAP 2000 dengan pemasangan tulangan vertikal 28D25 = $13744,467 \text{ mm}^2$ pada komponen boundary element $550 \times 550 \text{ mm}^2$ dan dua tirai tulangan vertikal 2Ø14 sejarak $s = 250\text{mm}$ pada badan dinding geser.

Maka dapat dikontrol batasan nilai

$$c = \frac{6650}{600 \cdot 0,007} = 1583 \text{ mm},$$

dan c yang diberikan dalam PCACOL adalah 371 mm lebih kecil daripada batas c yang diberikan sehingga pada dasarnya tidak memerlukan komponen batas. Namun dalam hal ini komponen batas tetap diberikan untuk mengurangi penulangan vertikal yang rapat pada daerah dinding yang penulangan gesernya harus disesuaikan dengan SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.6(5), bila :

$$\rho_g > \frac{2,8}{f_y} \text{ dan } V_u \geq A_{cv} \cdot \sqrt{f_{c'}}$$

dalam perencanaan di atas :

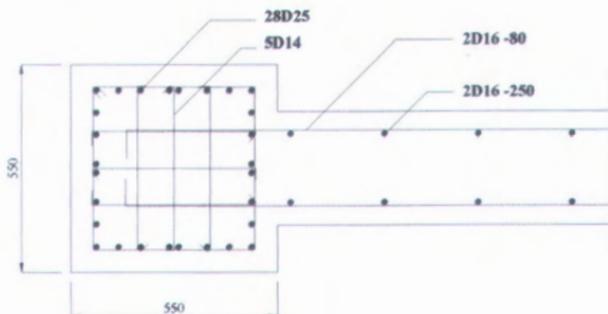
$$\rho_g = \frac{28.1 / 4 \cdot \pi \cdot 25^2}{550 \cdot 550} = 0,045 > \frac{2,8}{400} = 0,007$$

$$V_u = 5344,37 \text{ kN} < (400 \cdot 6650) \sqrt{30} = 14569,42 \text{ kN}$$

Walaupun $V_u < A_{cv} \cdot \sqrt{f_{c'}}$, perhitungan penulangan geser komponen batas tetap mengikuti SNI 03-2847-2002 pasal 23.6.6(5a), dikarenakan perhitungan menggunakan komponen batas.

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0,09 (s \cdot h \cdot f_{c'} / f_y) \\ &= 0,09 (120 \cdot 460 \cdot 30 / 400) \\ &= 372,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipakai $5\varnothing 14 = 769,69 \text{ mm}^2$



Gambar 4.4. Penulangan shear wall.

“Halaman ini sengaja dikosongkan” p

BAB V

PERENCANAAN PONDASI

5.1. PERENCANAAN TIANG PANCANG

5.1.1 Daya dukung Tiang Pancang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$QU = Q_p + Q_s$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang ditanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri, dan
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

5.2. KRITERIA DESAIN

5.2.1 Kekuatan dan dimensi tiang

- a. Dipakai tiang pancang beton pratekan (Prestressed Concrete Pile) dengan bentuk penampang bulat berongga (Round Hollow)
- b. Mutu beton tiang pancang K-600 (concrete cube compressive strength is 600 kg/cm^2 at 28 days)
- c. Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi sebagai berikut

WIKA PILE CLASSIFICATION

Pile diameter (mm)	Thick (mm)	Class	PC Wire		Area of Steel (cm ²)	Area of concrete (cm ²)
			D(m m)	Num b		
500	100	C	9	32	15,27	1159,25, 80
Sec. Modul us (cm ³)	Eff. Prestre ss (kg/cm ²)	Allo wabl e axial (T)	Bending momen	Crack (tm)	Ult (tm)	

Tabel 5.1. Spesifikasi tiang pancang WIKA.

5.2.2 Tahapan perancangan

1. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja (aksial, horisontal, dan momen) akibat dari upper struktur.
2. Perhitungan daya dukung tanah.
3. Perhitungan kekuatan tiang pancang tunggal.
4. Perhitungan kekuatan tiang pancang kelompok.
5. Perhitungan efektivitas kekuatan tiang pancang tunggal dimana harus memenuhi $P_{max} < P_{ijin}$.

5.3. PERUMUSAN DESIGN

5.3.1 Daya dukung tiang tunggal

Daya dukung nominal total :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$$Q_p = qp \cdot Ap = (Np \cdot K) \cdot Ap$$

$$Q_s = qs \cdot As = (Ns/3 + 1) \cdot As$$

dimana :

$$\begin{aligned} Np &: \text{Harga rata - rata didekat ujung tiang} \\ &: (N1 + N2 + N3) / 3 \end{aligned}$$

- K : Koefisien karakteristik tanah
 : 12 t/m², untuk tanah lempung
 : 20 t/m², untuk tanah lanau berlempung
 : 25 t/m², untuk tanah lanu berpasir
 : 40 t/m², untuk tanah pasir
 Ap : luas penampang ujung tiang
 qp : tegangan diujung tiang pada kedalaman 4D dibawah ujung tiang dan 8D diatas ujung tiang
 qs : tegangan akibat frottement lateral dalam t/m²
 Ns : harga rata – rata sepanjang tiang yang tertanam
 As : keliling x panjang tiang
 Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang tital dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$\text{Qijin satu tiang} = \frac{Qu}{SF}$$

Dimana :

$$SF = 3$$

5.3.2 Daya dukung tiang pancang tunggal dalam tiang kelompok.

Dalam menghitung daya dukung tiang pancang tunggal dalam kelompok, daya dukung tiang tunggal tidak bisa langsung digunakan untuk perhitungan. Hal ini disebabkan adanya penurunan daya dukung tiang tunggal akibat menurunnya perlawanan tanah terhadap tiang yang dipancang berkelompok dengan jarak tertentu. Oleh karena itu diperlukan suatu nilai koreksi yang dinamakan efisiensi,

Pengaruh efisiensi boleh diabaikan bila jarak tiang :

$$S \geq \frac{1.57xDmxn - (2xD)}{m + n - 2}$$

5.3.2.1 Beban maksimum tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Dalam hal ini nilai tersebut diperoleh dari hasil analisa struktur dengan bantuan program SAP 2000. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{\max} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \leq P_{\text{ult}}$$

dimana :

P_{\max} : daya dukung ijin tiang dalam satu kelompok

P_u : beban maksimum yang diterima satu tiang pancang

$\sum P_u$: total beban aksial pada tiang kelompok

n : jumlah tiang dalam kelompok tiang

M_x : momen arah x

M_y : momen arah y

X_{\max} : absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{\max} : ordinat terjauh terhadap titik berat tiang kelompok tiang

$\sum x^2$: jumlah kuadrat absis tiap tiang

$\sum y^2$: jumlah kuadrat ordinat tiap tiang.

5.3.2.2 Kontrol kekuatan tiang terhadap gaya horisontal

Tiang pancang selain harus mampu menahan beban aksial dan momen juga harus tahan terhadap gaya horisontal yang bekerja pada ujung tiang. Gaya ini menimbulkan momen pada badan tiang pancang, dimana penulangan tiang pancang harus mampu menahan momen tersebut (sesuai spesifikasi WIKA pile).

Untuk mengontrol kemampuan masing-masing tiang maupun kelompok tiang, perlu dibedakan antara tiang panjang dan tiang pendek, dimana ditentukan dengan rumus:

(sesuai buku pedoman untuk beton bertulang untuk gedung 1983)

$$L_1 = f + 1,5 \cdot D$$

$$f = \frac{H}{9 \cdot C_r \cdot D}$$

$$C_r = 0,5 \cdot C_u$$

$$L_2 = 2,2 \cdot L_1$$

dimana:

L_1 : kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum

L_2 : kedalaman dimana momen lentur adalah nol

f : panjang daerah perlawanan

C_u : harga kohesi tanah

D : diameter tiang dimana

Untuk single pile : D = diameter tiang tunggal

Untuk group pile : D = lebar dari kelompok tiang yang tegak lurus arah beban

Apabila $L_{tiang} > L_2$, maka tiang dianggap sebagai tiang panjang.

5.4. PERHITUNGAN PONDASI KOLOM

Data tiang pancang :

$$A_s = 15,27 \text{ cm}^2$$

$$M_{carck} = 17 \text{ tm}$$

$$A_c = 1159,25 \text{ cm}^2$$

$$M_{ult} = 34 \text{ tm}$$

$$W = 10583,74 \text{ cm}^3$$

$$P_{ijin 1 \text{ tiang}} =$$

$$155,64 \text{ ton}$$

$$D = 50 \text{ cm}$$

Data-data perhitungan pondasi tiang pancang (pembebaan beban mati, hidup dan gempa nonfaktorial):

$$P = 253690 \text{ kg}$$

$$M_x = 43437 \text{ kgm}$$

$$M_y = 7344,12 \text{ kgm}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Hx} & = 3183 & \text{kg} \\ \text{Hy} & = 19228 & \text{kg} \end{array}$$

5.4.1 Perhitungan daya dukung satu tiang.

Tiang di pancang dengan kedalaman 14 m, maka daya dukung ijin satu tiang hasil SPT, diperoleh :

qp = harga rata – rata 4D keatas ($H = 11,6$ m) dan 4D kebawah ($H = 16,4$ m) dari ujung tiang

$$s = \frac{(25 \times 20) + (40 \times 39) + (40 \times 75)}{3} = 1686,67 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{pu} = 1686,67 \text{ t/m}^2 \times (0,25 \times 3,14 \times 0,5^2) \text{ m}^2 = 331 \text{ ton}$$

$$Q_p = \frac{QP}{SF} = \frac{331}{3} = 110,34 \text{ ton}$$

$$\text{Kelinging} = \pi \cdot D = 1,57 \text{ m}$$

$$Ns = (14,86/3) + 1$$

$$Q_{su} = qs \cdot As = (Ns/3 + 1) \cdot As = 5,85 \cdot 1,57 \cdot 14 = 128,58 \text{ ton}$$

$$Q_s = \frac{Q_{su}}{SF}$$

$$Q_s = \frac{128,58}{5} = 25,71 \text{ ton}$$

$$Q_N = 110,34 + 25,71 = 136,06 \text{ ton.}$$

5.4.2 Perhitungan Jumlah Tiang dan Dimensi Poer

- Rencana jumlah tiang pancang

$$n = \frac{P}{QN} = \frac{253,69}{136,06} = 1,86$$

Direncanakan pakai 4 buah tiang pancang

- Pengaruh efisiensi boleh diabaikan bila jarak tiang

$$S \geq \frac{1,57 \times D \times m \times n - (2 \times D)}{m + n - 2}$$

$$S \geq \frac{1,57 \times 0,5 \times 2 \times 2 - (2 \times 0,5)}{2 + 2 - 2} = 1,07$$

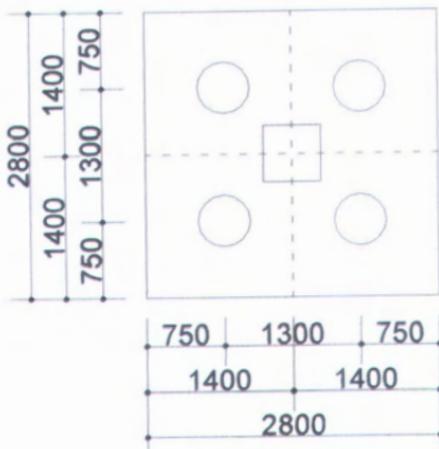
Maka direncakan jarak as ke as tiang pancang = 1,3

Maka direncakan jarak tepi ke as tiang pancang

$1,5D \leq S \leq 2D \Rightarrow 75 \leq S \leq 100$, pakai $S = 80$

- Dimensi poer

Direncanakan = $2,8 \times 2,8 \times 1$ m



Gambar 5.1 Denah Poer

5.4.3 Kontrol beban maksimum tiang.

Beban normal P_{total} yang bekerja :

$$\begin{array}{lcl} \text{- reaksi kolom} & = & 253690 \text{ kg} \\ \text{- berat poer} = 2,8 \cdot 2,8 \cdot 1,0 \cdot 2400 & = & 18816 \text{ kg} \\ \text{- berat sloof} = 6 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400 & = & 2160 \text{ kg} \end{array}$$

$$P_{\text{total}} = 274666 \text{ kg}$$

Kontrol dengan perumusan:

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\text{max}}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_{\text{max}}}{\sum y^2} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$= \frac{274666}{4} + \frac{7,34 \cdot 0,65}{4 \cdot 0,65^2} + \frac{43 \cdot 0,65}{4 \cdot 0,65^2}$$

$$= 90018 \text{ kg} \leq P_{ijin} = 136060 \text{ kg (OK)}$$

5.4.4 Kontrol kekuatan tiang pondasi terhadap gaya lateral

Diketahui gaya – gaya horizontal yang bekerja adalah ;

$$Hx = 0,32 \text{ ton}$$

$$Hy = 19,22 \text{ ton}$$

$$Ho = \sqrt{0,10 + 369} = 19,23$$

Momen leleh bahan Mult = 34 ton.m, checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga Cr, yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$Cr = 0,5 Cu$$

Harga Cu diperoleh dari hasil tes triaksial = 2,69 t/m²

$$\text{Sehingga : } Cr = 0,5 \times 2,69 = 1,345 \text{ t/m}^2$$

Dalam 1 titik terdapat 4 tiang , harga H = $\frac{19,23}{4} = 4,811 \text{ ton}$

Maka kategori tiang dapat dihitung :

$$f = \frac{H}{9 \times Cr \times D} = \frac{4,81}{9 \times 1,345 \times 0,5} = 0,79$$

$$L1 = f + 1,5 D = 0,79 + 0,75 = 1,54 \text{ m}$$

$$L2 = 2,2 L1 = 2,2 \times 1,54 = 3,39 \text{ m}$$

Karena panjang tiang = 14 m > dari 3,39 m (L2), maka tiang termasuk tiang panjang.

- Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restarin pile) didapatkan harga kuat geser tanah :

$$Ho \text{ 1 tiang} = 9 \times Cu \times D \times (L1 - 1,5 D)$$

$$= 9 \times 2,69 \times 0,5 \times (3,39 - 0,75)$$

$$= 32,05 \text{ ton} > Ho \text{ terjadi} = 1,68 \text{ ton}$$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned}\text{Mult terjadi} &= H_o \times (1,5 D + 0,5 F) \\ &= 1,68 \times [(0,75) + (0,5 \times 0,79)] \\ &= 1,92 \text{ ton.m} < \text{Mult tiang} = 34 \text{ ton m} \\ &< M_{\text{crack}} = 17 \text{ ton m}\end{aligned}$$

5.5. PERENCANAAN POER KOLOM

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu poer harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

5.5.1 Data perencanaan poer.

- $P_{\text{kolom}} = 253,69 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang tiap group = 4
- Dimensi kolom = $550 \times 550 \text{ mm}^2$
- Dimensi poer = $2,8 \times 2,8 \times 1 \text{ m}^3$
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- $\varnothing = 0,75$ (geser dan torsi SNI 03-2847-2002 pasal 11.3(3))
- Diameter tulangan utama D22 ($A_v = 379,94 \text{ mm}^2$)
- Selimut beton = 60 mm
- $d_x = 800 - 60 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 729 \text{ mm}$
- $d_y = 800 - 60 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 707 \text{ mm}$

5.5.2 Kontrol geser pons pada poer

Dalam merencanakan poer harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2002 pasal 13.12(2).

Dimana untuk kolom V_c yang diambil adalah nilai terkecil dari :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

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

$$- V_c = 1/3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana :

β_c = rasio dari dinding sisi panjang terhadap sisi pendek kolom = 1

b_o = keliling dari penampang kritis poer

$$= 2(bk + d) + 2(hk + d)$$

$$= 2(550 + 707) + 2(550 + 707) = 5028 \text{ mm}$$

Cek kuat geser pons

$$V_c \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad =$$

$$\left(1 + \frac{2}{1} \right) \frac{\sqrt{30} \cdot 5028 \cdot 707}{6} = 9735209,78N = 992,376 \text{ ton}$$

$$V_{c3} = 1/3 \cdot \sqrt{30} \cdot 5028 \cdot 707 = 6490139,86 \text{ N} = 661,58 \text{ ton} \text{ (menentukan)}$$

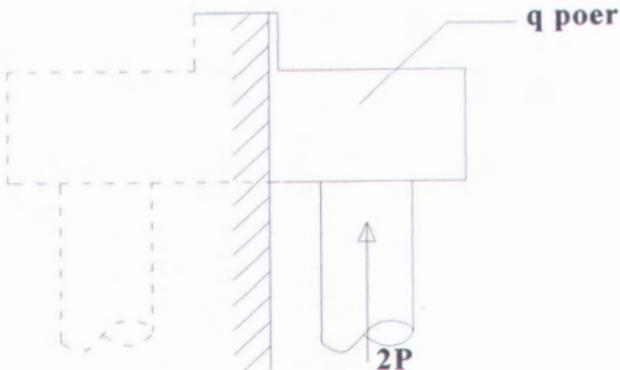
$$\emptyset = 0,75; 0,75 \times 661,58 \text{ ton} = 496,19 \text{ ton} > P_u = 487,5 \text{ ton}$$

Maka ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons.l

5.5.3 Penulangan poer.

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada lunasan kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tiang pondasi dan berat sendiri poer yang memberikan perlawanan terhadap reaksi tiang pondasi.

Maka dapat dihitung dengan cara statis tertentu:



Gambar 5.4. Permodelan statis tertentu pada poer.

$$\begin{aligned}
 q \text{ poer} &= 2,8 \times 0,8 \times 2,8 \times 2,4 = 15,05 \text{ t/m} \\
 2 \cdot P_{\max} &= 2 \cdot 90,02 = 180,04 \text{ ton} \\
 M_u &= 2 P_{\max} \cdot x_1 - \frac{1}{2} \cdot q \text{ poer} \cdot x_2^2 \\
 &= 180,04 \cdot 0,65 - \frac{1}{2} \cdot 15,05 \cdot 1,40^2 \\
 &= 102,28 \text{ ton m} = 1003337370 \text{ Nmm}.
 \end{aligned}$$

Penulangan lentur.

- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{fc' - 30}{7} \right) =$
 $0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 30}{7} \right) = 0,85.$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$
 (SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)
- $\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0243.$
- $\rho_{\min} = \sqrt{fc'} / 4 \cdot f_y = \sqrt{30} / 4 \cdot 400 = 0,00342$

$$m = \frac{f_y}{0,85.f_c'} = \frac{400}{0,85.30} = 15,6$$

Arah x :

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1003337370}{0,8 \cdot 2800 \cdot 729^2} = 0,84 \text{ MPa}$$

$$\rho =$$

$$\frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{15,68} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,84}{400}} \right]$$

$$= 0,0021$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,00342 \cdot 2800 \cdot 729 = 6919,87 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 24 D 22 (As ada = 9118,56 mm²)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{2800 - (2 \times 60)}{24} = 111,97 \text{ mm}$$

Jarak terpakai = 110 mm

Arah y :

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1003337370}{0,8 \cdot 2800 \cdot 707^2} = 0,89 \text{ MPa}$$

$$\rho =$$

$$\frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{15,68} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,89}{400}} \right]$$

$$= 0,00228$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0034 \cdot 2800 \cdot 707 = 6730 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 24 D 22 (As ada = 9118,56 mm²)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{2800 - (2 \times 60)}{24} = 111,97 \text{ mm}$$

Jarak terpakai = 110 m

Penulangan Geser

Geser yang terjadi pada daerah kritis kolom harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokan tulangan lentur poer.

Contoh perhitungan :

Tul. Geser D 25 : $A_v = 759,88 \text{ mm}^2$ (2 kaki)

P_{max} 1 tiang = 133,9 ton

Decking = 6 cm : $d'' = 6 + 2 \cdot D$ tul. Utama = 10,4 cm

Penulangan arah x dan y :

$$V_u = 2 \times P_{max} - ql$$

$$= 2 \times 90,02 - 15,05 \times 1,4 = 158,97 \text{ ton}$$

$$\bar{O}V_c = 0,75 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 2800 \cdot 707 = 1355339,46 \text{ N}$$

$$= 138,16 \text{ ton}$$

$V_u < \bar{O}V_c$; perlu tulangan geser

$$S \text{ perlu} = \frac{0,75 \times 400 \times 707 \times 759,88}{(1559495,7 - 1355349,6)} = 789,456 \text{ mm}$$

5.6 Perhitungan Tiang Pancang Pada Dinding Geser

Desain pondasi dari dinding geser diperhitungkan berdasarkan gaya total yang bekerja pada seluruh joint yang menumpu masing – masinh dinding geser.

Data-data perhitungan pondasi tiang pancang (pembebatan beban mati, hidup dan gempa nonfaktorial):

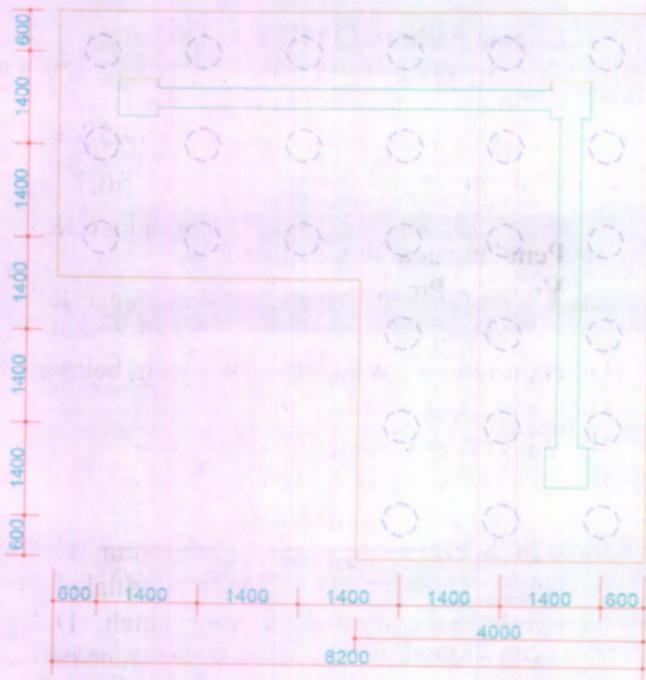
$$P = 1940650 \text{ kg}$$

Mx	= 589583	kgm
My	= 761	kgm
Hx	= 85720	kg
Hy	= 275380	kg

5.6.1 Rencana Jumlah Tiang dan Dimensi Poer

Tiang di pancang dengan kedalaman 17 m, dengan P ijin satu tiang = 343,39 ton

- Direncanakan jumlah pancang 18 buah
- Dimensi poer 8,2 x4x1,5 m
- Pengaruh efisiesi :



$$\text{Eff} = 1 - \frac{\arctg(0,6/1,4)}{90} (2 - (1/3) - (1/6)) = 0,47$$

$$P_{ijin \text{ satu tiang}} = 343,39 \text{ ton} \times 0,47 = 162,97 \text{ ton}$$

5.6.2 Kontrol beban maksimum tiang.

Beban normal P total yang bekerja :

$$\text{- reaksi kolom} = 1940650 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{- berat poer} &= (8,2 \cdot 4 \cdot 1,5) + (4 \cdot 4 \cdot 1,5) \cdot 2400 \\ &= 177120 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- berat sloof} &= 6 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 2160 \text{ kg} \\ P_{\text{total}} &= 2119930 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol dengan perumusan:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \leq P_{ijin} \\ &= \frac{2119930}{27} + \frac{7,61 \cdot 3,5}{56,7} + \frac{589,58 \cdot 3,5}{56,7} \\ &= 78552,8 \text{ kg} \leq P_{ijin} = 162970 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

5.6.3 Kontrol kekuatan tiang pondasi terhadap gaya lateral

Diketahui gaya – gaya horizontal yang bekerja adalah ;

$$H_x = 85722 \text{ kg} = 85,72 \text{ ton}$$

$$H_y = 275384 \text{ kg} = 275,384 \text{ ton}$$

$$H_o = 288,05 \text{ ton (18 tiang)}$$

$$= 16 \text{ (1 tiang)}$$

Momen leleh bahan Mult = 34 ton.m, checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga Cr, yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$Cr = 0,5 Cu$$

Harga Cu diperoleh dari hasil tes triksial = 2,69 t/m²

$$\text{Sehingga : } Cr = 0,5 \times 2,69 = 1,345 \text{ t/m}^2$$

Maka kategori tiang dapat dihitung :

$$f = \frac{H}{9 \times CrxD} = \frac{16}{9 \times 1,345 \times 0,6} = 2,20$$

$$L1 = f + 1,5 D = 2,64 + 0,9 = 3,54 \text{ m}$$

$$L2 = 2,2 L1 = 2,2 \times 3,54 = 7,78 \text{ m}$$

Karena panjang tiang = 14 m > dari 7,78 m (L2), maka tiang termasuk tiang panjang.

- Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restrain pile) didapatkan harga kuat geser tanah :
- $$\begin{aligned} H_0 \text{ tiang} &= 9 \times C_u \times D \times (L1 - 1,5 D) \\ &= 9 \times 2,69 \times 0,5 \times (3,54 - 0,9) \\ &= 31,95 \text{ ton} > H_0 \text{ terjadi} = 16 \text{ ton} \end{aligned}$$
- Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} \text{Mult terjadi} &= H_0 \times (1,5 D + 0,5 f) \\ &= 16 \times [(0,75) + (0,5 \times 2,64)] \\ &= 12 \text{ ton.m} < \text{Mult tiang} = 34 \text{ ton.m} \\ &< M_{\text{crack}} = 17 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

5.6.4 Perencanaan poer

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu poer harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

5.6.5 Data perencanaan poer.

- $P_{\text{kolom}} = 2119 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang tiap group = 18
- Dimensi Dinding geser = $400 \times 6000 \text{ mm}^2$
- Dimensi poer = $8,2 \times 4 \times 1,5 \text{ m}^3$
- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- $\varnothing = 0,75$ (geser dan torsi SNI 03-2847-2002 pasal 11.3(3))
- Diameter tulangan utama D22 ($A_v = 379,94 \text{ mm}^2$)
- Selimut beton = 60 mm

- $dx = 1500 - 60 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 1429 \text{ mm}$
- $dy = 1500 - 60 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 1407 \text{ mm}$

5.6.6 Kontrol geser pons pada poer

Dalam merencanakan poer harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2002 pasal 13.12(2).

Dimana untuk kolom V_c yang diambil adalah nilai terkecil dari :

- $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c'}} \cdot b_o \cdot d}{6}$
- $V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_{c'}} \cdot b_o \cdot d}{12}$
- $V_c = 1/3 \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_o \cdot d$

Dimana :

β_c = rasio dari dinding sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis poer

$$= 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

$$= 2(6000 + 1407) + 2(300 + 1407) = 17428 \text{ mm}$$

Cek kuat geser pons

$$V_{c1} \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{30} \cdot 17428 \cdot 1407}{6} = 67154050,93N = 6845\text{ton}$$

$$V_{c3} = 1/3 \cdot \sqrt{30} \cdot 17428 \cdot 1407 = 44769373,95 \text{ N} \\ = 4563,6\text{ton} (\text{menentukan})$$

$$\varnothing = 0,75 ; 0,75 \times 4563,65 \text{ ton}$$

$$= 3422,74 \text{ ton} > P_u = 2060 \text{ ton}$$

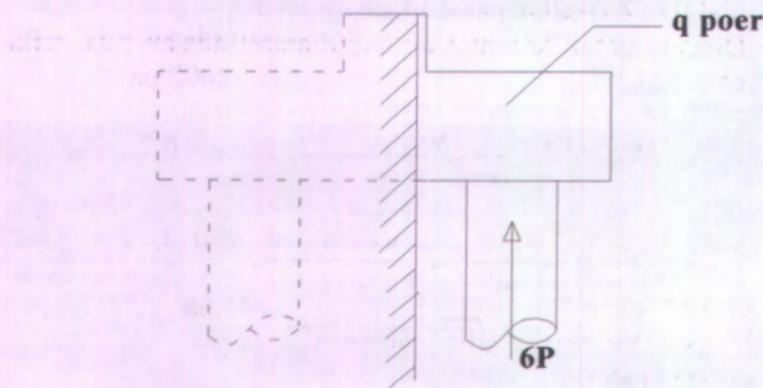
Maka ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons.

5.6.7 Penulangan poer.

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada lunasan kolom.

Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tiang pondasi dan berat sendiri poer yang memberikan perlawanan terhadap reaksi tiang pondasi.

Maka dapat dihitung dengan cara statis tertentu:



Gambar 5.4. Permodelan statis tertentu pada poer.

$$\begin{aligned}
 q_{\text{poer}} &= (8,2 \cdot 4 \cdot 1,5) + (4 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1,5) \cdot 2400 \\
 &= 177120 \text{ kg/m} \\
 18 \cdot P_{\max} &= 18 \cdot 78,52 = 1413,36 \text{ ton} \\
 M_u &= \sum P_{\max} \cdot x_1 - \frac{1}{2} \cdot q_{\text{poer}} \cdot x_2^2 \\
 &= [(6,78,52,0,7) + (6,78,52,2,1) \\
 &\quad + (6,78,52,3,5)] - \frac{1}{2} \cdot 17,71 \cdot 8,2^2 \\
 &= 2372,64 \text{ ton m} = 2372645800 \text{ Nmm}.
 \end{aligned}$$

Penulangan lentur.

- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{fc' - 30}{7} \right) = 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 30}{7} \right) = 0,85.$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} = 0,0325$
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)
- $\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0243.$
- $\rho_{\text{min}} = \sqrt{fc'} / 4 \cdot fy = \sqrt{30} / 4 \cdot 400 = 0,00342$
- $m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$

Arah x :

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2372645800}{0,8 \cdot 8200 \cdot 1429^2} = 0,2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right] = \frac{1}{15,68} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,2}{400}} \right]$$

$$= 0,0005$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0005 \cdot 4000 \cdot 1429 = 5882,05 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 25D19 (As ada = 7084,63 mm²)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{8200 - (2 \cdot 60)}{25} = 323 \text{ mm}$$

Jarak terpakai = 200 mm

Arah y :

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2372645800}{0,8 \cdot 8200 \cdot 1429^2} = 0,2$$

$$\rho =$$

$$\frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,2}{400}} \right|$$

$$= 0,0005$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0005 \cdot 4000 \cdot 1429 = 5882,05 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 25D19 (As ada = 7084,63 mm²)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{8200 - (2 \times 60)}{25} = 323 \text{ mm}$$

Jarak terpakai = 200 mm

5.7 PERENCANAN SLOOF.

Struktur sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi sehingga mencegah terjadinya penurunan (settlement) setempat pada pondasi yang dapat mengakibatkan retak struktural pada dinding.

Beban pada sloof terdiri dari beban momen lentur dengan beban normal, adapun beban normal dapat tarik atau tekan. Untuk perhitungan dihitung dua-duanya, yang menghasilkan tulangan terbesar itulah yang diambil.

5.7.1. Penulangan lentur sloof :

- a. Kombinasi beban momen dengan normal tarik.

Beban Momen Lentur :

Beban sloof :

$$- \text{Berat sendiri sloof} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 360 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{Berat dinding} = 4 \cdot 250 = 1000 \text{ Kg/m}$$

$$q = 1360 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Beban Ultimate} = q_u = 1,2 \cdot q = 1,2 \cdot 1360 = 1632 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1/12 \cdot qu \cdot L_{sloof}^2 \\ &= 1/12 \cdot 1632 \cdot 7,5^2 = 7650 \text{ Kgm} = 75046500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 500 - 50 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 430,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{75046500}{0,8 \cdot 300 \cdot (430,5)^2} = 1,68 \text{ N/mm}^2 = 1,68 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right| = \frac{1}{15,68} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,68}{400}} \right| \\ = 0,00436 > \rho_{min}$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho_{perlu} \times b \times d \\ &= 0,00436 \times 300 \times 430,5 = 564,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Beban Normal tarik

Beban normal yang dipikul sloof 10 % dari P_u Kolom

$$Nu = 10 \% \cdot P_u \text{ kolom}$$

$$= 10 \% \cdot 48750 \text{ kg} = 48750 \text{ kg} = 478237 \text{ N.}$$

$$As = \frac{Nu}{f_y} = \frac{478237}{400} = 1195,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi } As \text{ perlu} = 564,07 + 1195,6 = 1759,67 \text{ mm}^2$$

Dipakai 6D22 ($As = 2279,64 \text{ mm}^2$).

b. Kombinasi beban momen dengan normal tekan

Beban Momen Lentur :

Beban sloof :

$$\text{- Berat sendiri sloof} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 360 \text{ Kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 4 \cdot 250 = 1000 \text{ Kg/m}$$

$$q = 1360 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Beban Ultimate} = qu = 1,2 \cdot q = 1,2 \cdot 1360 = 1632 \text{ Kg/m}$$

$$Mu = 1/12 \cdot qu \cdot L_{sloof}^2$$

$$= 1/12 \cdot 1632 \cdot 7,5^2 = 7650 \text{ Kgm} = 75046500 \text{ Nmm}$$

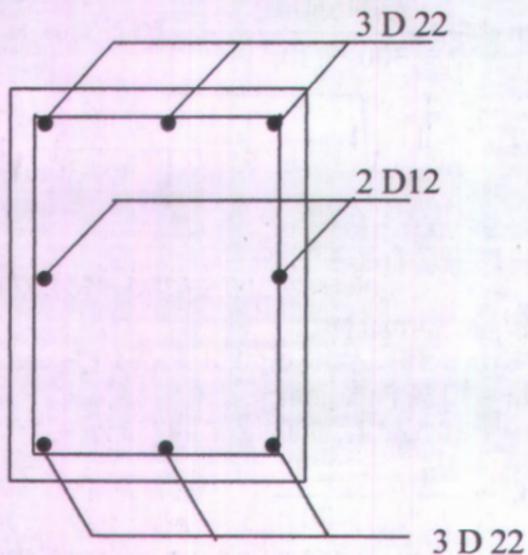
Beban Normal tekan

Beban normal yang dipikul sloof 10 % dari P_u Kolom

$$Nu = 10 \% \cdot P_u \text{ kolom}$$

$$= 10 \% \cdot 48750 \text{ kg} = 48750 \text{ kg} = 478237,5 \text{ N.}$$

Dari program PCACOL diperoleh penulangan 6D22. Bandingkan dengan kebutuhan tulangan pada kombinasi lentur dan normal tarik sehingga dipakai 6D22.



5.7.2. Penulangan Geser Sloof.

Gaya geser sloof (V_u) = $\frac{1}{2} \cdot 1632 \cdot 7,5 = 6120 \text{ kg}$.

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_c &= 0,8 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,8 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 430,5 = 94317,82 \text{ N} \\ &= 9614,46 \text{ kg}\end{aligned}$$

$V_u < \phi \cdot V_c$, maka dipasang tulangan geser praktis
 $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

BAB VI

KESIMPULAN

Modifikasi struktur gedung Suabaya Refinery Complex dapat dilakukan sesuai dengan SNI 03-1726-2002 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung) dan SNI 03-2847-2002 (Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung).

Dalam tugas akhir ini untuk perencanaan struktur ketahanan terhadap gaya lateral digunakan metode building frame system. Yang dimaksud bangunan dengan struktur menggunakan building frame system adalah bangunan dimana struktur penahan gaya lateral berupa dinding geser (shearwall) direncanakan menerima 100 % gaya lateral dan gaya gravitasi diterima oleh portal (rangka/frame). Tetapi pada kenyataannya tidak sepenuhnya diterima oleh dinding geser, sehingga apabila gaya lateral yang direncanakan untuk diterima oleh dinding geser sudah melampaui 90 % maka sudah dapat dianggap sebagai building frame system

Building Frame System	
Balok induk	40 x 60 cm
Kolom	55 x 55 cm
Shearwall	Jumlah total 8 dinding geser Jumlah 4 = 600 x 45 cm Jumlah 4 = 550 x 45 cm Boundary Element = 55 x 55cm

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (2002). *SNI 03-1726-2002 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.* Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung.* Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Purwono,Rachmat (2005).*Perencaaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa sesuai SNI 1726 dan SNI 2847 terbaru.* Surabaya : ITS Pres.
- Departemen Pekerjaan Umum (1979). *Peraturan Beton Bretulang Indonesia 1971.* Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.



Alfian Adie Chandra lahir di Jayapura, 10 Maret 1983. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri 1 Hamadi, SLTP Negeri 9 Hamadi, dan SMU Negeri 2 Jayapura. Gelar Sarjana Muda Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2004 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan konsentrasi bidang studi Konstruksi. Pada tahun 2004 penulis melanjutkan

pendidikan lintas jalur Teknik Sipil dan diterima di FTSP – ITS dengan Nrp. 3104 109 540. Pengalaman dalam bidang akademik adalah sebagai assisten lab. Beton di D-III Teknik Sipil ITS. Pengalaman Non Akademik adalah sebagai staf Teknik pada PT. Biru Bumi Hijau.

Staf Quantity Surveyor PT. Acset Indonusa.

DRAWING ARCHITECT AND STRUCTURE

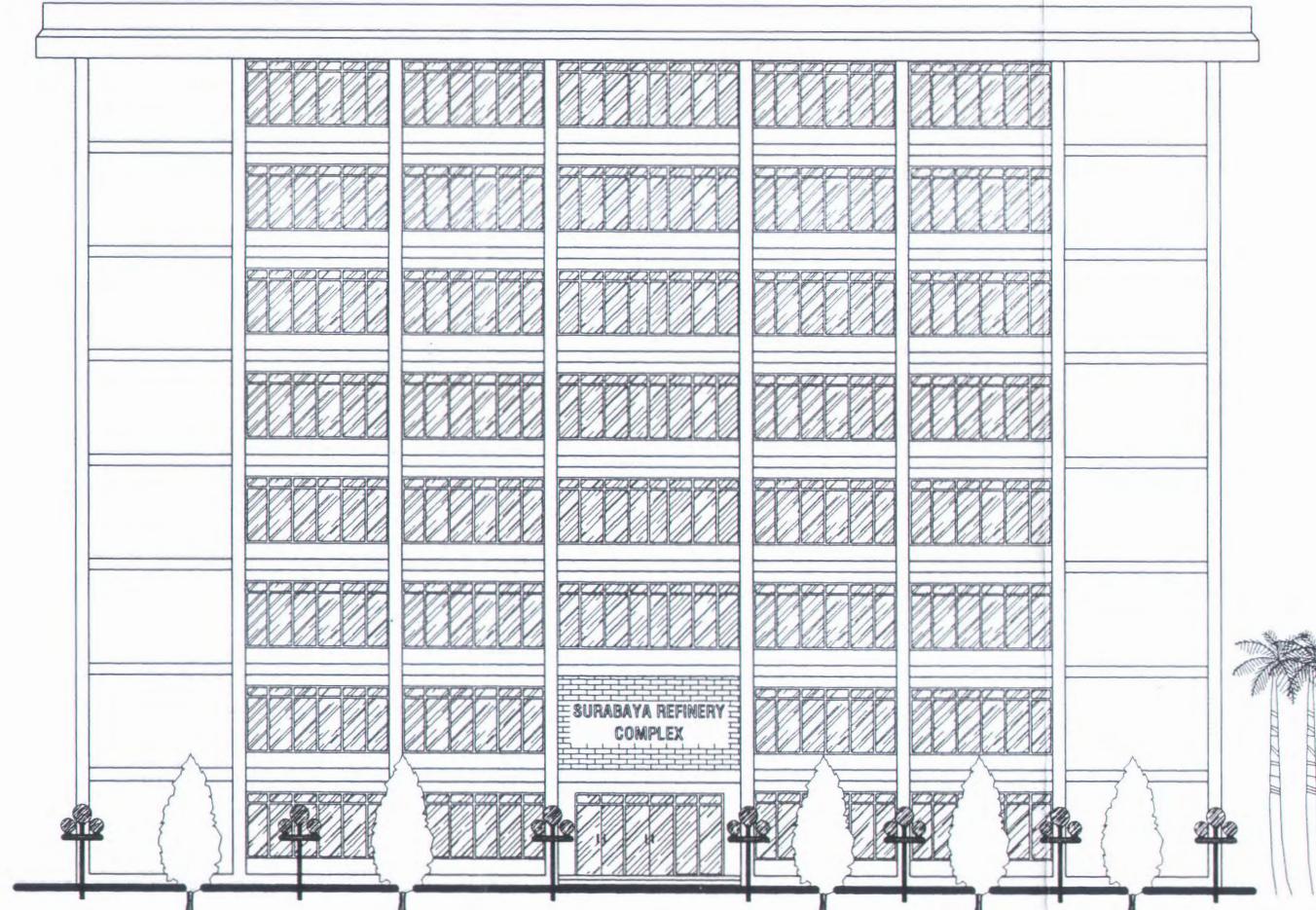
*Proyek Akhir
Modifikasi Perencanaan Sruktur Gedung
Surabaya Refinery Complex
Dengan Metode Sistem Rangka Gedung*



CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2007

CATATAN



TAMPAK DEPAN

Skala 1 : 400

Lt.9	+32.00
Lt.8	+28.00
Lt.7	+24.00
Lt.6	+20.00
Lt.5	+16.00
Lt.4	+12.00
Lt.3	+8.00
Lt.2	+4.00
Lt.1	± 0.00



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
TAMPAK DEPAN	
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
1	15

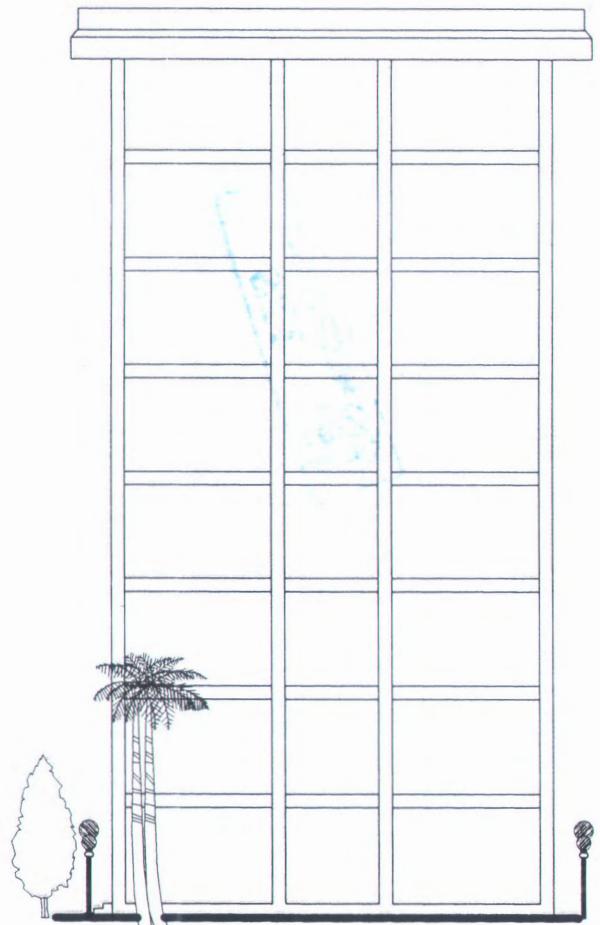
DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540

CATATAN



TAMPAK SAMPING

Skala 1 : 400

Lt.9 +32.00
Lt.8 +28.00
Lt.7 +24.00
Lt.6 +20.00
Lt.5 +16.00
Lt.4 +12.00
Lt.3 +8.00
Lt.2 +4.00
Lt.1 ± 0.00



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

TAMPAK
SAMPING

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

2 15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

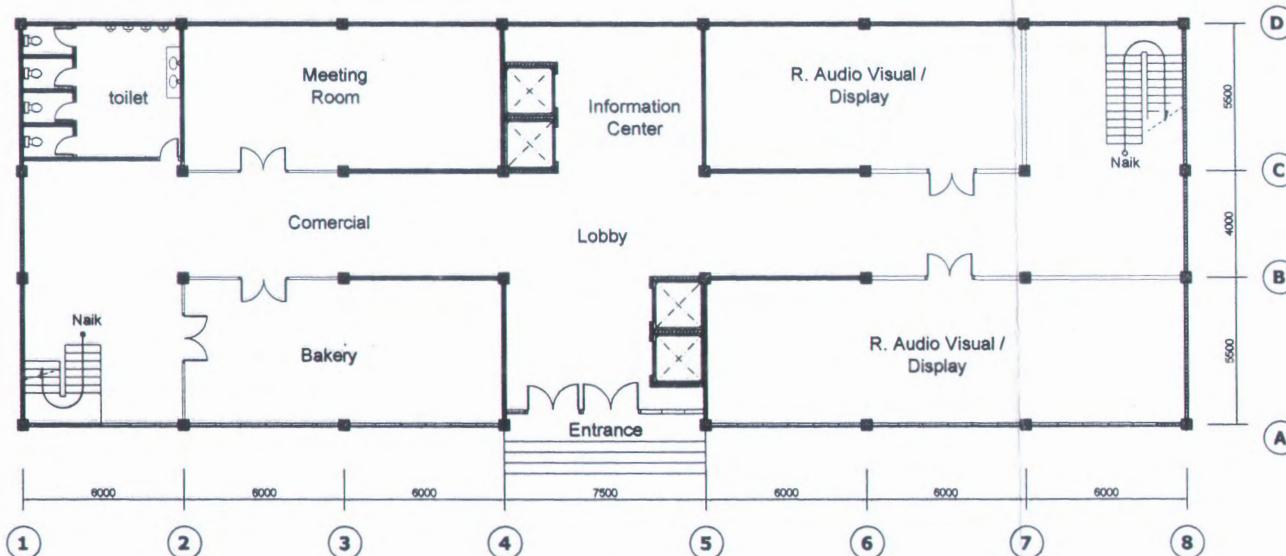
NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



DENAH LANTAI 2 - 6

Skala 1 : 400



DENAH LANTAI 1

Skala 1 : 400

TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

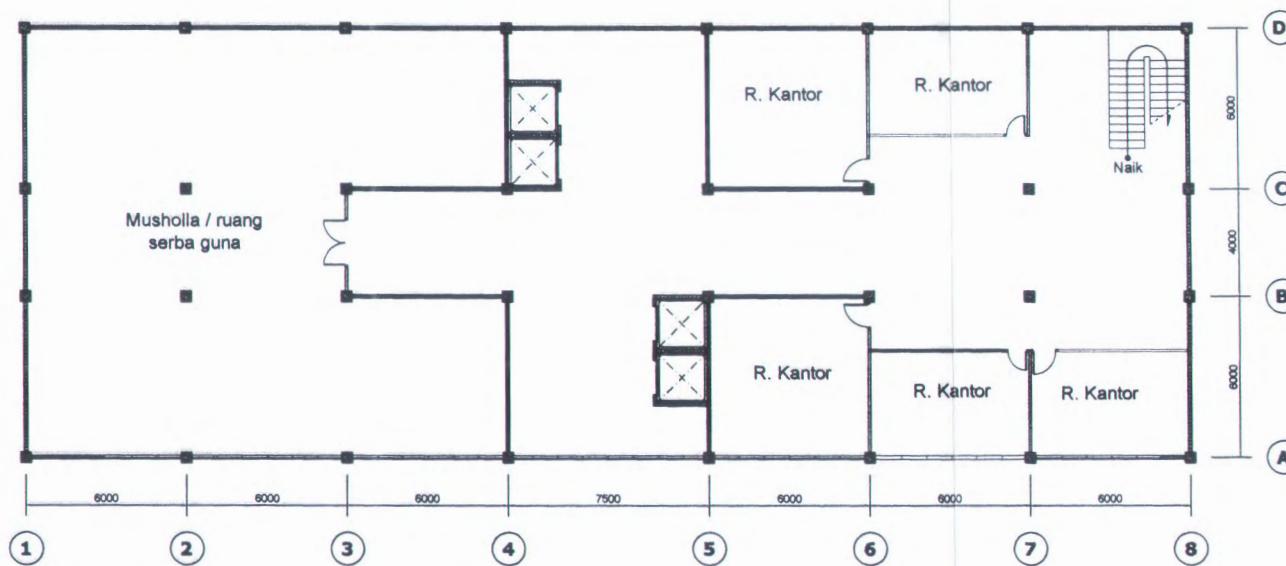
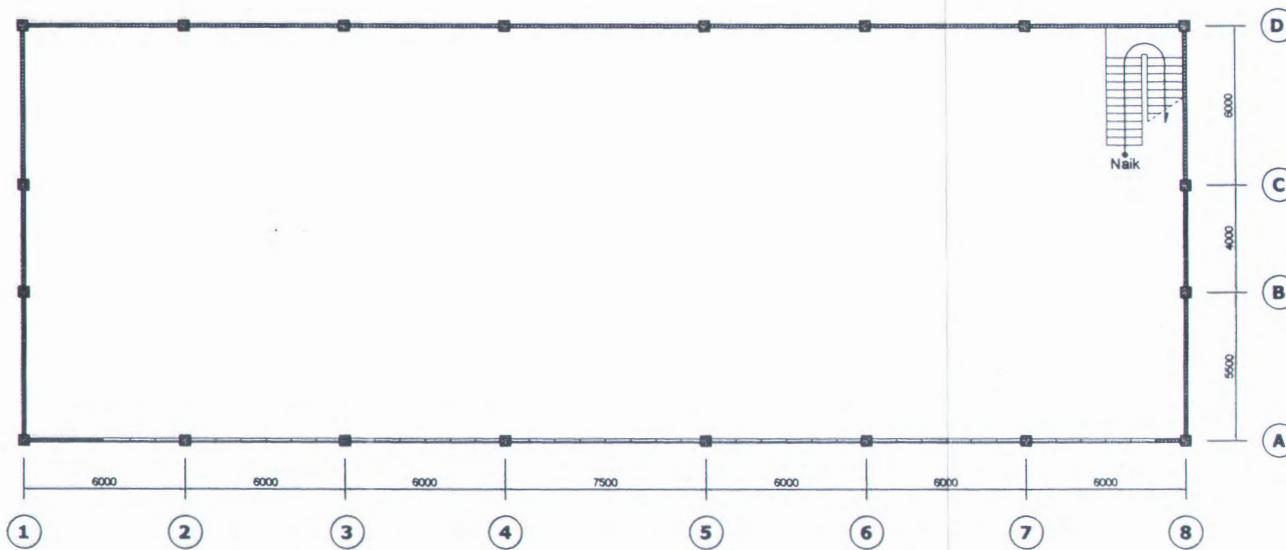
3 15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DENAH LANTAI

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

4 15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540

CATATAN



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

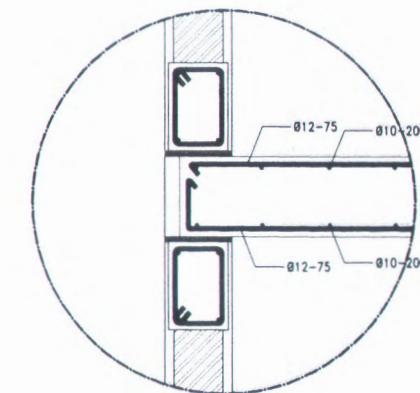
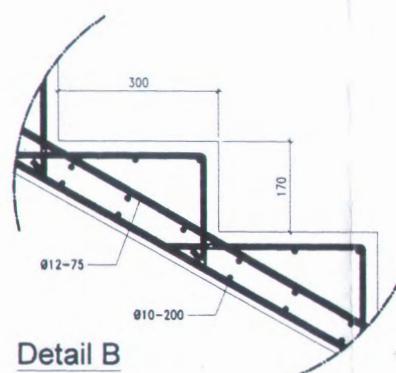
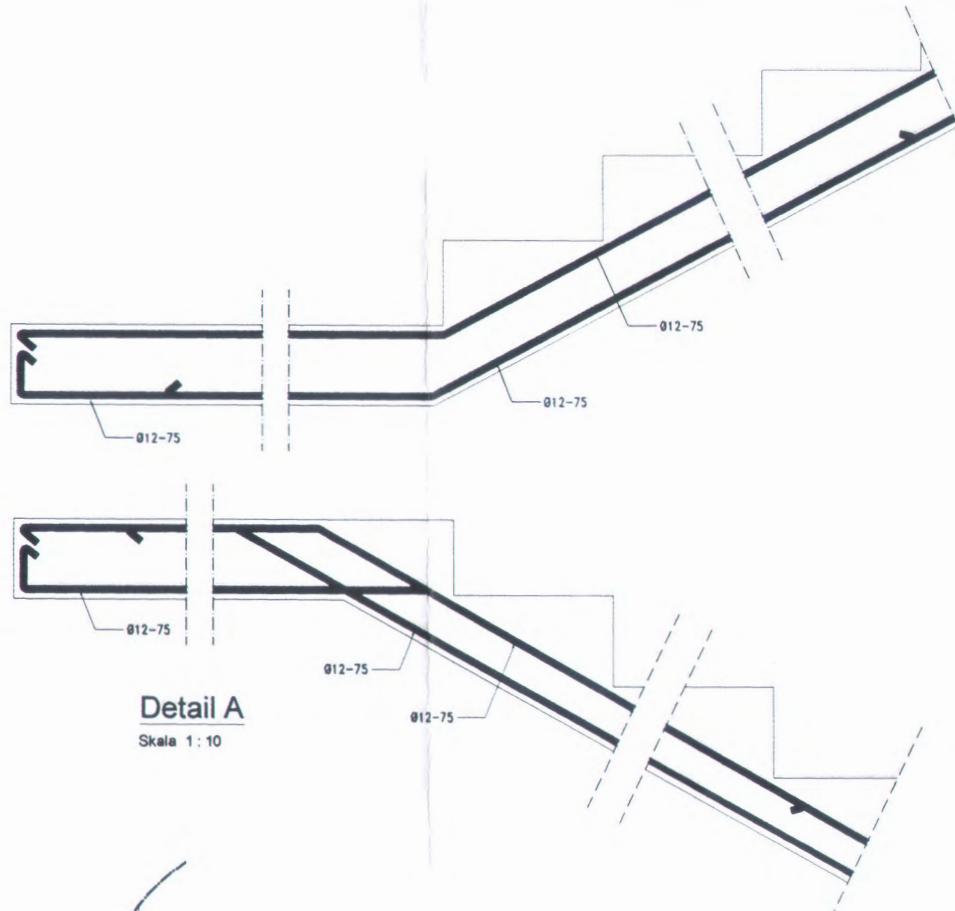
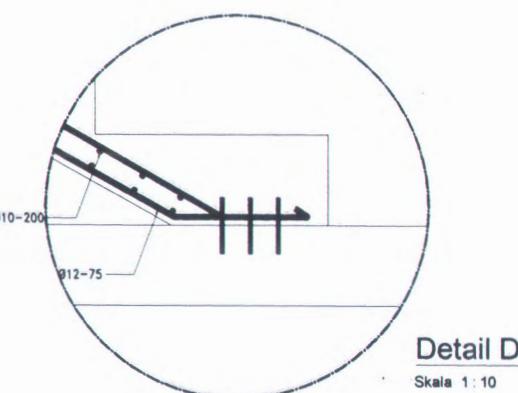
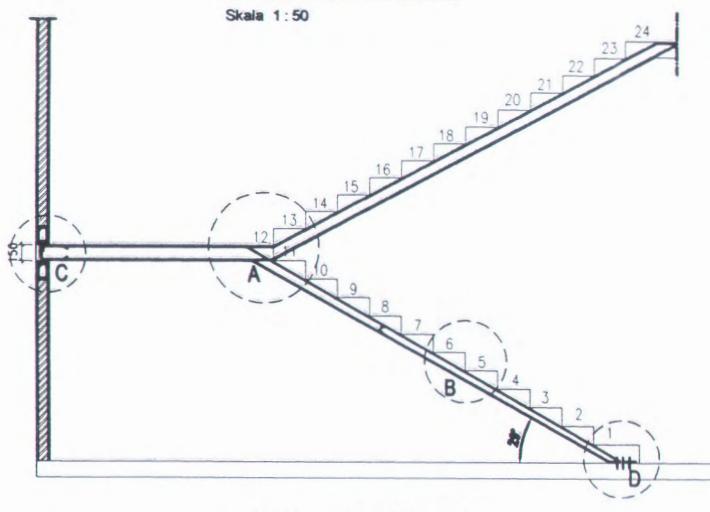
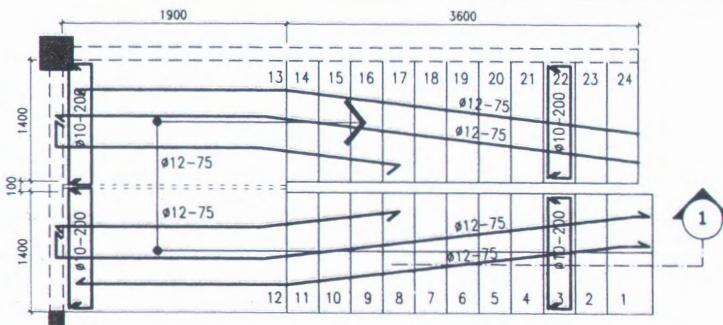
NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL TANGGA	
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
5	15

DOSEN PEMBIMBING

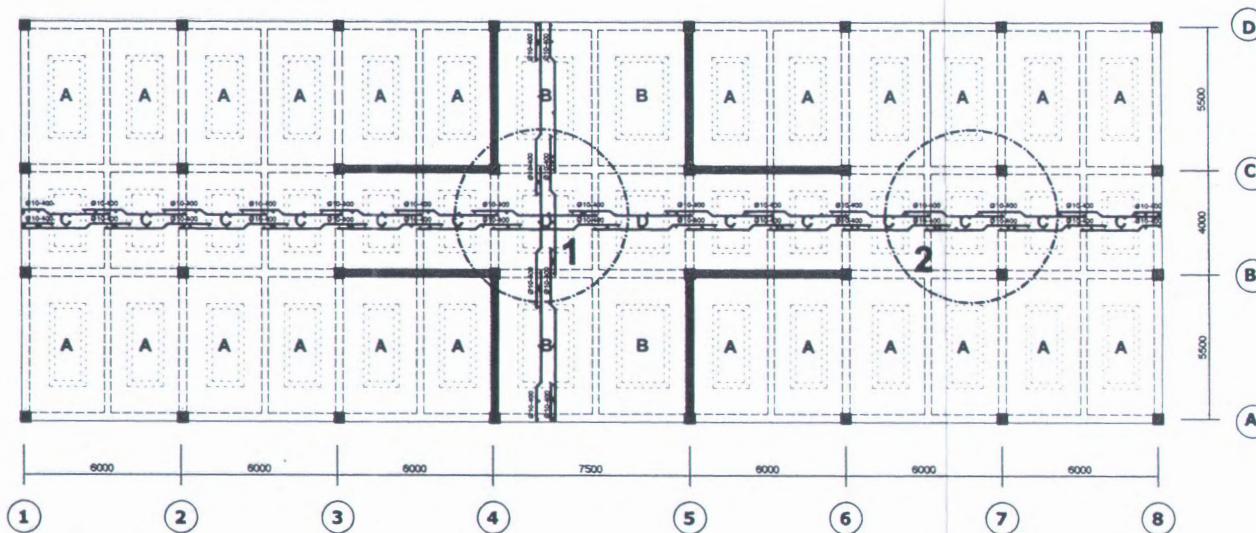
Ir. KURDIAN SUPRATO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



CATATAN



DENAH DETAIL PELAT

Skala 1 : 400



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DETAIL PELAT

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

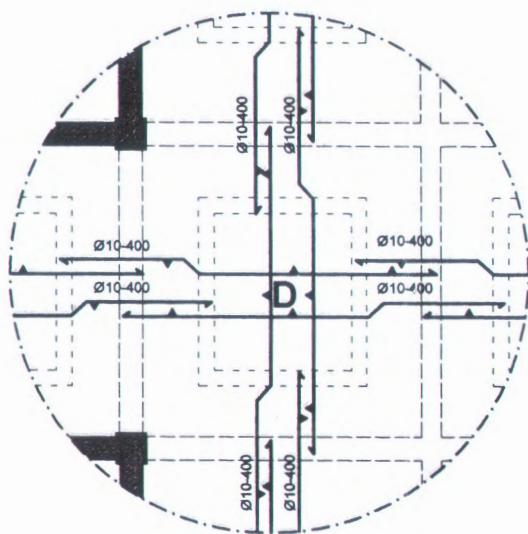
6 15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

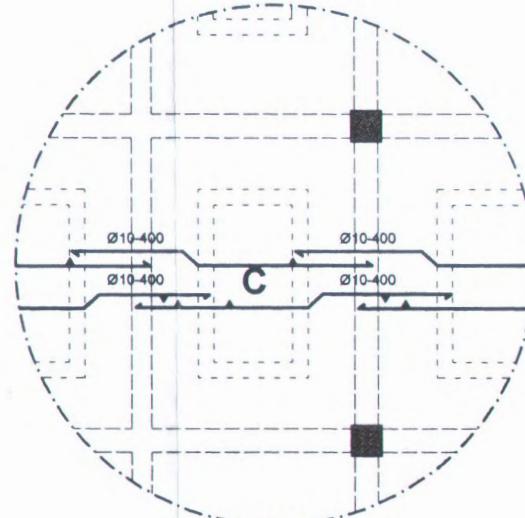
NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



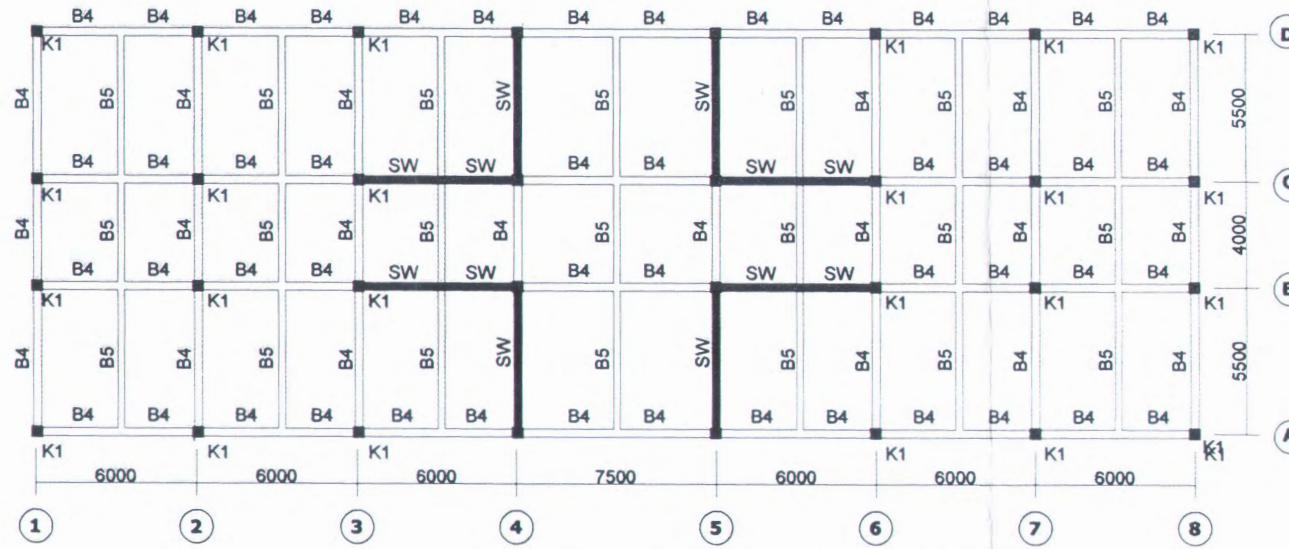
DETAIL 1

Skala 1 : 60



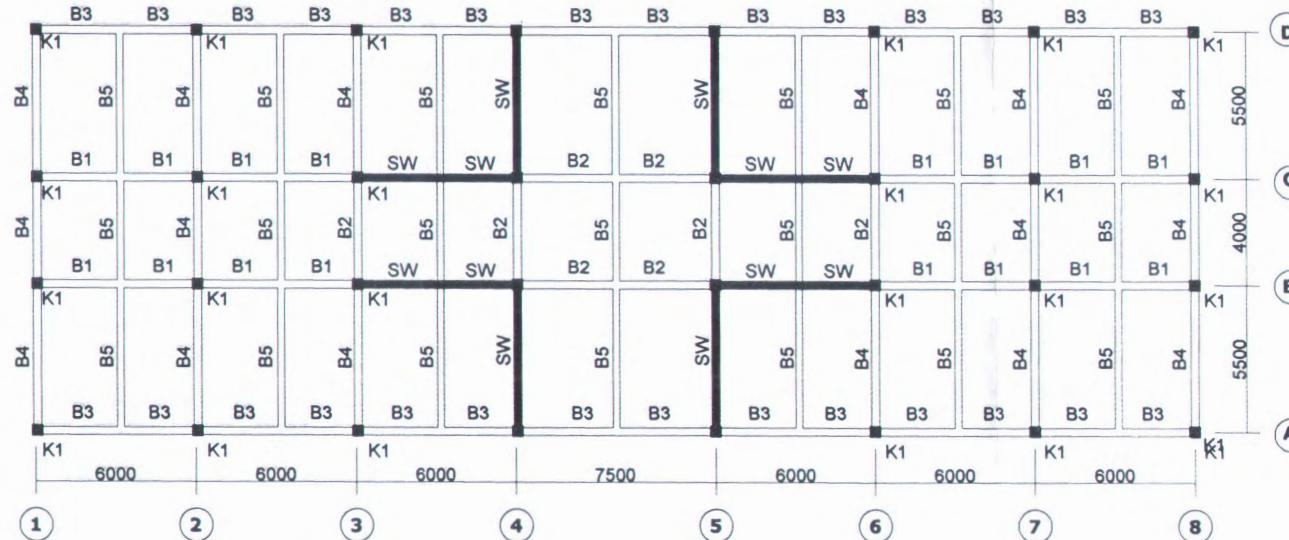
DETAIL 2

Skala 1 : 60



DENAH KOLOM, BALOK DAN SHEARWALL LANTAI 5-ATAP

Skala 1 : 400

TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

DENAH KOLOM, BALOK DAN SHEARWALL LANTAI 1-4

Skala 1 : 400

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

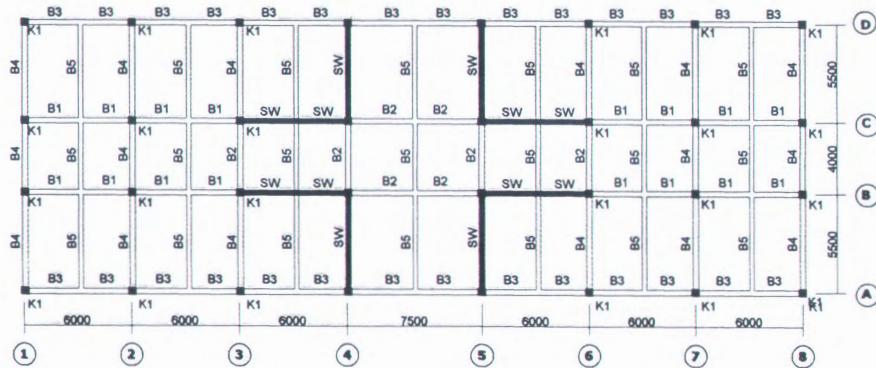
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH KOLOM BALOK, SHEARWALL	
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
7	15

DOSEN PEMBIMBING

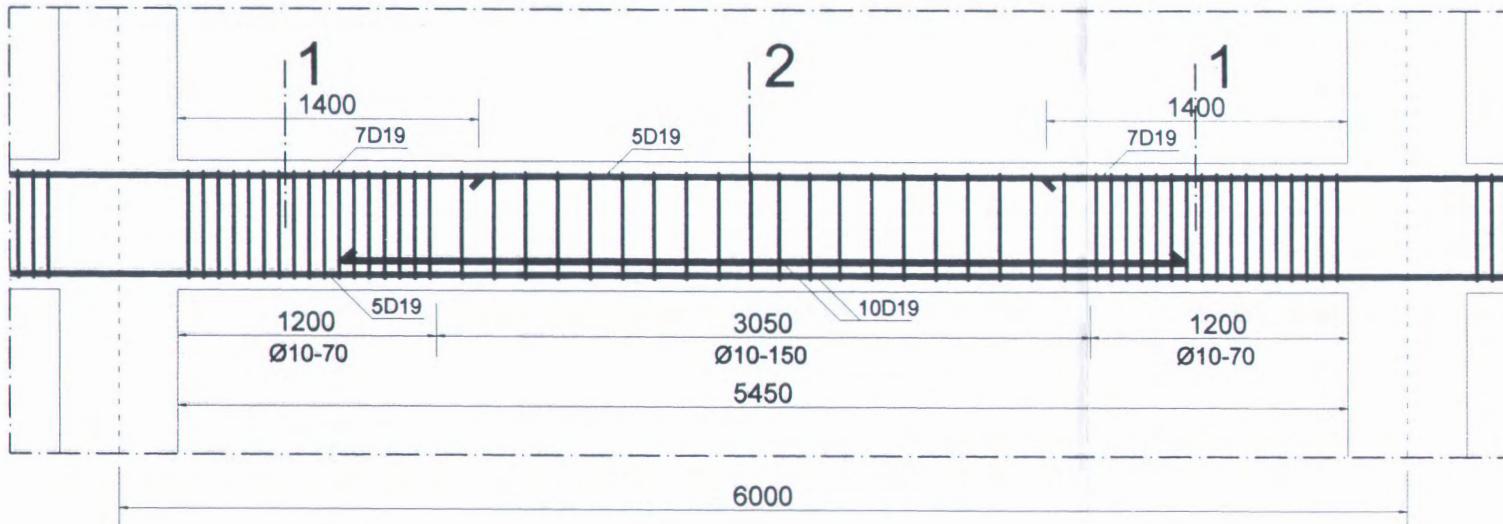
Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



TIPE BALOK	B1	
	Tump. (1)	Lap. (2)
DETAIL BALOK Skala 1 : 40		
DIMENSI	400 x 600	400 x 600
TULANGAN ATAS	7 D 19	5 D 19
TULANGAN BAWAH	5 D 19	10 D 19
SENGKANG	Ø10-70	Ø10-150



DETAIL BALOK B1
Skala 1 : 50



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DETAIL BALOK

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

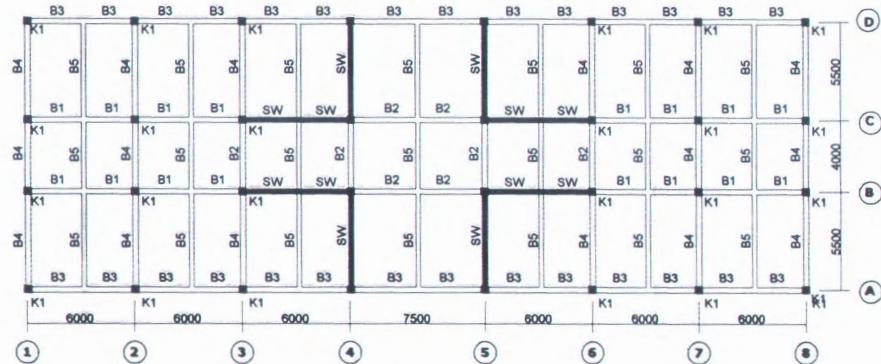
8 15

DOSEN PEMBIMBING

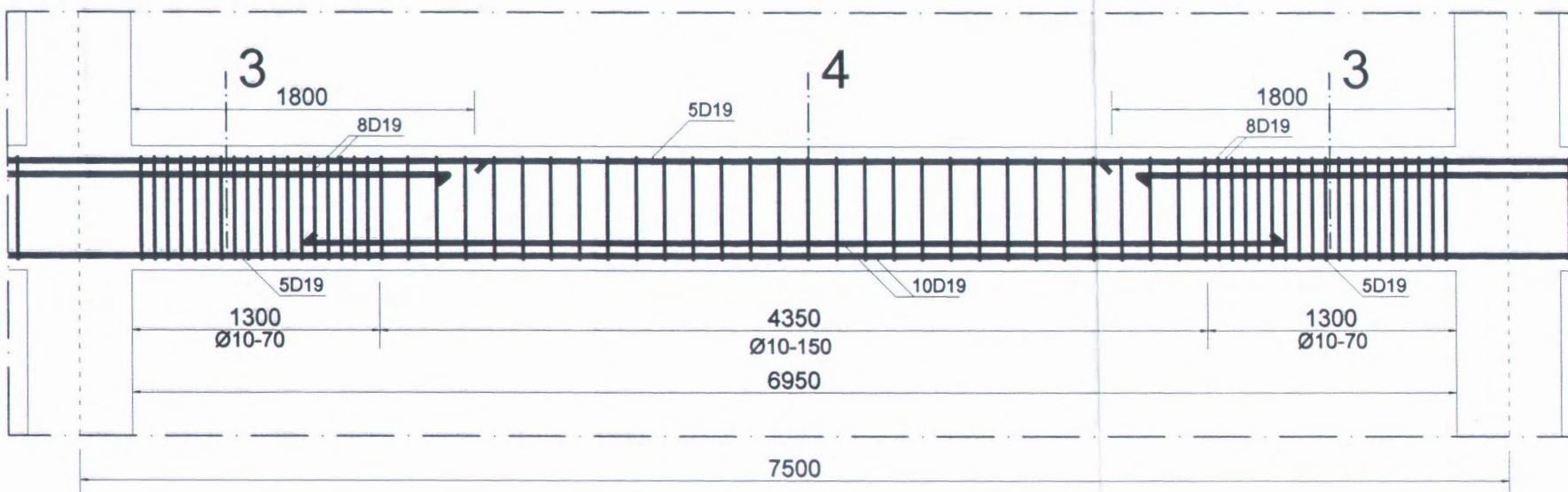
Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



TIPE BALOK	B2	
	Tump. (3)	Lap. (4)
DETAIL BALOK Skala 1 : 40		
DIMENSI	450 x 650	450 x 650
TULANGAN ATAS	8 D 19	5 D 19
TULANGAN BAWAH	5 D 19	10 D 19
SENGKANG	Ø10-70	Ø10-150



DETAIL BALOK B2
Skala 1 : 50



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DETAIL BALOK

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

9 15

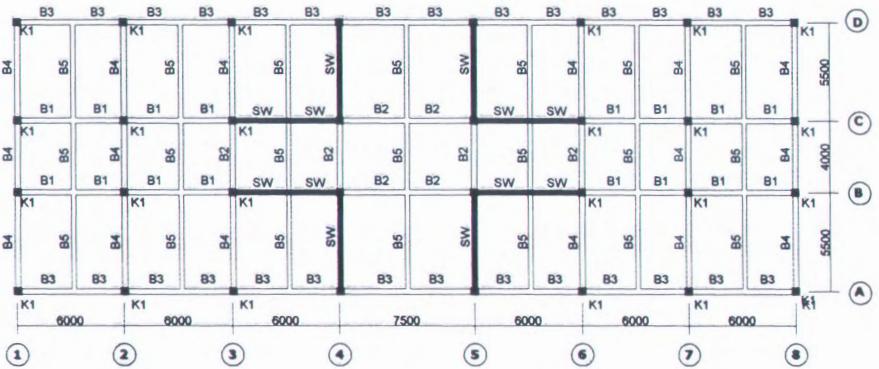
DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540

CATATAN

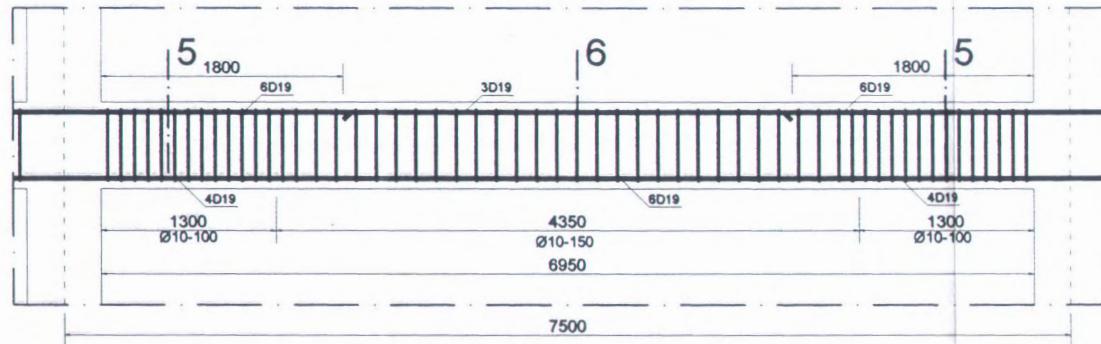


DENAH KOLOM, BALOK DAN SHEARWALL LANTAI 1-4

Skala 1 : 600

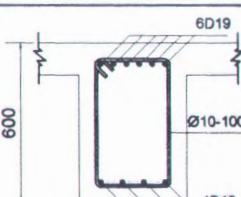
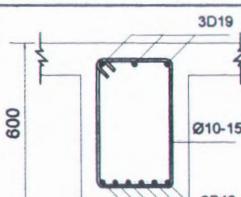
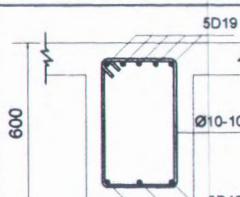
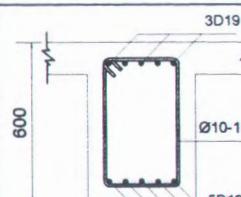


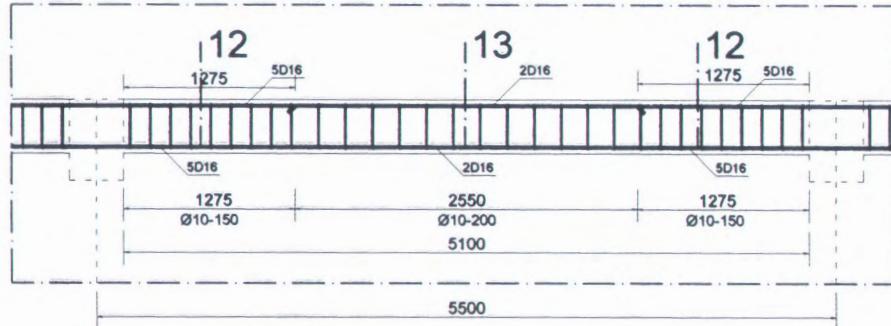
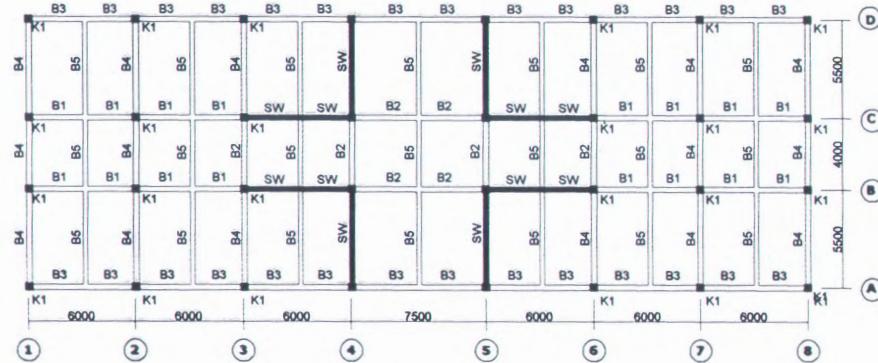
TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS



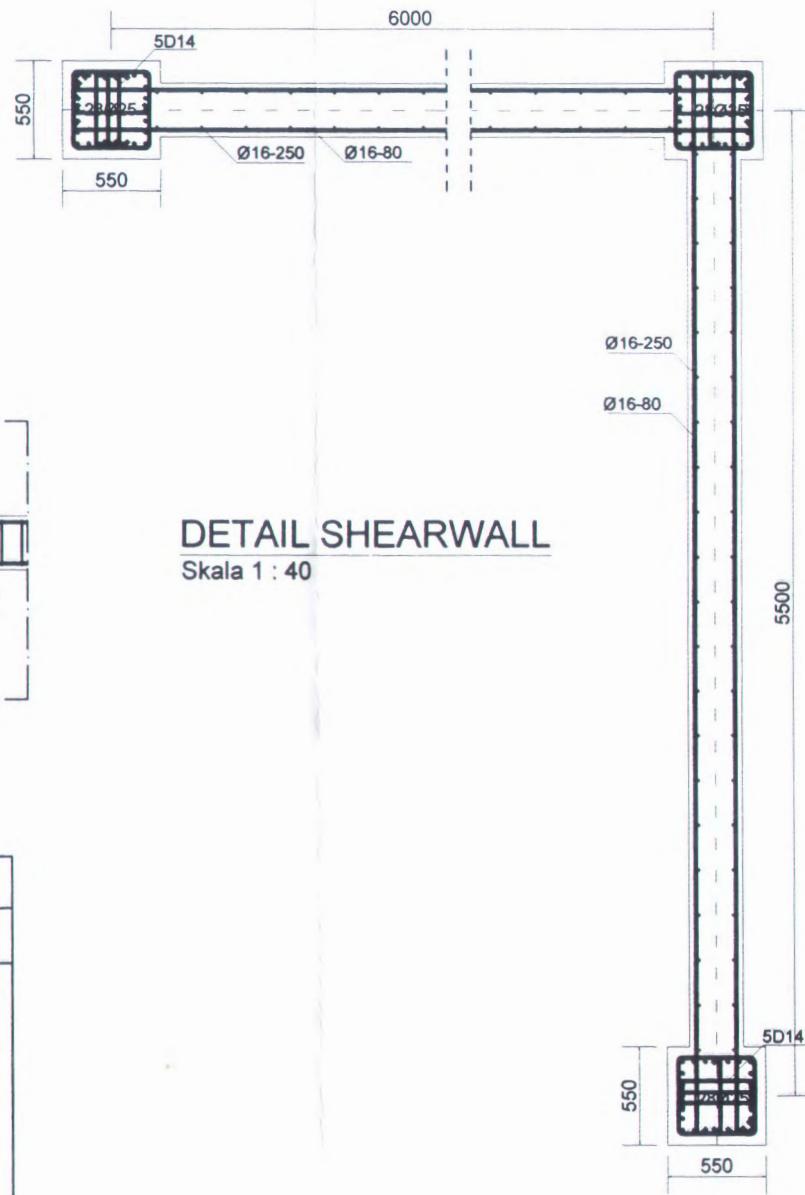
DETAIL BALOK B3

Skala 1 : 80

TIPE BALOK	B3		B4	
	Tump. (5)	Lap. (6)	Tump.	Lap.
DETAIL BALOK Skala 1 : 40	 <p>600</p> <p>Ø10-100</p> <p>6D19</p> <p>400</p> <p>4D19</p>	 <p>600</p> <p>Ø10-150</p> <p>3D19</p> <p>400</p> <p>6D19</p>	 <p>600</p> <p>Ø10-100</p> <p>5D19</p> <p>400</p> <p>3D19</p>	 <p>600</p> <p>Ø10-150</p> <p>3D19</p> <p>400</p> <p>5D19</p>
DIMENSI	400 x 600	400 x 600	400 x 600	400 x 600
TULANGAN ATAS	6 D 19	3 D 19	5 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	4 D 19	6 D 19	3 D 19	5 D 19
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100	Ø10-150



TIPE BALOK	B5	
	Tump. (12)	Lap. (13)
DETAIL BALOK		
Skala 1 : 40		
DIMENSI	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	5 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 16	5 D 16
SENGKANG	Ø10-150	Ø10-200



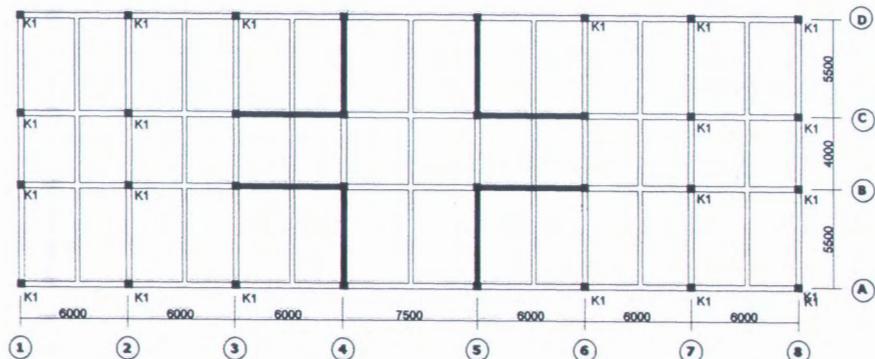
TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

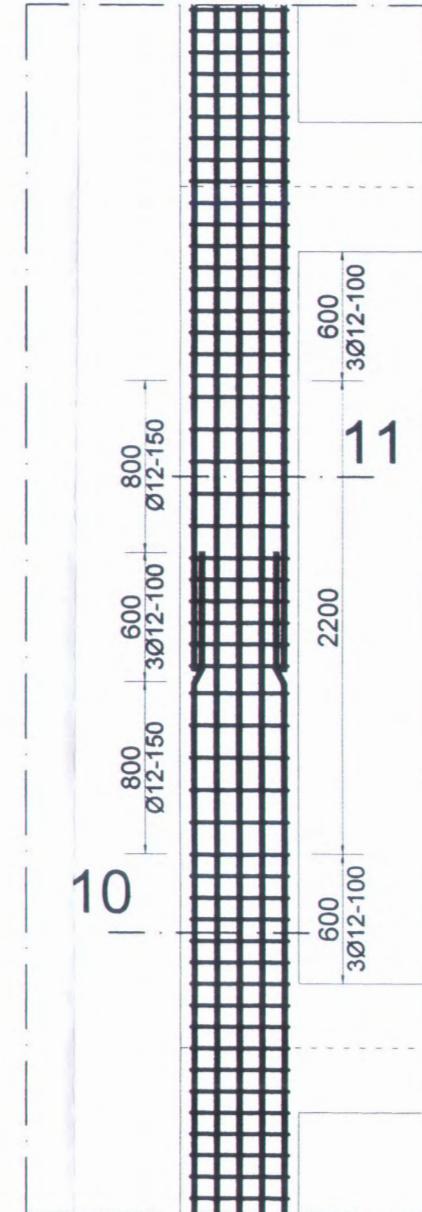
TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK ANAK & SEARWALL	
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	15
DOSEN PEMBIMBING	
Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS	
NAMA/ NRP	
ALFIAN ADIE CHANDRA 3104 109 540	

CATATAN



TIPE KOLOM	K1	
	Pot. 10	Pot. 11
DETAIL KOLOM	<p>550</p> <p>550</p> <p>550</p> <p>550</p>	<p>550</p> <p>550</p> <p>550</p> <p>550</p>
Skala 1 : 40		
DIMENSI	550 x 550	550 x 550
TULANGAN UTAMA	16 D 25	16 D 25
SENGKANG	3Ø12-100	Ø12-150



DETAIL KOLOM
Skala 1 : 50



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DETAIL KOLOM

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

12 15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DENAH
PONDASI

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

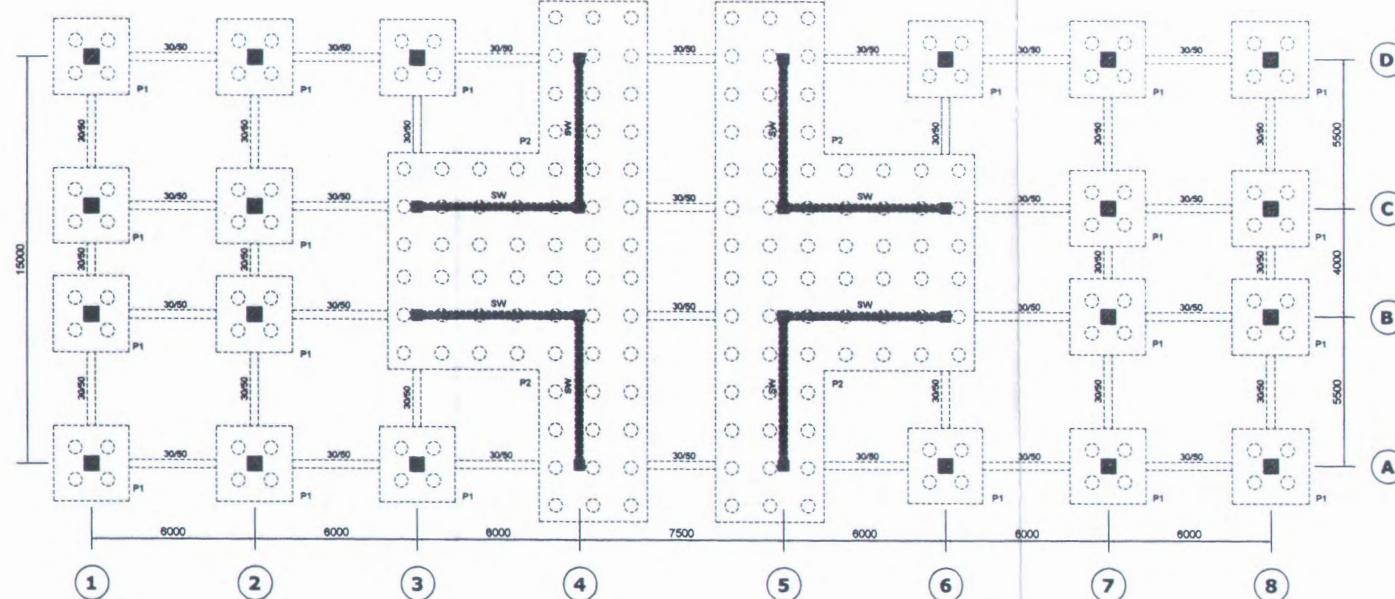
13

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



DENAH PONDASI

Skala 1 : 400



TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

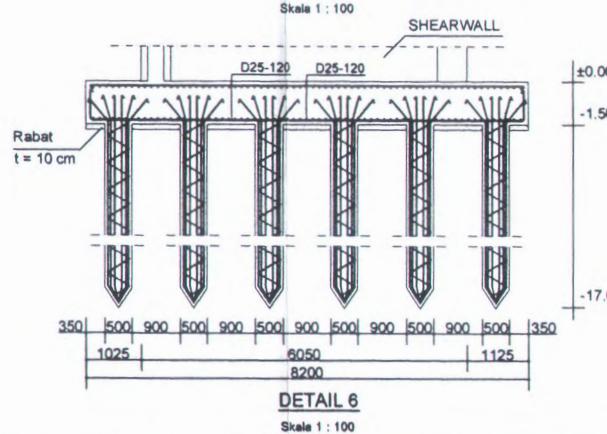
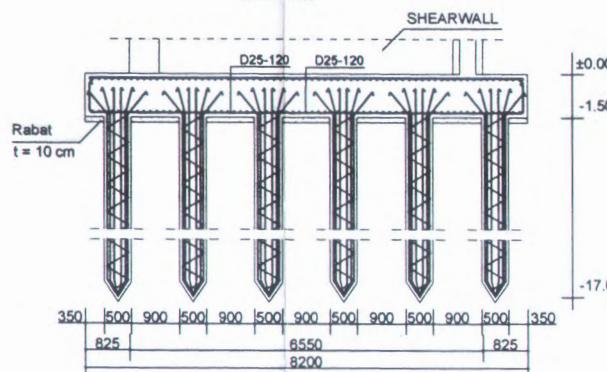
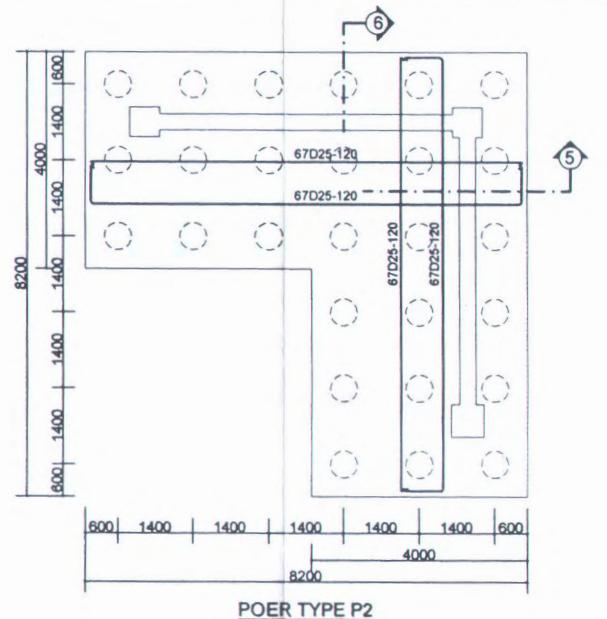
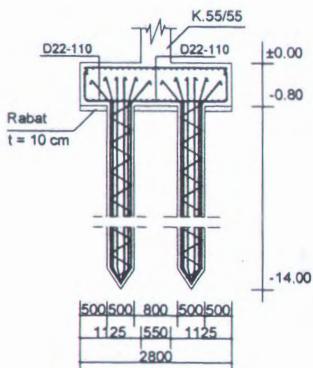
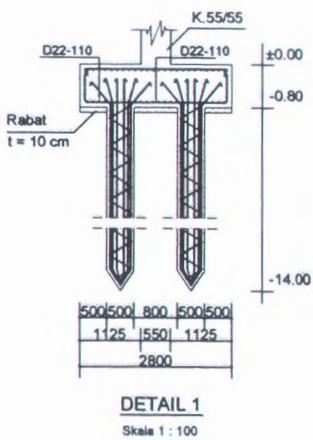
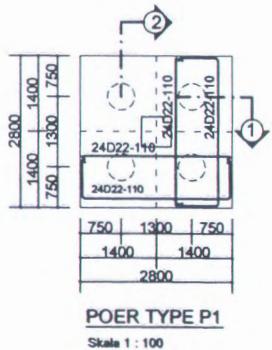
NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL POER	
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
14	15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540





TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

DETAIL SLOOF

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

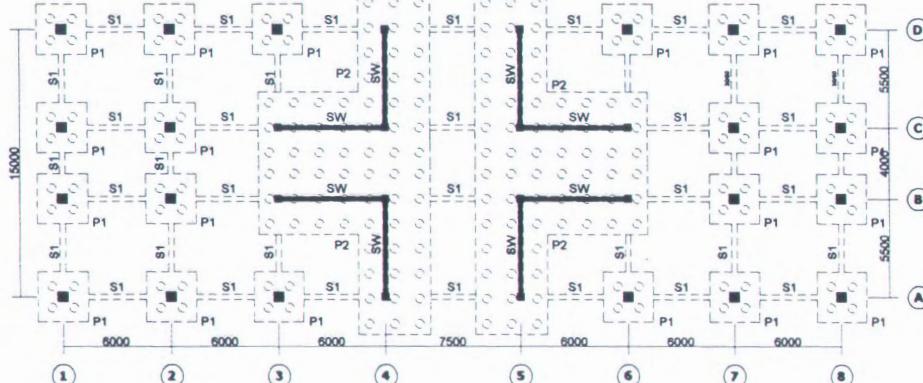
15 15

DOSEN PEMBIMBING

Ir. KURDIAN SUPRAPTO,MS

NAMA/ NRP

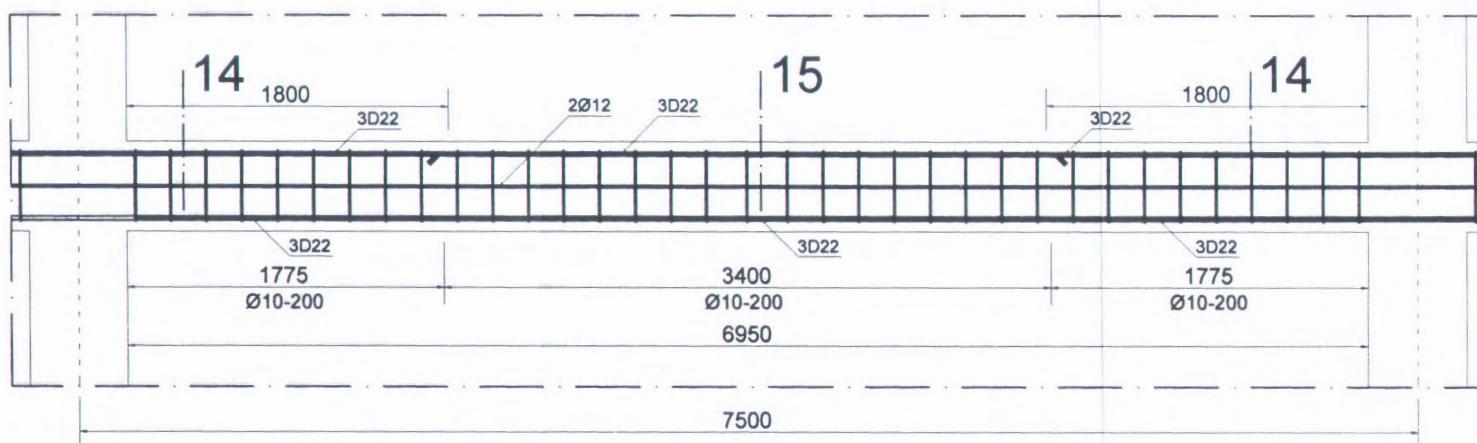
ALFIAN ADIE CHANDRA
3104 109 540



DENAH SLOOF

Skala 1 : 300

TIPE SLOOF	S1	
	Pot. 14	Pot. 15
DETAIL SLOOF Skala 1 : 40		
DIMENSI	300 x 500	300 x 500
TULANGAN UTAMA	3 D 22	3 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 12	2 D 12
TULANGAN BAWAH	3 D 12	3 D 12
SENGKANG	Ø10-200	Ø10-200



DETAIL SLOOF

Skala 1 : 60

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	E	-27.7229	-2790.696	-14685.34	7746.88	-31.64829	287.8
9	E	57.81258	-1805.703	-11238.62	4704.921	116.1644	111.5618
17	E	40.08348	-31.27773	-1099.318	103.8184	81.46969	96.76406
41	E	-95.25404	-30.24067	-1180.981	104.3428	-211.8225	-126.9613
49	E	-168.3349	-2066.607	-12180.6	5435.215	-375.9119	-146.2002
57	E	-88.96565	-3205.034	-15402.26	8958.56	-287.8315	-335.34
114	E	-9.094801	-3735.366	-5604.786	8915.67	-28.95896	365.1769
122	E	13.32203	-2392.287	-3151.097	5419.865	26.22178	270.6882
138	E	-350272.6	-109763	758052	-9955.78	-16466.65	-139.3328
146	E	310781.3	-40301.41	781735.8	-9231.166	-34278.96	5064.804
162	E	-58.22895	-2763.076	-3533.868	6292.528	-128.0481	-319.9128
170	E	-52.7103	-4320.019	-5932.844	10348.76	-131.2183	-423.3847
227	E	-103.63	-3708.295	5448.591	8854.514	-258.1902	358.5767
235	E	-89.39338	-2372.271	3490.661	5376.575	-196.3122	277.1057
251	E	48063.2	181703.5	194222.3	-12546.03	10803.4	-121.4729
259	E	-98715.49	86021.55	-15793.83	-10868.59	-10994.34	119.7259
275	E	59.08843	-2743.329	3683.382	8249.813	129.4879	-320.0649
283	E	53.04962	-4292.049	8099.913	10285.69	132.2226	-413.5977
340	E	-181.003	-2717.825	14023.03	7551.724	-521.0062	278.4471
348	E	-230.6406	-1752.884	11290.32	4568.606	-524.0026	136.9871
356	E	-123.2611	10.35022	1141.467	-1.387575	-279.4201	118.9928
380	E	94.37691	10.65523	1072.443	0.196964	210.0985	-127.1028
388	E	167.0342	-2014.214	12018.13	5299.597	373.226	-146.1384
396	E	87.96011	-3130.504	15238.47	8759.421	285.1624	-310.8113
658	E	164297.5	-409967.5	-851149.9	5546.196	126824.8	-77339.7
662	E	-148873.1	-88703.57	137183	900.9379	-114060.9	-69518.98
663	E	-185001.8	-385165.7	-612337.1	5485.741	-142421.3	86831.39
664	E	127857.7	-118201.4	184745.1	1268.745	98122.76	59819.5
665	E	57207.55	47671.08	-994569.4	17532.37	204772.7	106.243
674	E	40588.33	28645.84	-717052.5	21274.81	168727.5	45.52665
683	E	29065.09	29711.25	-454897.8	22087.62	138219.9	12.98944
692	E	20572.33	27364.44	-240522.8	21159.02	106857.8	-4.767242
701	E	14023.58	37657.8	19077.6	21649.35	80348.2	-13.16208
710	E	8641.991	31012.88	214072.9	18488.47	53008.84	-15.74824
719	E	3836.825	59680.5	523551.2	18894.59	26373.79	-14.23705
728	E	-2548.743	9187.752	148825.8	4053.606	-23088.38	-14.35439
737	E	-6724.125	-2772.359	189571.8	767.1163	-48676.02	-14.11781
746	E	-11568.47	5645.885	162463.5	3025.148	-71084.1	-10.93175
755	E	-17569.11	-3543.833	193235.9	2203.644	-96527.46	-2.946098
764	E	-25395.76	-862.6526	189889.8	3446.939	-123241.6	13.23445
773	E	-38007.59	-5584.458	214185.8	3159.836	-150925.5	43.51213
782	E	-51261.66	-1125.719	231523.1	3211.877	-183744	97.32417
791	E	-64204.95	36869.31	-942004.4	16874.07	-229778.5	-120.2191
800	E	-45398.43	20238.81	-890217.7	20933.14	-189113	-53.06928
809	E	-32351.77	18406.6	-464055.8	21235.58	-154748.4	-15.20186
818	E	-22757.35	20498.72	-266837.1	20902.69	-121511.5	5.096687
827	E	-15408.87	25865.37	-5230.07	20243.03	-89750.51	15.14734
836	E	-9457.378	29137.09	139691.2	18200.81	-59144.61	19.14164
845	E	-4273.25	53528.83	395306.9	15270.84	-29386.49	19.32472
854	E	2424.891	19867.29	-6699.578	4614.271	19997.06	12.36745
863	E	6029.045	6383.906	73858.69	2363.428	40384.86	12.34796
872	E	10184.18	13353.5	87249.94	4473.703	81396.75	9.683648
881	E	15317.27	5160.481	151093.3	3852.191	83285.17	2.83201
890	E	22008.67	7392.725	183376	4908.202	106238.4	-11.09139
899	E	31085.04	3589.688	241853.5	4846.066	130005.3	-37.12354
908	E	44140.93	8754.569	296296.2	4311.41	158158.5	-83.3183

919	E	-307719.1	-43919.71	-534853.9	36495.69	-5500.875	-20871.33
920	E	-3900.329	-113316.7	4493.706	98292.56	-141.2675	55803.64
921	E	25322.84	-50024.32	-865190.8	185330	-18316.49	113.8841
930	E	6493.193	-34833.05	-619928.5	152920.3	-22462.38	47.15354
939	E	5366.768	-24629.78	-398961.2	124969.1	-23204.94	10.85483
948	E	4681.658	-17448.91	-212353.4	98098.63	-22689.98	-26.90446
949	E	10900.33	-12211.75	-387.7503	72559.49	-22980.82	-18.41143
958	E	8571.353	-8243.007	174974.5	48005.86	-20472.98	-23.75003
967	E	30360.03	-4979.585	425567.7	23987.31	-20233.43	-26.79088
976	E	-4532.652	-2224.166	-54145.68	13746.57	2475.441	17.30027
985	E	1351.443	-4026.563	-76470.73	27727.65	1245.803	14.3557
994	E	-737.1804	-6365.666	-73029.56	42200.03	2479.249	10.54695
1003	E	2954.756	-9556.257	-90103.2	57414.63	2186.211	9.408632
1004	E	2480.18	-13997.35	-95632.72	73568.04	2763.138	-8.513459
1013	E	3913.904	-20379.34	-111715.1	90499.38	2614.719	-32.37186
1022	E	1163.269	-29983.74	-128075.7	110254.1	2358.786	-76.79212
1031	E	44253.1	-15374.45	-778426.1	58272.7	-16547.9	40.98817
1040	E	28605.99	-9942.858	-489821	47150.26	-20958.27	19.35344
1049	E	23616.19	-6157.762	-230505.9	37703.16	-21369.74	8.215346
1058	E	24349.81	-3761.143	14241.7	28828.98	-22179.08	12.14307
1059	E	22473.98	-1641.529	260653.5	20689.99	-21634.66	-4.428489
1068	E	25682.1	-445.8768	518173.4	13214.68	-21642.95	-7.013027
1077	E	39702.71	-259.831	806499.1	6321.732	-17491.89	-11.17086
1086	E	-10058.41	-3122.364	302845.6	19837.92	-1456.989	24.59862
1095	E	-14147.92	-5725.55	262142.2	40053.58	1350.168	20.22776
1104	E	-10332.62	-9082.117	194661.5	60987.99	-266.7308	15.44881
1113	E	-15689.98	-13985.08	159120	82991.77	305.044	9.637558
1114	E	-14697.74	-20182.14	108416.9	106339.2	-586.3512	-13.56513
1123	E	-17301.51	-29442.28	70313.05	130774.7	-368.4067	-46.0592
1132	E	-15486.07	-43191.2	28198.04	159231.9	-652.0776	-107.6282
		-657546.66					

Total gaya lateral -976594.08

-316861.34

Gaya lateral yang diterima SW -974408.00

99.78

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	E	-324.3205	-980.4929	-7068.602	2831.406	-838.5797	30.83838
9	E	-235.5623	-731.4641	-5231.637	1989.593	-562.291	7.264345
17	E	-106.8505	-6.245404	-304.8302	29.18083	-260.4087	11.79582
41	E	-49.11681	-4.097568	-686.3519	28.0136	-108.3762	-66.94534
49	E	-85.18272	-1012.234	-7128.813	2734.579	-189.7418	-74.33881
57	E	-43.31685	-1580.516	-8640.534	4427.299	-142.2305	-134.7443
114	E	-170.2132	-1379.26	-2945.791	3352.141	-435.0914	96.10213
122	E	-105.7339	-1015.485	-1309.554	2341.8	-238.6606	98.67068
138	E	-343932.6	-287244.8	-1045596	-72.71169	-9106.823	-122.1708
146	E	186866.8	-33604.76	362279.2	-6602.183	9700.939	129.9876
162	E	-29.76084	-1397.803	-2097.464	3218.989	-65.09899	-162.8534
170	E	-26.50475	-2140.996	-3333.345	5164.466	-65.90499	-196.9404
227	E	-204.2282	-1382.937	-1875.893	3359.312	-518.191	107.3593
235	E	-144.9141	-1009.536	1997.987	2328.552	-323.3459	119.5833
251	E	-88320.81	266904.9	593569.9	-10958.29	5746.181	-117.2453
259	E	-71474.73	36569.89	-54824.33	-6099.881	-6557.132	112.0686
275	E	30.00301	-1392.686	2154.012	3207.07	65.43554	-162.8728
283	E	26.60548	-2133.277	3390.158	5146.47	66.05721	-194.4704
340	E	-375.1955	-987.9456	5398.81	2846.727	-1013.531	99.81809
348	E	-345.4477	-716.7624	5890.08	1949.336	-807.166	92.25426
356	E	-173.1421	7.05985	784.7135	-3.890443	-405.0493	85.33303
380	E	48.90823	6.707785	647.4044	-1.413187	108.0226	-66.8146
388	E	84.89752	-999.2254	7067.396	2697.177	189.2776	-74.47142
396	E	43.00183	-1540.076	8583.586	4370.259	141.7414	-138.1372
558	E	27413.42	-324565.3	-517579.2	4373.386	22240.29	-13653.54
662	E	-135380.3	12437.77	-23551.96	-261.3872	-103088.9	-62810.64
663	E	-106762.4	-232952	-369308.1	3147.838	-82162.33	50113.45
664	E	745912.4	-85831.93	134711.2	988.8542	57271.15	34934.65
665	E	10215.19	55609.5	-767156	13595.41	36445.11	16.01244
674	E	7726.26	42201.99	-497718.7	17025.69	30650.98	5.879369
683	E	6042.327	39714.66	-246768.8	17458.83	25625.85	0.2464837
692	E	4806.525	39713.03	-18534.68	17564.96	20609.2	-2.558937
701	E	3809.137	42274.6	226797.7	17258.32	15623.63	-3.481027
710	E	2880.312	42976.83	458559.2	15991.89	10595.53	-2.891963
719	E	1864.236	63166.35	750975	13138.02	5446.597	-0.72026
728	E	-1614.784	-19148.17	443977.3	1216.481	-20396.58	-13.95812
737	E	-5290.843	-22634.89	377579.1	-3043.346	-41441.93	-12.64856
746	E	-9679.271	-14479.03	270256.8	-1381.071	-63369.4	-9.18826
755	E	-15189.14	-22123.28	213526.4	-2301.196	-86353.95	-1.68497
764	E	-22405.62	-19592.26	131172.6	-1139.137	-110594.6	13.0733
773	E	-32184.08	-24426.48	68363.99	-1358.564	-135802.8	40.51839
782	E	-46205.15	-23279	-4828.988	-478.7106	-165764.6	89.25369
791	E	-36989.46	24335.98	-567792.4	9972.032	-132538.5	-69.15235
800	E	-26147.02	13368.23	-417870.2	12023.58	-109081.9	-30.54767
809	E	-18617.34	14435.29	-275841.6	12501.5	-89247.32	-8.835661
818	E	-13064.83	12987.74	-162872.2	11859.52	-70060.79	2.706128
827	E	-8791.575	19473.12	-21904.38	12222.06	-51725.39	8.254152
836	E	-5302.967	14926.51	77493.34	10276.45	-34063.33	10.15863
845	E	-2228.953	31340.96	245278.5	10944.73	-16910.16	9.611899
854	E	1470.379	13889.06	-35607.09	3493.655	11701.2	7.28696
863	E	3570.669	5248.612	24635.75	2328.042	23606.06	7.268511
872	E	5989.245	9214.96	43574.48	3596.135	35888.99	5.715786
881	E	8975.377	4386.924	92257.01	3255.258	48663.86	1.728351
890	E	12887.61	5666.197	122008.5	3851.24	62053.44	-6.373924
899	E	18147.99	3845.995	168091.2	3673.957	75913.27	-21.52462
908	E	25745.47	7437.034	213033.3	3275.563	92320.95	-48.41603
917	E	-331624.2	-130335.8	-573004.1	113988.3	-5974.766	-85116.59
918	E	46175.79	-78622.73	-78316.63	68121.69	717.1132	38753.77

917	E	-192313.3	-153681.1	-330608.9	132770.1	-3302.821	-76404.72
918	E	97787.17	-134570	-166611.6	116362.3	1532.022	66499.18
919	E	-62652.77	-180505.8	-112062.5	155143.8	-1001.501	-88970.95
920	E	-20684.06	-197301	30805.52	170825	-215.5621	97326.78
921	E	9849.723	-57728.54	-510232.4	215154.6	-10318.68	133.9043
930	E	-984.6364	-39726.12	-387903.8	176878.2	-12287.3	55.97223
939	E	417.0935	-27622.08	-275573	144011.8	-12767.01	13.66559
948	E	-426.1557	-19114.95	-190178.9	112584.1	-11842.24	-22.49105
949	E	6881.196	-12945.56	-79884.96	82906.53	-12326.84	-20.70278
958	E	3177.697	-8359.247	-9815.413	54585.84	-9750.638	-27.57266
967	E	19750.13	-4742.893	123947.1	27124.27	-11113.13	-32.55688
976	E	-11592.9	-3831.439	-30833.26	23498.15	5142.359	29.22477
985	E	-258.02	-6929.455	-89749.83	47377.66	3316.928	24.5037
994	E	-3669.509	-10921.06	-101400.3	72087.16	5466.21	18.35246
1003	E	2812.729	-16355.12	-147737.1	98060.65	4993.869	18.08385
1004	E	1824.583	-23911.5	-173847.9	125642.6	5946.001	-13.83365
1013	E	4014.146	-34787.34	-218997.8	154572.8	5664.887	-54.44474
1022	E	-1581.29	-51188.3	-286157.5	188369.4	4975.817	-130.3086
1031	E	32438.09	-67323.84	-132079.2	251026.1	-2690.585	158.4354
1040	E	31557.2	-45943.53	-6767.267	205878.2	-4099.589	67.89128
1049	E	26541.3	-31435.85	105972.3	167172.5	-3857.462	19.41417
1058	E	28226.67	-21477.23	234187.5	130253.9	-5343.234	-9.90605
1059	E	19892.97	-13851.69	339989.7	95545.27	-4353.464	-23.1561
1068	E	26344.47	-8491.305	495789.3	62616.82	-6755.277	-31.27916
1077	E	23211.13	-4402.566	617945.4	30936.86	-1680.844	-38.83942
1095	E	-38287.45	-6865.61	630298.2	70777.16	51202.86	-4908.341
1104	E	-20867.56	-16683.93	334288.2	107622.9	-3852.897	29.52132
1113	E	-29611.39	-24498.41	289891.7	144342.8	418.589	18.70148
1114	E	-20631.75	-35284.32	194885.8	184834.3	-2054.988	-21.27735
1123	E	-29026.55	-51248.46	148696.4	227247.1	-683.5683	-78.6151
1132	E	-22287.9	-75129.62	81678.82	276779.2	-1774.405	-185.9754

Total gaya
lateral -1805350.973

Gaya lateral yang diterima SW -1759500.321

Prosentase 97.4603

