

**LAPORAN
PENELITIAN STTNAS**



**REKAYASA ULANG STRUKTUR BETON BERTULANG UNTUK
FAKTOR KEAMANAN DAN EKONOMI**

TIM PENGUSUL

MARWANTO, ST, MT

NIDN. 0510035702

SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

AGUSTUS 2017

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN STTNAS

Judul Kegiatan : **Rekayasa ulang struktur beton bertulang untuk faktor keamanan dan Ekonomi**

Bidang : Teknik Sipil

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : MARWANTO

b. NIDN : 0510035702

c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

d. Program Studi : Teknik Sipil

e. Nomor HP : 085729429457

f. e-mail : marwantokotagede@gmail.com

Lama Penelitian Keseluruhan : 4 Bulan

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 5.000.000,-

Biaya : - diusulkan ke STTNAS Rp 5.000.000,-
- Dana Internal PT Rp 0,00,-
- Dana Institusi Lain Rp 0,00,-
- Inkind sebutkan Rp 0,00,-
- (Lima Juta Rupiah)

Yogyakarta, 31 – 09 – 2017
Ketua Peneliti,

Menyetujui,
Kepala P3M



(Dr. Hj. Ani Tjitra Handayani, ST.,MT)
NIP/NIK 9730078




(MARWANTO)
NIP/NIK 19730013

Mengetahui,
Ketua STTNAS



(Ir. H. Irchan, MT)
NIP/NIK 19730070



DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Halaman pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
Ringkasan.....	iv
Bab I. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan, Sasaran, dan Manfaat Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4 Luaran Penelitian.....	5
Bab II. Tinjauan Pustaka	6
2.1 Bahan struktur.....	6
2.2 Ketentuan perencanaan.....	7
2.3 Dimensi balok dan kolom.....	7
2.4 Pembebanan.....	10
Bab III. Metode Penelitian	15
Bab IV. Biaya dan Jadwal Penelitian.....	15
4.1 Biaya Penelitian.....	16
4.2 Jadwal Penelitian.....	16
Daftar Pustaka	18
Lampiran	19

RINGKASAN

Penelitian ini merupakan perencanaan ulang struktur beton bertulang bangunan gedung balai pemberdayaan masyarakat dan desa. Gedung ini direncanakan di desa Tirtomartani, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta, yang masuk dalam zona gempa tiga, sehingga perhitungan struktur didesain berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Perhitungan strukturnya menggunakan SNI 03-1726-2002 tentang Persyaratan perencanaan ketahanan gempa untuk Struktur gedung, SNI 03-2847-2002 tentang Tata cara perhitungan struktur beton untuk gedung. untuk pembebanan menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 dan analisis mekanika untuk seluruh struktur di analisis dengan menggunakan program komputer SAP 2000 versi 14.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Rekayasa ulang struktur beton bertulang untuk faktor keamanan dan ekonomi di bangunan Gedung Kantor dan Prasarana Balai Pemberdayaan Masyarakat dan Desa Yogyakarta memperoleh hasil bahwa perhitungan elemen struktur yang didesain dinyatakan aman dengan memenuhi peraturan-peraturan yang ada dilihat dari hasil perhitungan momen kapasitas (M_n) lebih besar dari momen perlu (M_u).

Kata kunci : **struktur beton bertulang, faktor keamanan, faktor Ekonomi**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada dasarnya dalam merencanakan sebuah struktur bertingkat tinggi perlu diketahui beberapa kriteria perencanaan seperti struktur harus kuat menerima beban-beban yang bekerja, perilaku struktur yang baik, serta aspek ekonomis, terutama besarnya gaya gempa rencana yang mana bisa menentukan alternative dalam memilih sistem struktur yang ingin direncanakan, seperti Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Rangka Gedung (SRG), Sistem Ganda (SG) pada wilayah dengan resiko gempa kuat.

Menurut SNI-1726-2002 Indonesia dibagi dalam 6 (enam) wilayah gempa dimana daerah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) berada di wilayah gempa 3 (tiga) yang cukup besar kemungkinan terjadinya gempa. Berdasarkan pertimbangan yang telah dikemukakan diatas, maka pada penelitian ini penyusun merencanakan ulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem yang komponen-komponen struktur dan joint- jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan juga aksial. Sistem ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan pada daerah rawan gempa.

Proyek yang sebagian data-data digunakan untuk keperluan Penelitian perencanaan struktur gedung ini adalah Pekerjaan Pembangunan Gedung Kantor dan Prasarana Balai Pemberdayaan Masyarakat dan Desa Yogyakarta. Gedung ini digunakan untuk sarana Pendidikan dan pelatihan yang merupakan kegiatan pengembangan sumber daya manusia untuk meningkatkan kemampuan pegawai atau aparatur di luar kemampuan di bidang pekerjaan atau jabatan yang dipegang, sebab pendidikan pegawai dirancang atau disesuaikan dengan posisi baru, dimana tugas- tugas dilakukan memerlukan kemampuan-kemampuan khusus yang lain dari yang mereka miliki sebelumnya, dengan demikian tujuan pendidikan pegawai yakni untuk mempersiapkan pegawai dalam menempati posisi atau jabatan baru, terutama dalam bidang pengelolaan kepegawaian yang professional.

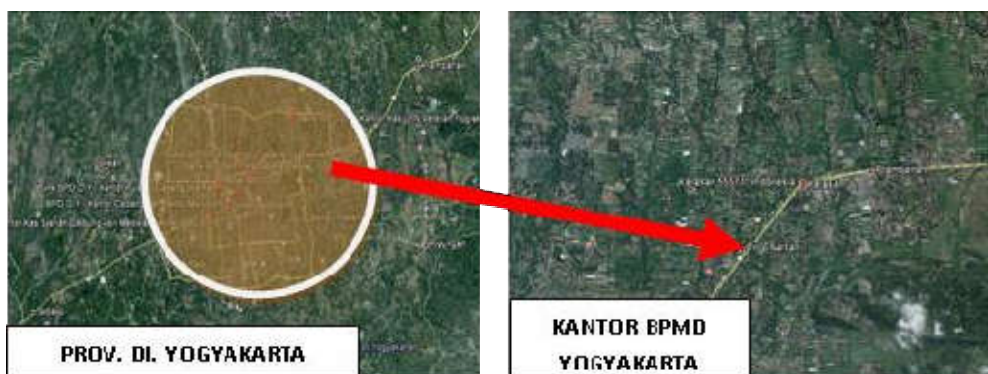
Dalam penyelenggaraan kegiatan pendidikan, sarana prasarana sangat dibutuhkan untuk menghasilkan kegiatan belajar mengajar yang efektif dan

efisien. Sarana prasarana sangat diperlukan untuk menunjang ketrampilan peserta didik agar siap bersaing terhadap pesatnya teknologi.

Balai Pemberdayaan Masyarakat dan Desa merupakan salah satu penyelenggara kegiatan pendidikan dan pelatihan kesejahteraan sosial untuk membentuk pegawai yang berkompeten bermaksud melaksanakan penambahan sarana dan prasarana yang akan meningkatkan pelayanan pendidikan bagi pegawai.

Pada Proyek Penelitian Rekayasa ulang Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung Balai Pemberdayaan Masyarakat dan Desa di Sleman Yogyakarta ini dilakukan beberapa perubahan dari struktur aslinya antara lain Ukuran bentang terpanjang diperpanjang dari 5x9m menjadi 5x10m dan Perubahan dimensi Balok, Kolom dan Fondasi.

Lingkup wilayah penelitian merupakan batasan wilayah atau lokasi penelitian yang diteliti. Lingkup wilayah Proyek pembangunan gedung asrama ini terletak di Desa Tirtomartani Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.



Gambar 1.1. Lokasi Pembangunan Gedung Asrama

Berangkat dari latar belakang diatas, penulis tertarik mengkaji tentang mekanisme perencanaan ulang struktur beton bertulang untuk bangunan Balai Pemberdayaan Masyarakat dan Desa Yogyakarta yang aman dan kuat pada saat terjadi gempa dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen khusus (SRPMK)? Adapun detail permasalahan adalah Bagaimana menghitung penulangan pada Struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*) ?

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.2.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat perhitungan ulang tulangan balok, tulangan kolom sehingga lebih aman bila terjadi gempa dan konstruksi yang dirancang dapat lebih ekonomis

1.2.2. Manfaat Penelitian

Bagi perencana struktur, supaya lebih memahami system rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan juga aplikasinya. Sedangkan bagi pengguna struktur, supaya para pengguna merasa nyaman.

1.3. Luaran Penelitian

Selanjutnya, hasil dari penelitian ini akan dipublikasikan dalam Jurnal Nasional “Angkasa” yang diterbitkan oleh Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta, dan dapat dijadikan sebagai bahan belajar untuk mahasiswa Teknik Sipil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada perencanaan suatu Struktur, peneliti dapat mengetahui dan berpatokan pada pedoman atau peraturan-peraturan perencanaan yang berlaku. Pada perencanaan ini digunakan peraturan- peraturan sbb:

- a) Standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 03-1726-2002)
- b) Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)
- c) Peraturan pembebanan bangunan baja Indonesia (PPBBI) 1984
- d) Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung (PPIUG) 1983

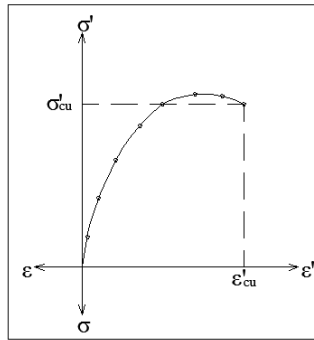
2.1. Bahan Struktur

Untuk merencanakan sebuah struktur kita harus mengetahui jenis bahan atau material yang akan digunakan serta sifat – sifat dari bahan atau material tersebut antara lain :

a. Beton bertulang

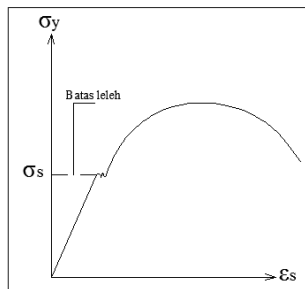
Beton bertulang merupakan gabungan antara campuran beton dengan baja tulangan yang bekerja sama untuk menahan beban yang bekerja, dari kedua material diatas mempunyai sifat yang berbeda.

Bila sebuah balok beton tidak bertulang diberi gaya tekan yang semakin membesar dan regangan yang terjadi setelah setiap pertambahan beban diukur, maka diagram $\sigma - \epsilon$ (tegangan – regangan), hal ini sesuai dengan tali yang terikat pada balok katrol. Yang mana nilai σ'_c dan ϵ'_c didapat dari hasil percobaan kuat tekan benda uji dan ternyata membentuk sebuah garis lengkung, besar dari tegangan ultimit σ'_{cu} tergantung pada mutu beton, jadi semakin baik betonnya semakin tinggi harga maksimum σ'_{cu} . Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram tegangan regangan pada beton

Bila beton dengan mutu yang sama diberi beban tarik yang makin lama makin diperbesar, ternyata hubungan antara tegangan dan regangan berupa *non-linear*. Retakan pada beton sudah terjadi pada nilai σ dan ϵ (tegangan dan regangan tarik) yang amat rendah dibanding dengan akibat gaya tekan. Ini terjadi karena beton sangat mampu menahan tegangan tekan tetapi tidak dapat, atau hampir tidak dapat menahan tegangan tarik. Diagram tegangan –regangan pada baja tulangan ditunjukkan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram tegangan-regangan pada baja tulangan

Dari gambar 2.1 dan gambar 2.2 diatas maka beton bertulang disimpulkan bisa menahan gaya tekan dan geser yang merupakan sebuah kombinasi yang sangat baik untuk sebuah struktur, dan juga beton bertulang merupakan bahan struktur yang mempunyai ketahanan terhadap kebakaran dan air yang baik yang mana bisa melindungi tulangan dari korosi. Jenis dan kelas baja tulangan ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis dan Kelas Baja Tulangan menurut SII 0136-80

Jenis	Kelas	Simbol	Batas Ulur Maksimum (MPa)	Kuat Tarik Minimum (MPa)
Polos	1	BJTP-24	235	382
	2	BJTP-30	294	480
Ulir	1	BJTD-24	235	382
	2	BJTD-30	294	480
	3	BJTD-35	343	490
	4	BJTD-40	392	559
	5	BJTD-50	490	610

b. Baja

Baja merupakan material konstruksi yang banyak digunakan untuk struktur rangka, seperti rangka atap, jembatan rangka ataupun struktur rangka baja, dikarenakan baja mempunyai sifat yang bisa menahan gaya tarik yang besar, berikut sifat-sifat mekanis baja :

Mempunyai modulus Elastisitas = 200000 MPa
 Mempunyai modulus geser = 80000 MPa
 Mempunyai nisbah poisson $\mu = 0.30$

Koefisien penuaian $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Tabel sifat mekanis baja ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Baja Struktur

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

2.2. Ketentuan Perencanaan

Dasar dari suatu perencanaan merupakan inti dari perencanaan itu yang mana dapat memberikan gambaran umum tentang perencanaan tersebut, dan sistem yang digunakan, jadi dalam perencanaan ini sistem yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dikarenakan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)

terletak di wilayah gempa 3 atau dengan resiko bahaya gempa cukup tinggi, dan juga dengan sistem tersebut diatas merupakan sistem yang cukup ekonomis untuk daerah dengan resiko gempa, Struktur dapat dibedakan menjadi :

a. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Merupakan elemen struktur yang berada diatas permukaan tanah yang direncanakan untuk menahan atau menerima beban gravitasi, beban Angin, dan juga beban gempa, dimana dari beban-beban tersebut diatas dapat menghasilkan momen, gaya geser, dan juga gaya aksial.

b. Struktur Bawah (*Sub Structure*)

Merupakan elemen struktur yang berada dibawah permukaan tanah yang direncanakan untuk menahan atau menerima seluruh beban Struktur atas (*upper Structure*), dimana akan menghasilkan reaksi, momen, gaya geser, dan juga gaya aksial.

2.3. Dimensi balok dan Kolom

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk menentukan dimensi pada balok dan kolom adalah sebagai berikut :

a. Balok

Persyaratan elemen struktur balok pasal 23.3.1 SNI 03-2847-2002 untuk komponen-komponen struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

$$- h \geq 1/12 \cdot L \quad - h \geq 1/16 \cdot L \quad (2.1)$$

$$- b \geq 1/3 \cdot h \quad (2.2)$$

$$- bw \geq bc + \frac{1}{4} h \quad (2.3)$$

$$- bw \geq 250 \text{ mm} \quad (2.4)$$

$$- ln \geq 4h \quad (2.5)$$

b. Kolom

Persyaratan elemen struktur kolom pasal 23.3.1 SNI 03-2847-2002 untuk komponen-komponen struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

$$- bc \geq 300 \text{ mm} \quad (2.6)$$

$$- bc / hc \geq 0.4 \quad (2.7)$$

2.4. Pembebanan

Pembebanan adalah semua berat atau beban yang akan dipikul oleh struktur yang mana beban-beban yang dimaksud adalah : Beban gravitasi dan juga beban lateral

a. Beban gravitasi

Beban gravitasi adalah beban yang bekerja tegak lurus dengan struktur atau beban yang membebani struktur secara vertikal, jadi beban-beban gravitasi adalah :

1. Beban mati (*dead load*)

Merupakan berat sendiri dari pada elemen struktur seperti balok dan kolom, ada juga beban mati yang membebani elemen struktur balok dan kolom yang mana akan dibahas lebih lanjut pada bab berikutnya.

2. Beban hidup (*live load*)

Merupakan beban yang akan membebani struktur setelah sebuah struktur sudah jadi dimana beban hidup dapat diambil dari Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung (PPIUG) 1983 yang mana beban hidup untuk lantai diambil 250 kg/m² dan beban hidup untuk lantai atap diambil 100 kg/m².

b. Beban lateral

Merupakan beban yang membebani sebuah stuktur dari arah horizontal seperti beban gempa dan juga beban angin. Dalam menganalisis beban gempa, ada dua metode penganalisisan yaitu : metode analisis statik dan metode analisis dinamik, serta dilihat dari denah strukturnya adalah beraturan dan tinggi dari bangunan lebih kecil dari 40m, maka metode yang digunakan untuk menganalisis beban gempa adalah metode analisis statik. Analisis statik merupakan analisis sederhana untuk menentukan pengaruh gempa yang hanya digunakan pada bangunan sederhana dan simetris, penyebaran kekakuan massa merata, dan tinggi struktur kurang dari 40 meter Analisis statik pada prinsipnya adalah menggantikan beban gempa dengan gaya-gaya statik ekivalen yang bertujuan menyederhanakan dan memudahkan perhitungan. Metode ini disebut juga Metode Gaya Lateral Ekivalen (*Equivalent Lateral Force method*), yang mengasumsikan besarnya gaya gempa berdasarkan hasil perkalian suatu konstanta / massa dari elemen tersebut.

Besarnya beban geser dasar nominal statik ekivalen V yang terjadi di tingkat dasar menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 02-1726-2002 pasal 6.1.2) dapat dihitung menurut persamaan:

$$V = \frac{C \times I \times W_t}{R} \quad (2.8)$$

dengan :

V = Beban gempa dasar nominal

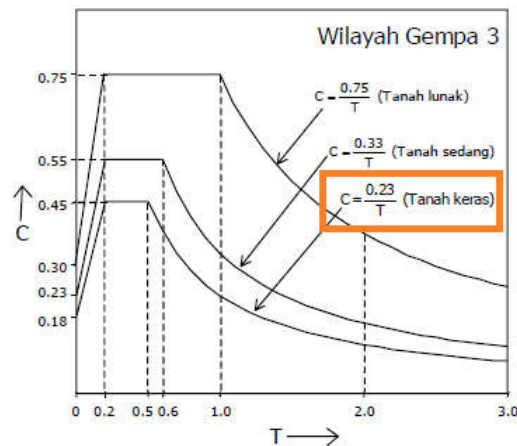
W_t = Berat total struktur sebagai jumlah dari beban-beban berikut ini:

1. Beban mati total dari struktur bangunan gedung;
2. Bila digunakan dinding partisi pada perencanaan lantai harus diperhitungkan tambahan beban sebesar 0,5 kPa;
3. Pada gudang-gudang dan tempat-tempat penyimpanan barang maka sekurang-kurangnya 25% dari beban hidup rencana harus diperhitungkan;

C = Faktor spektrum respon gempa yang didapat dari spectrum respon gempa rencana menurut grafik C-T yang ditunjukkan pada Gambar 2.3

I = Faktor keutamaan struktur yang ditunjukkan pada Tabel 2.3

R = Faktor reduksi gempa yang ditunjukkan pada Tabel 2.5



Gambar 2.3 Diagram C – T, spectrum respon gempa

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gedung (I)

Jenis Struktur bangunan gedung	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1
Monumen dan bangunan monumental	1
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,5
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,5
Cerobong, tangki di atas menara	1,25

Pembatasan waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien δ untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan

$$T < \zeta x n \quad (2.9)$$

Dengan koefisien ζ dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Koefisien ξ yang membatasi waktu getar alami fundamental pada bangunan gedung

Wilayah Gempa	ξ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Tabel 2.5 Faktor daktilitas (μ) dan faktor reduksi (R)

Sistem dan sub-sistem struktur bangunan gedung	Uraian system pemikul beban gempa	μ_m	R_m	f
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	1. rangka pemikul momen khusus	5.2	8.5	
	a.) Baja	5.2	8.5	
	b.) betong bertulang			
	2. rangka pemikul momen menengah beton bertulang (SRPMM), tidak untuk wilayah gempa 5 dan 6	3.3	5.5	
	3. rangka pemikul momen biasa (SRPMB)	2.7	4.5	
	a.) baja	2.1	3.5	
	b.) beton bertulang	4.0	6.5	
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)			

Untuk menentukan harga C harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah tempat struktur tersebut berdiri. SNI 03-1726-2002 membagi jenis tanah ke dalam tiga jenis tanah yaitu tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak. Dalam tabel 2.6 jenis tanah ditentukan berdasarkan kecepatan rambat gelombang geser (v_s), nilai hasil tes penetrasi standar (N), dan kuat geser niralir (S_n). Untuk menentukan kuat geser niralir dapat digunakan rumus tegangan dasar tanah sebagai berikut :

$$S_i = c + \sum \sigma_i \cdot \tan \phi \quad (2.10)$$

$$\sigma_i = \gamma_i \cdot t_i$$

dengan :

S_i = Tegangan geser tanah

C = Nilai kohesi tanah pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

σ_i = Tegangan normal masing-masing lapisan tanah

γ_i = Berat jenis masing-masing lapisan tanah

t_i = Tebal masing-masing lapisan tanah

ϕ = Sudut geser pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

Dari persamaan (2.10), untuk nilai γ_i , t_i , C yang berbeda (tergantung dari kedalaman tanah yang ditinjau) akan didapatkan persamaan (2.11), (2.12), (2.13).

$$S_n = \frac{\sum_i^m t_i}{\sum_i^m \left(\frac{t_i}{S_i}\right)} \quad (2.11)$$

$$v_i = \frac{\sum_i^m t_i}{\sum_i^m \left(\frac{t_i}{v_i}\right)} \quad (2.12)$$

$$N = \frac{\sum_i^m t_i}{\sum_i^m \left(\frac{t_i}{N_i}\right)} \quad (2.13)$$

dimana:

t_i = tebal lapisan tanah ke- i

v_{si} = kecepatan rambat gelombang melalui lapisan tanah ke – i

N_i = nilai hasil tes penetrsi standar lapisan tanah ke – i

S_{ni} = Kuat geser niralir lapisan tanah ke- i yang harus memenuhi ketentuan bahwa $S_{ni} \geq 250 \text{ kPa}$

m = jumlah lapisan tanah yang ada di atas tanah dasar

Tabel 2.6 Definisi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rerata, v_s (m/det)	Nilai hasil test penetrasi standar rerata N	Kuat geser niralir rerata, S_n (kPa)
Tanah keras	$v_s \geq 350$	$N \geq 50$	$S_n \geq 100$
Tanah sedang	$175 \leq v_s < 350$	$15 \leq N < 50$	$50 \leq S_n < 100$
Tanah lunak	$v_s < 175$	$N < 15$	$S_n < 50$
	Atau semua jenis tanah lempung lunak dengan tebal total lebih dari 3 meter dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25 \text{ kPa}$		
Tanah khusus	Diperluhkan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Spektrum respon nominal gempa rencana untuk struktur dengan daktilitas penuh pada beberapa jenis tanah dasar, diperlihatkan pada gambar di bawah ini, dikarenakan dari

data tanah *Sounding Test Result* didapat nilai *Cone Resistant (CR)* dengan nilai 200 kg/cm² yang setara dengan nilai $N \geq 50$ yang biasa digunakan pada data SPT (Nilai Penetrasi Standar), maka jenis tanah dasarnya merupakan tanah keras. Beban geser dasar nominal V menurut persamaan 2.8 harus dibagikan sepanjang tinggi struktur bangunan gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan (2.14).

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n (W_i \cdot z_i)} V \quad (2.14)$$

dengan :

- W_i = Berat lantai tingkat ke – i
- z_i = Ketinggian lantai tingkat ke- i
- F_i = Beban gempa nominal statik ekuivalen
- V = Beban geser dasar nominal
- n = Nomor lantai

Apabila rasio antara tinggi struktur bangunan gedung dan ukuran denahnya dalam arah pembebanan gempa sama dengan atau melebihi 3, maka $0,1V$ harus dianggap beban horizontal terpusat yang bekerja pada pusat massa lantai tingkat paling atas, sedangkan $0,9V$ sisanya harus dibagikan sepanjang tingkat struktur bangunan gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen menurut persamaan 2.14

Waktu getar alami fundamental struktur bangunan gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus *Rayleigh*.

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_i^n W_i a_i^2}{g \sum_i^n F_i d_i}} \quad (2.15)$$

dengan:

- d_i = Simpangan horizontal lantai tingkat ke- i akibat beban F_i (mm)
- g = Percepatan gravitasi sebesar 9,81 mm/detik²

Apabila waktu getar alami fundamental T_1 struktur bangunan gedung untuk penentuan faktor Respon Gempa C_1 ditentukan dengan rumus- rumus empiris atau didapat dari analisis vibrasi bebas tiga dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai yang dihitung menurut persamaan 2.15.

Untuk memenuhi ketentuan kekuatan dan kemampuan layan kita perluh

menghitung kombinasi beban dan faktor reduksi untuk momen, gaya geser, dan juga gaya aksial, sesuai dengan SNI Beton pasal 11.2 dan 11.3.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif untuk lebih memahami dan mendalami langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan struktur gedung bertingkat. Kemudian melakukan perhitungan dengan asumsi yang tepat dalam penyelesaian perhitungan struktur, sehingga dapat mendukung tercapainya faktor keamanan dan ekonomis gedung. Selanjutnya menggunakan program SAP2000 versi 14 untuk perhitungan mekanika Struktur dan AutoCAD untuk membuat gambar rekayasa antara lain : gambar denah, gambar potongan, gambar detail dan gambar lain yang digunakan.

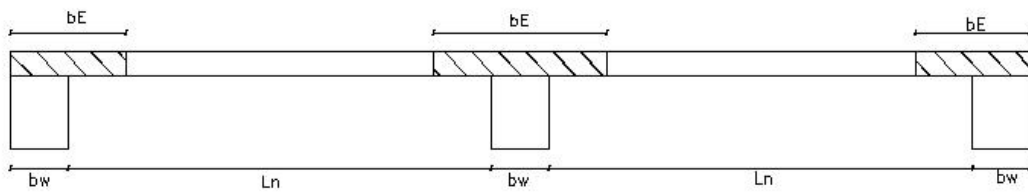
Perhitungan dan gambar bagian-bagian dari struktur gedung yang terkait dengan bidang teknik sipil yaitu balok, kolom dan fondasi agar konstruksi yang dirancang dapat menahan beban-beban gravitasi ataupun beban gempa yang bekerja. Fungsi yang lain adalah konstruksi yang dirancang memenuhi syarat Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Objek dalam penelitian ini adalah komponen struktural seperti struktur atas (*upper structure*) dan juga struktur bawah (*sub structure*). Pada Analisis Struktur hanya diwakili dengan momen, gaya geser, dan gaya aksial yang terbesar.

BAB IV PEMBAHASAN

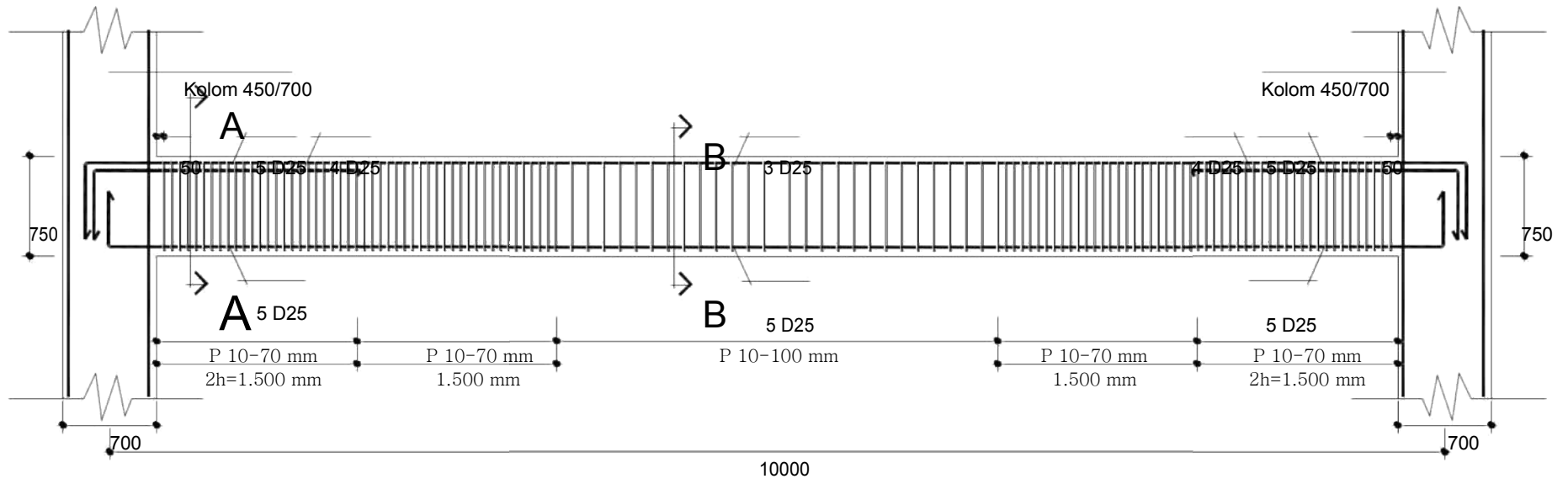
4.1. Perencanaan Balok

Pada perencanaan balok diambil momen tumpuan dan momen lapangan yang terbesar dari *Out Put SAP 2000 V14*, momen terbesar yang terjadi pada balok (*B1*), balok (*B2*), balok anak (*BA*), balok lisplank (*BL*), sloof (*S1*) dan (*S2*), Ring Balk (*RB1*) dan (*RB2*).

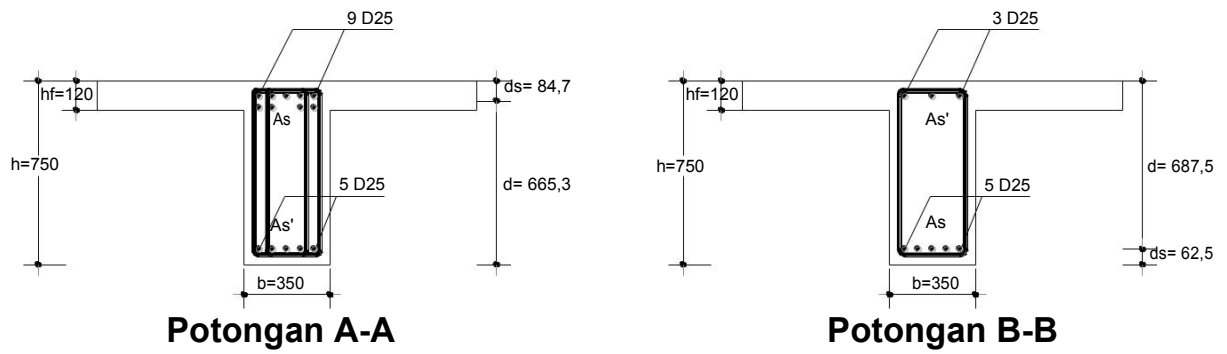


Gambar 4.1 Lebar Efektif Sayap

Dengan melihat Gambar 4.1 Dalam perencanaan diasumsikan sebagai balok T



Gambar 4.2 Detail Penulangan Balok (B1)



Gambar 4.3 Potongan Balok (B1)

Perencanaan Balok (B2), Balok Anak (BA), Ring Balok (RB1), (RB2), Balok Lisplank (BL), Sloof (S1), (S2) bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 : Perhitungan Tulangan Balok

Balok (B1) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)	
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+															
350 x 750	701.939	440.669	0.003	0.027	0.020	0.0170	0.0013	670	680	3986.500	2006.680	9D25	3D25	1,081.943	655.018	865.555	524.015
												5D25	5D25				

Balok (B2) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)	
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+															
300 x 500	141.178	31.485	0.003	0.027	0.020	0.0080	0.0004	440	440	1056.000	220.000	4D19	2D19	185.136	93.931	148.109	75.145
												3D19	2D19				

Balok (BA) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)	
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+															
200 x 350	54.212	35.481	0.003	0.027	0.020	0.0113	0.0011	290	290	655.400	398.750	3D19	2D19	87.024	59.894	69.619	47.915
												2D19	2D19				

Balok (RB1) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)	
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+															
150 x 200	3.022	1.303	0.006	0.054	0.040	0.0060	0.0003	140	140	126.000	52.500	2P10	2P10	6.773	3.784	5.418	3.027
												2P10	2P10				

Balok (RB2) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)	
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+															
250 x 400	59.761	19.452	0.003	0.027	0.020	0.0070	0.0005	340	340	595.000	212.500	3D16	2D16	77.024	50.636	61.619	40.508
												2D16	2D16				

Lisplank (BL) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)	
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+															
60 x 550	21.397	9.573	0.006	0.054	0.040	0.0080	0.0001	530	530	254.400	66.250	4P10	1P10	35.159	8.448	28.125	6.758
												2P10	1P10				

Sloof (S1) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)			
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
350 x 500	385.041	207.097	0.003	0.027	0.020	0.0240	0.0016	430	430	3612.000	1561.760	8D25	2D25	574.179	328.781	459.343	263.025		
												4D25	4D25						

Sloof (S2) (mm)	Mu (kN-m)		ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}		d (mm)		Luas Tulangan (mm ²)		Jumlah Tulangan		Momen Nominal Aktual Mn (kN-m)		Momen Kapasitas ϕ Mn (kN-m)			
	Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Mu-	Mu+				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
250 x 400	64.743	27.682	0.003	0.027	0.020	0.0080	0.0006	330	330	660.000	247.500	3D19	2D19	105.506	71.240	84.405	56.992		
												2D19	2D19						

Tabel 4.2 : Perhitungan Tulangan Geser Balok

Nama Balok	Gaya Geser	Kuat Geser Beton	Kuat Geser Baja Tul.	Luas Tulangan		Mutu Baja	Tinggi ef. Balok	Jarak Sengkang	
				Kaki	Av (mm ²)			d (mm)	s (mm)
Balok (B1)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
Sendi Plastis	510.496	0	680.662	4	314.286	240	665.3	73.726	øP10-70 mm
Luar Sendi Plastis	410.242	200.521	346.468	2	157.143	240	687.5	74.837	øP10-70 mm
Balok (B2)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	135.871	0	179.763	3	235.714	240	440.5	138.625	øP10-100 mm
luar sendi plastis	128.313	110.125	60.959	2	157.143	240	440.5	272.530	øP10-250 mm
Balok (BA)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	59.964	0	123.787	2	157.143	240	290.5	88.507	øP10-80 mm
luar sendi plastis	75.882	48.417	53.713	2	157.143	240	290.5	207.662	øP10-200 mm
Ring Balok (RB1)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	3.022	0	6.682	2	100.571	240	145	511.081	øP8-200 mm
luar sendi plastis	4.632	18.125	-11.949	2	100.571	240	145	482.743	øP8-200 mm
Ring Balok (RB2)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (N)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	25.441	0	50.679	2	157.143	240	342	253.235	øP10-200 mm
luar sendi plastis	34.430	71.250	-25.344	2	157.143	240	342	452.571	øP10-200 mm
Lisplank (BL)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (N)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	19.032	0	37.429	1	50.286	240	495	149.689	øP8-100 mm
luar sendi plastis	21.468	24.750	5.196	1	50.286	240	495	603.429	øP8-200 mm
Sloof (S1)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (N)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	210.415	0	374.744	4	314.286	240	418.8	84.296	øP10-80 mm
luar sendi plastis	241.649	127.604	194.594	2	157.143	240	437.5	84.792	øP10-80 mm
Sloof (S2)	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (N)	Kaki	Av (mm ²)	fy (Mpa)	d (mm)	s (mm)	
sendi plastis	210.415	0	109.968	2	157.143	240	340.5	116.812	øP10-100 mm
luar sendi plastis	77.916	70.938	32.951	2	157.143	240	340.5	397.798	øP10-200 mm

4.2. Perencanaan Kolom

1. Data Kolom (K1)

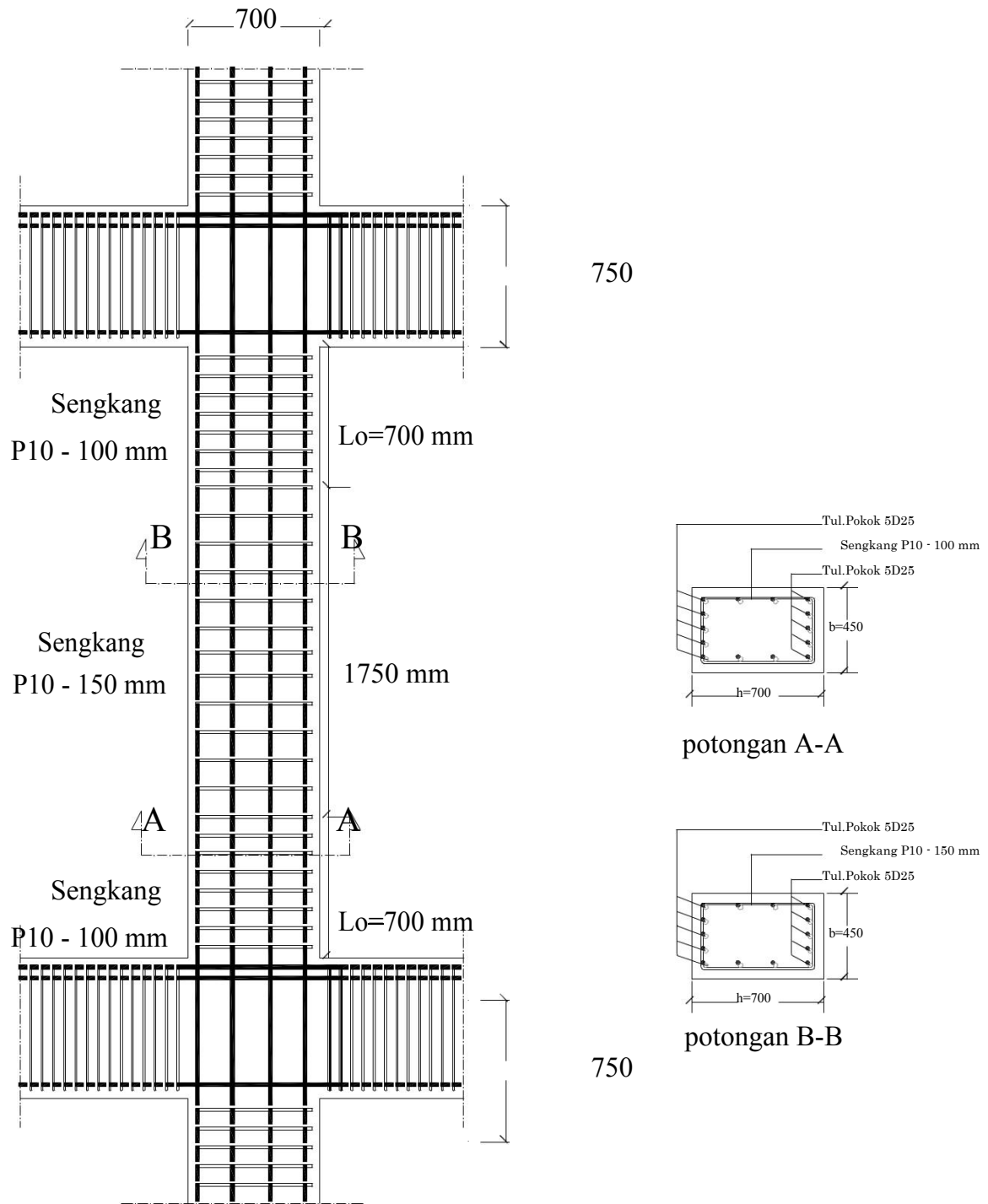
- a. Dimensi Kolom $b = 450$ mm
 $h = 700$ mm
- b. Momen (hasil analisis *SAP*) $M_u = 240,119$ kNm
- c. Momen kapasitas (dari perhitungan tulangan balok terpasang) $M_{pr,1} = 1141,855$ kNm
 $M_{pr,2} = 715,423$ kNm
- d. Aksial dan Gaya Geser (hasil analisis *SAP*) $P_u = 1547,953$ kN
 $V_u = 93,267$ kN

4. Penulangan Geser Kolom (K1)

Gaya geser rencana V_e berdasarkan SNI pasal 23.4 (5(1)) harus ditentukan dengan memperhitungkan gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan balok – kolom pada setiap ujung komponen struktur.

Gaya-gaya pada muka hubungan balok – kolom tersebut harus ditentukan menggunakan kuat moment maksimum M_{pr} , dari komponen struktur tersebut yang terkait dengan rentang beban – beban aksial terfaktor yang bekerja.

M_{pr} ditentukan berdasarkan rentang beban aksial terfaktor yang mungkin terjadi dengan $\Theta = 1,0$ dan M_{pr} diambil sama dengan moment balance diagram interaksi dari kolom yang bersangkutan namun digunakan tegangan tarik $1,25f_y$.



Gambar 4.4 Rencana Penulangan Kolom (K1)

Perencanaan Kolom (K2) bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 : Perhitungan Tulangan Kolom

Penulangan Kolom										Analisis Kapasitas Kolom						
										Kolom dalam keadaan sentris		Kolom dalam keadaan balance			Kolom dalam keadaan lentur murni	
Kolom (K1) (mm)	Mu (kN-m)	Pu (kN)	e (mm)	Agr (mm ²)	Atul 1,5 % (mm ²)	∅ tul	As,1 tul (mm ²)	jml. Tul.(bh)	tul. Montasi (bh)	φPn (kN)	φPn,maks (kN)	φPb (kN)	φMb (kN-m)	eb (m)	φPn (kN)	φMn (kN-m)
450 x 700	240.1188	1547.953	155.120	315000	4725	D25	491.1	10	4	5514.173	4411.339	1792.636	650.948	0.363	0	332.588
					2362.5			5	2							
Kolom (K2) (mm)	Mu (kN-m)	Pu (kN)	e (mm)	Agr (mm ²)	Atul 1,5 % (mm ²)	∅ tul	As,1 tul (mm ²)	jml. Tul.(bh)	tul. Montasi (bh)	φPn (kN)	φPn,maks (kN)	φPb (kN)	φMb (kN-m)	eb (m)	φPn (kN)	φMn (kN-m)
450 x 600	56.2269	77.647	724.135	270000	4050	D25	491.1	8	4	4726.434	3781.148	1472.163	494.555	0.336	0	277.928
					2025			4	2							

Tabel 4.4 : Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Kolom (K1) (mm)	daerah Lo	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	b (mm)	d (mm)	s (mm)
450 x 700	daerah Lo	93.267	291.131	125.889	450	574.6	∅ P10-100
450 x 700	diluar Lo				450	575.6	∅ P10-150
Kolom (K1) (mm)	daerah Lo	Vu (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	b (mm)	d (mm)	s (mm)
450 x 600	daerah Lo	26.128	185.292	44.441	450	484.2	∅ P8-150
450 x 600	diluar Lo				450	485.2	∅ P8-150

4.3. Perencanaan hubungan balok-kolom (HBK)

1. Data Struktur

$$\text{Dimensi kolom} = 450 \times 700 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi balok} = 350 \times 750 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ tulangan pokok} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ tulangan sengkang} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur (D)} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan geser } (\emptyset) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d' &= s + \emptyset + 1/2 \cdot D \\ &= 50 + 10 + 1/2 \cdot 25 \\ &= 72,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - d' \\ &= 750 - 72,5 \\ &= 677,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{balok}}} = 9D25 = 4419,643 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{kolom}}} = 7D25 = 3437,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} z_{\text{kiri}} = z_{\text{kanan}} &= h_{\text{balok}} - 2 \cdot d' \\ &= 750 - 2 \cdot 72,5 \\ &= 605 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{pr,1} = 1141,855 \text{ kNm}$$

$$M_{pr,2} = 715,423 \text{ kNm}$$

2. Perhitungan Gaya Geser

$$l_{ki} = 1500 \text{ mm}$$

$$l_{nki} = 1500 - 750/2 - 750/2 = 750 \text{ mm}$$

$$l_{ka} = 10000 \text{ mm}$$

$$l_{nka} = 10000 - 750/2 - 750/2 = 9250 \text{ mm}$$

$$h_{\text{kolom atas}} = h_{\text{kolom bawah}} = 4000 \text{ mm}$$

$$M_{kap,kiri} = 1,25 \cdot 1141,855 = 1427,319 \text{ kNm} = 1427318750 \text{ Nmm}$$

$$M_{kap,kanan} = 1,25 \cdot 894,279 = 894,279 \text{ kNm} = 894278750 \text{ Nmm}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{n_{ki}}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{n_{ka}}} M_{kap,ka} \right)}{0,5 (hk, a + hk, b)} = 741258,522 \text{ N}$$

$$C_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{z_{ki}} = 1651443,182 \text{ N}$$

$$C_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{z_{ka}} = 1034702,686 \text{ N}$$

$$V_{j,h} = C_{ki} + T_{ka} \cdot V_{kol} = 1944887,346 \text{ N}$$

3. Kontrol Tegangan Geser Horizontal

Ketentuan pengambilan b_j :

$b_j = b_{balok} + \frac{1}{2} h_{kolom}$ (bila lebar penampang kolom > lebar balok) $b_j = b_{kolom} + \frac{1}{2} h_{kolom}$ (bila lebar penampang kolom < lebar balok)

$b_j = 350 + \frac{1}{2} \cdot 700 = 725 \text{ mm}$ atau $450 + \frac{1}{2} \cdot 700 \text{ mm}$ diambil b_j terkecil =
725 mm

$$1,5 \sqrt{f_c} = 7500 \text{ N/mm}^2$$

$$h_c = 700 \text{ mm } b_j =$$

$$725 \text{ mm}$$

Syarat : Tegangan geser nominal horizontal dalam joint adalah

$$V_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j h_c} = 3,832 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 7,500 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{ok}$$

3. Penulangan Geser Horizontal

$$0,1 f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$P_u = 1547,953 \text{ kN} = 1547953 \text{ N}$$

$$\frac{P_u}{A_g} = 4,914 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{c,h} = 525685,139 \text{ N}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 1944887,346 - 525685,139$$

$$= 1419202,207 \text{ N}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = 3548,006 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang rangkap dua diameter 16 mm
 $A_{s\emptyset 16} = 804,571 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{j,h}}{A_s} = 4,41 \approx 5 \text{ lapis}$$

4. Gaya Geser Vertikal

$$\begin{aligned} V_{j,v} &= V_j \cdot h \frac{hc}{bj} \\ &= 1877822,265 \text{ N} \end{aligned}$$

5. Penulangan Geser Vertikal

$$V_{c,v} = A_s \frac{V_{j,h}}{A_s} \left(0,6 \frac{P_{u,k}}{A_g f_c} \right) = 1549230,084 \text{ N}$$

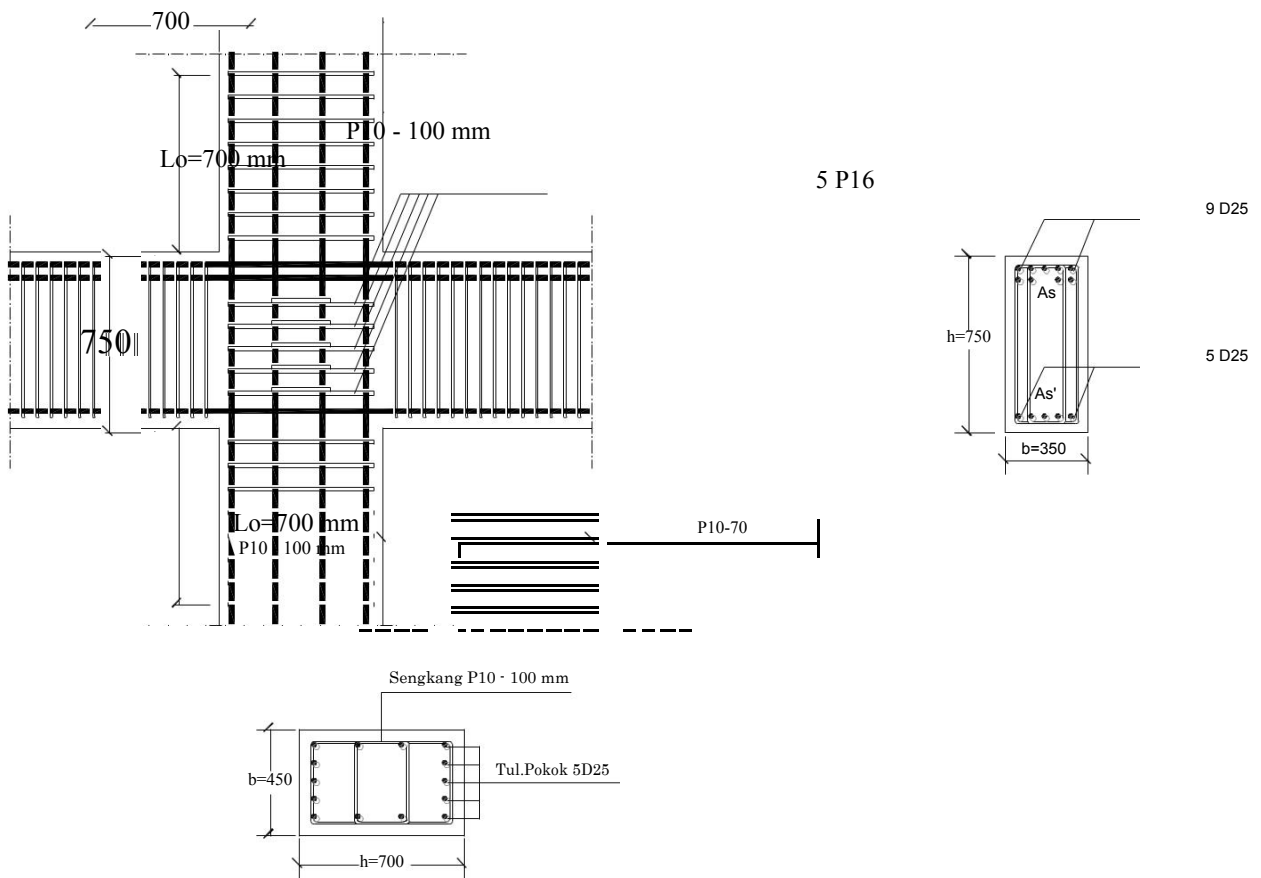
$$\begin{aligned} V_{s,v} &= V_{c,v} - V_{j,v} \\ &= 1549230,084 - 1877822,265 \\ &= 328592,181 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s,v} &= \frac{V_{s,v}}{f_y} \\ &= \frac{328592,181}{400} \\ &= 821,480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,kolom} = A_{s'} + A_s = 2455,357 + 2455,357 = 4910,714 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,v} < A_{s,kolom}$$

→ Karena $A_{s,kolom} > A_{s,v}$ maka tidak diperlukan tulangan geser vertikal tambahan (tulangan yang terpasang pada kolom telah mencukupi kebutuhan geser vertikal)



Gambar 4.5 Penulangan Hubungan Balok - Kolom

4.4. Perencanaan Fondasi

1. Data

$$P_u = 1547,953 \text{ kN} \quad (\text{dari run SAP frame13 comb 5})$$

$$M_{ux} = 248,289 \text{ kN-m} \quad (\text{dari run SAP joint 27 comb 6})$$

$$M_{uy} = 240,119 \text{ kN-m} \quad (\text{dari run SAP joint 14 comb 4})$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Dimensi kolom } bc = 450 \text{ mm}$$

$$hc = 700 \text{ mm}$$

$$\gamma_{tanah} = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{beton} = 24 \text{ kN/m}^3$$

2. Menghitung Dimensi Fondasi Telapak

- Berdasarkan data *sondir* diketahui tanah keras terdapat pada kedalaman > 1,60 m, ditetapkan kedalaman fondasi (D) = -2,00 m
- Berdasarkan data *sondir* diketahui nilai *Conus* (qC) = 200 kg/cm²
= 2000 kg/m²
- Tegangan ijin tanah (q) dihitung dengan rumus *Meyerhof* dengan lebar fondasi (B) dianggap 1,00 m.

Digunakan :

$$\text{Tebal tapak fondasi} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tanah timbunan} = 1,5 \text{ m}$$

- Nilai daya dukung *ultimate* tanah (q_{ult}) :

$$q_{ult} = qC \cdot B \cdot (1+D/B) \cdot 1/40$$

$$= 200 \cdot 1 \cdot (1+2/1) \cdot 1/40$$

$$= 15 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1500 \text{ kN/m}^2$$

- Daya dukung ijin tanah (q) dengan faktor keamanan (S_f) diambil 3 :

$$q = \frac{q_{ult}}{S_f} = 500 \text{ kN/m}^2$$

-

$$\sigma_{tanah} = q - \text{berat tanah timbunan} - \text{berat tapak pondasi}$$

$$= 462,5 \text{ kN/m}^2$$

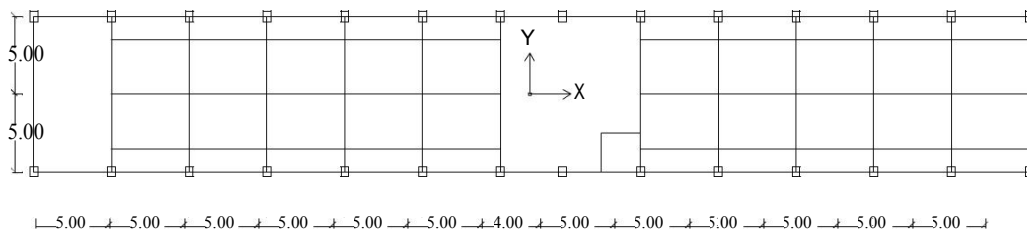
$$\sigma_{tanah} = \frac{P_u}{A}$$

$$A = \frac{P_u}{\sigma} = 3,347 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = 1,829 \approx 2 \text{ m}$$

Sehingga dimensi yang digunakan yaitu 2 m x 2 m

- Cek terhadap beban gempa



Gambar 4.6 As Denah Bangunan

$$\sum x^2 = 14.(2.32^2) + (2.27^2) + (2.22^2) + (2.17^2) + (2.12^2) + (2.7^2) + (2.2^2)$$

$$= 32070 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = 2.(14.5^2)$$

$$= 700 \text{ m}^2$$

$$P = P_u \cdot \frac{M_{ux} \cdot Xy}{\sum y^2} + \frac{M_{uy} \cdot Xx}{\sum x^2}$$

$$= 1547,953 \cdot \frac{248,289 \cdot 5}{700} + \frac{240,119 \cdot 32}{32070}$$

$$= 1549,966 \text{ kN}$$

Tegangan akibat beban gempa :

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{A} = 387,492 \text{ kN/m}^2$$

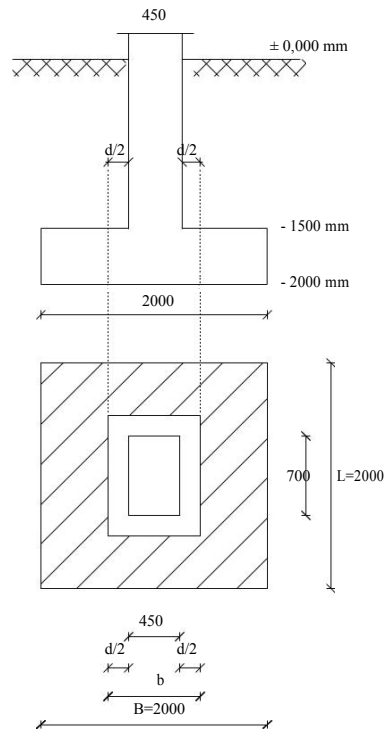
$$\sigma_{ijin} = 1,5 \cdot q$$

$$= 1,5 \times 500$$

$$= 750 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban sementara)}$$

$$\sigma_{maks} < \sigma_{ijin} \rightarrow 387,492 \text{ kN/m}^2 < 750 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

3. Cek Aksi Dua Arah



Gambar 4.7 Aksi Dua Arah

$$\text{Selimut beton } (s) = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$ds = s + (1/2 \times D19)$$

$$= 79,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif } (d) = 500 - 79,5$$

$$= 420,5 \text{ mm}$$

Tegangan akibat beban kolom :

$$\frac{d}{2} = \frac{420,5}{2} = 210,25 \text{ mm}$$

$$\beta_c = \frac{hc}{bc} = \frac{700}{450} = 0,643$$

$$b = bc + 2 \cdot \frac{d}{2}$$

$$= 870,5 \text{ mm}$$

$$bo = 4 \cdot b$$

$$= 4 \cdot 870,5 = 3482 \text{ mm (keliling)}$$

Gaya geser pada fondasi :

$$V_v = \sigma_{maks} (A - b^2)$$

$$= 387,492 (3,298 - 870,5^2) = 1256,337 \text{ kN}$$

Kuat geser beton :

$$V_{ci} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(2\sqrt{f_c}\right) b_o d = 60194107,778 \text{ N} = 60194 \text{ kN}$$

Nilai tersebut tidak boleh lebih besar dari :

$$V_{c2} = 4\sqrt{f_c} b_o d$$

Karena $\beta_c = 1$, kuat geser maksimum akan menjadi :

$$V_{c2} = 29283,620 \text{ kN}$$
$$V_{c3} = \frac{1}{3}\sqrt{f_c} b_o d = 2440,302 \text{ kN}$$

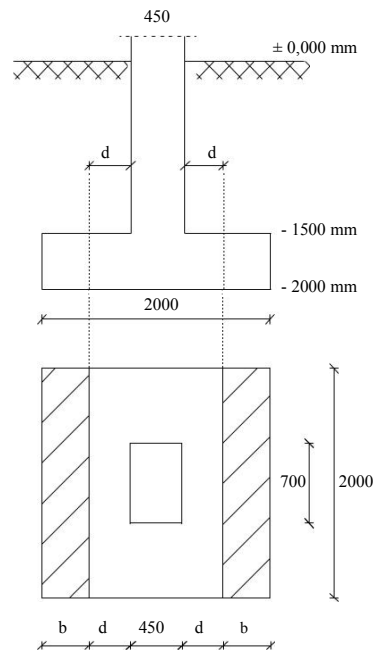
Dipakai V_c terkecil = 2440,302 kN

$$\phi V_c = 0,75 \times 2440,302 = 1830,226 \text{ kN}$$

Maka, $V_v < \phi V_c$

$$1256,337 < 1830,226 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

4. Cek Aksi Satu Arah



Gambar 4.8 Aksi Satu Arah

Selimut beton (s) = 70 mm

Diameter tulangan = 19 mm

$$d = 420,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2} \cdot B - (1/2 \cdot bc + d) \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2000 - (1/2 \cdot 450 + 420,5) \\ &= 354,5 \text{ mm} \\ &= 0,3545 \text{ m} \end{aligned}$$

Gaya geser pada fondasi :

$$\begin{aligned} V_v &= \sigma_{maks} \cdot B \cdot b \\ &= 387,492 \cdot 2 \cdot 0,3545 \\ &= 274,731 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_o d = 70083,333 \text{ N} = 700,833 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 700,833 = 525,625 \text{ kN}$$

Maka, $V_v < \phi V_c$

$$274,731 < 525,625 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Dengan demikian, fondasi memenuhi persyaratan geser.

5. Penulangan Fondasi

Selimut beton (s) = 70 mm

Diameter tulangan = 19 mm

$$d = 420,5 \text{ mm}$$

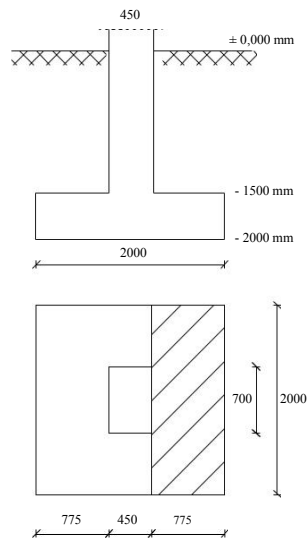
$$L_1 = \frac{b - bc}{2}$$

$$= \frac{2000 - 450}{2}$$

$$= 775 \text{ mm}$$

$$= 0,775 \text{ m}$$

$$B = L = 2 \text{ m}$$



Gambar 4.9 Penampang Fondasi Telapak

$$M_u = \sigma_{maks} \cdot \frac{1}{2} \cdot L \cdot B^2$$

$$= 387,492 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,775 \cdot 2$$

$$= 232,737 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\theta} = 290,921 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = 0,823 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = 18,824$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = 0,0021$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Karena $\rho < \rho_{min}$ maka dipakai $\rho = 0,0035$

$$A_s = \rho \cdot B \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 2000 \cdot 420,5$$

$$= 2943,5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{D19} = \frac{2537,5}{283,643} = 10,377 \approx 11 \text{ buah}$$

Jarak tulangan = = 181,818mm \approx 150mm

Jadi digunakan tulangan fondasi D19 – 150

6. Cek Kapasitas Tumpuan

$$A1 \text{ (luas kolom)} = 0,45 \cdot 0,7 = 0,315 \text{ m}^2$$

$$A2 \text{ (luas fondasi)} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{4}{0,315}} = 3,563 > 2, \text{ dipakai } \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 2$$

Kuat Tumpuan Kolom :

$$P_1 = \phi \cdot 0,85 f_c' A1 \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 9371,250 \text{ kN}$$

Kuat Tumpuan Fondasi :

$$\begin{aligned} P2 &= \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1 \\ &= 0,7 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 315000 \\ &= 4685625 \text{ N} \\ &= 4685,625 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya Tekan yang terjadi :

$$Pu = 1547,953 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$Pu < P2 < P1$$

$$1547,953 < 4685,625 < 9371,250 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

7. Tulangan Pasak (*dowel*)

$$\begin{aligned}A_{s,perlu} &= 0,005 \cdot A_g^2 \\ &= 0,005 \cdot 450 \cdot 700 \\ &= 1575 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pada tulangan kolom D25 ($A_s = 491,071 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan kolom yang di tekuk :

$$n = \frac{A_s}{A_s(D25)} = \frac{1575}{491,071} = 3,207 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_{s,terpasang} = 4D25 = 1964,286 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan kolom > tulangan pasak

$$14 \text{ buah} > 4 \text{ buah} \rightarrow \text{Aman}$$

Jadi tulangan kolom yang ditekuk 4 buah pada setiap sudut kolom. Panjang penyaluran :

$$l_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c}} = 500 \text{ mm}$$

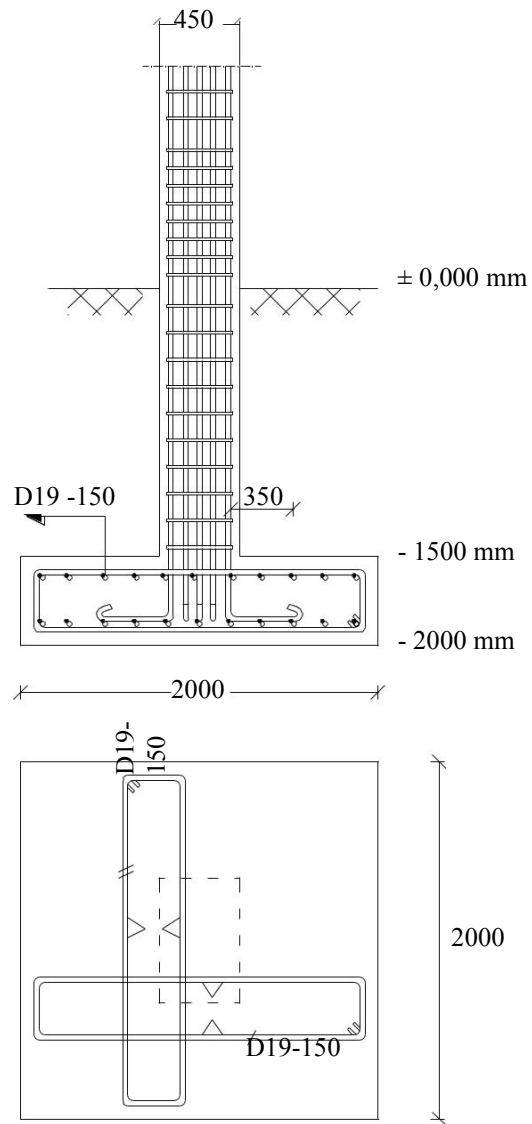
$$\begin{aligned}l_{db} &= 0,04 \cdot db \cdot f_y \\ &= 0,04 \cdot 25 \cdot 400 \\ &= 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Faktor modifikasi :

$$\frac{A_{s,perlu}}{A_{s,terpasang}} = 0,802$$

$$\begin{aligned}l_{db} &= 400 \cdot 0,802 \\ &= 320,727 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm Dikai}\end{aligned}$$

panjang penyaluran 350 mm



Gambar 4.10 Penulangan Fondasi Telapak

4.5. Perencanaan Tangga

1. Data

$$M11_{tangga} = 20,529 \text{ kN-m}$$

$$M22_{tangga} = 5,493 \text{ kN-m}$$

$$M11_{bordes} = 1,763 \text{ kN-m}$$

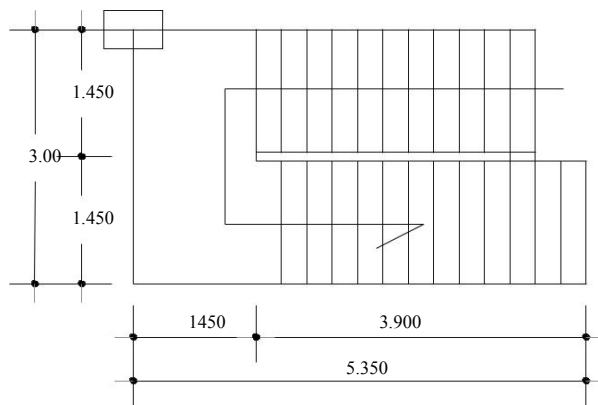
$$M22_{bordes} = 2,353 \text{ kN-m}$$

$$f_c' = 25 \text{ mPa}, f_y = 240 \text{ mPa}, b = 1450 \text{ mm}$$

$$s = 20 \text{ mm}$$

$$h = 216 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{ulangan} = 10 \text{ mm}$$



Gambar 4.11 Perencanaan Tangga 1

2. Penulangan Tangga

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,054 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,040$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,006$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} = 0,005$$

maka diambil ρ_{min} yang terkecil = 0,005

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = 11,294$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,040$$

a. Desain tulangan arah x - x

Dari keempat panel diatas, pilih momen terbesar dari hasil analisis Struktur dengan bantuan program komputer SAP 2000

$M_u = M_{II} = 20,529$ kNm Tetapkan

$d_s = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 25$ mm

$d = h - d_s = 191$ mm

$$M_{n,p} = \frac{M_u}{0,80} = 20,529 = 25,661 \text{ kNm} = 25661250 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{maks} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{maks} \cdot m)$$

$$= 0,040 \cdot 240 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,040 \cdot 11,294)$$

$$= 7,473 \text{ N/mm}^2$$

$$= R_{n, maks} \cdot b \cdot d^2$$

$$= 7,473 \cdot 1450 \cdot 191^2$$

$$= 395315560,375 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{n, maks} = 395315560,375 \text{ Nmm} > M_{n,P} = 25661250 \text{ Nmm}$, maka yang digunakan adalah tulangan tunggal

$$R_n = \frac{M_{n,p}}{bd^2} = 0,485 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rho = 0,002 < \rho_{min} = 0,005$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,005$

$$A_{s,p} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005 \cdot 1450 \cdot 191$$

$$= 1495,530 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan $\Phi 10$

$$A_s \Phi 10 = 78,571 \text{ mm}^2$$

$$\approx 70 \text{ mm}$$

maka dalam perencanaan digunakan tulangan P 10 – 70 mm

b. Desain tulangan arah y - y

Dari keempat panel diatas, pilih momen terbesar dari hasil analisis Struktur dengan bantuan program komputer SAP 2000

$$M_u = M_{22} = 5,493 \text{ kNm}$$

$$\text{Tetapkan } ds = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$d = 191 \text{ mm}$$

$$M_{n,P} = \frac{M_u}{0,80} = 6866250 \text{ Nmm}$$

$$R_{n,maks} = \rho_{maks} f_y (1 - 0,5 \cdot \rho_{maks} \cdot m) = 7,743 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{n,maks} = R_{n,maks} \cdot b \cdot d^2 = 395315560,375 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{n,maks} = 395315560,375 \text{ Nmm} > M_{n,P} = 6866250 \text{ Nmm}$, maka yang digunakan adalah tulangan tunggal

$$R_n = \frac{M_{n,p}}{bd^2} = 0,13 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rho = 0,005 \leq \rho_{min} = 0,005$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,005$

$$A_{s,p} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005 \cdot 1450 \cdot 191$$

$$= 1495,530 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan $\Phi 10$

$$As_{\Phi 10} = 78,571 \text{ mm}^2$$

$$s_1 = \frac{As_{\Phi 10}}{As_p} = 76,179 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

maka dalam perencanaan digunakan tulangan P10 – 70 mm

3. Penulangan Bordes

a. Desain tulangan arah x - x

Dari keempat panel diatas, pilih momen terbesar dari hasil analisis Struktur dengan bantuan program komputer SAP 2000

$$Mu = M_{II} = 1,763 \text{ kNm}$$

$$\text{Tetapkan } ds = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - ds$$

$$= 120 - 25$$

$$= 95 \text{ mm}$$

$$M_{n,P} = \frac{M_u}{0,80} = 2203625 \text{ Nmm}$$

$$R_{n,maks} = \rho_{maks} f_y (1 - 0,5 \cdot \rho_{maks} \cdot m) = 7,473 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{n,maks} = R_{n,maks} \cdot b \cdot d^2 = 97796741,657 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{n,maks} = 97796741,657 \text{ Nmm} > M_{n,P} = 2203625 \text{ Nmm}$,

maka yang digunakan adalah tulangan tunggal

$$R_n = \frac{M_{n,p}}{bd^2} = 0,168 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 0,0007 < \rho_{\min} = 0,005$$

Digunakan $\rho_{\min} = 0,005$

$$As_p = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005 \cdot 1450 \cdot 95$$

$$= 688,750 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan $\Phi 10$

$$As_{\Phi 10} = 78,571 \text{ mm}^2$$

$$s_1 = \frac{As_{\Phi 10}}{As_p} = 165,413 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

maka dalam perencanaan digunakan tulangan $\Phi 10 - 150 \text{ mm}$

b. Desain tulangan arah y - y

Dari keempat panel diatas, pilih momen terbesar dari hasil analisis Struktur dengan bantuan program komputer SAP 2000

$$M_u = M_{22} = 2,353 \text{ kNm}$$

$$\text{Tetapkan } d_s = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$d = 95 \text{ mm}$$

$$M_{n,P} = \frac{M_u}{0,80} = 2941250 \text{ Nmm}$$

$$R_{n,maks} = \rho_{maks} f_y (1 - 0,5 \cdot \rho_{maks} \cdot m) = 7,473 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{n,maks} = R_{n,maks} \cdot b \cdot d^2 = 97796741,657 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{n,maks} = 97796741,657 \text{ Nmm} > M_{n,P} = 2941250 \text{ Nmm}$, maka yang digunakan adalah tulangan tunggal

$$R_n = \frac{M_{n,p}}{b d^2} = 0,255 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 0,001 < \rho_{min} = 0,005$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,005$

$$As_p = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005 \cdot 1450 \cdot 95$$

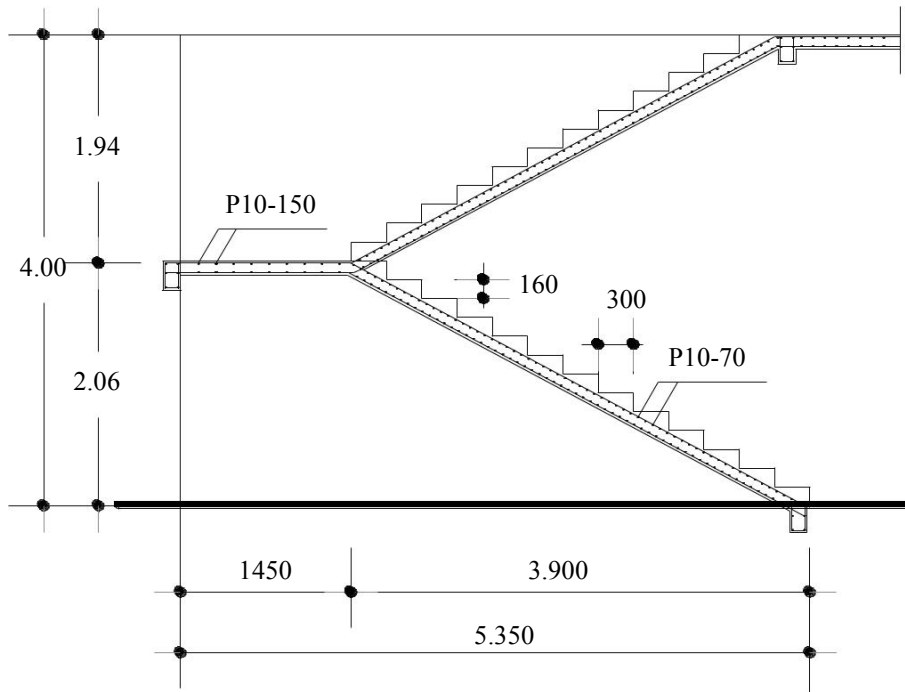
$$= 688,750 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan $\Phi 10$

$$As_{\Phi 10} = 78,571 \text{ mm}^2$$

$$s_1 = \frac{As_{\Phi 10}}{As_p} = 165,413 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

maka dalam perencanaan digunakan tulangan $\Phi 10 - 150 \text{ mm}$



Gambar 4.12 Penulangan Tangga 1

Perencanaan Tangga 2 bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 : Perhitungan Tulangan Tangga

Perhitungan Tulangan Pokok											
Plat Tangga 1											
Desain tulangan	Mu (kN-m)/m	ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perluh}	b (mm)	d (mm)	Luas Tulangan (mm ²)	jarak tulangan (mm)	Momen nominal (kN-m)	
arah X	M11 = 20.529	0.005	0.054	0.040	0.005	1450	191	1495.530	76.179	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 80	25.661	395.316
arah Y	M22 = 5.493	0.005	0.054	0.040	0.005	1450	191	1495.530	76.179	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 80	6.866	395.316
Plat Bordes 1											
Desain tulangan	Mu (kN-m)/m	ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perluh}	b (mm)	d (mm)	Luas Tulangan (mm ²)	jarak tulangan (mm)	Momen nominal (kN-m)	
arah X	M11 = 1.763	0.005	0.054	0.040	0.005	1450	95	688.750	165.413	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 150	2.204	97.797
arah Y	M22 = 2.353	0.005	0.054	0.040	0.005	1450	95	688.750	165.413	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 150	2.941	97.797

Perhitungan Tulangan Pokok

Plat Tangga 2

Plat Tangga 2											
Desain tulangan	Mu (kN-m)/m	ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}	b (mm)	d (mm)	Luas Tulangan (mm ²)	jarak tulangan (mm)	Momen nominal (kN-m)	
										Mn,p	Mn,maks
arah X	M11 = 39.9433	0.005	0.054	0.040	0.005	1950	191	1862.250	82.273	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 70	17.532	531.631
arah Y	M22 =14.026	0.005	0.054	0.040	0.005	1950	191	1862.250	82.273	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 70	17.532	531.631
Plat Bordes 2											
Desain tulangan	Mu (kN-m)/m	ρ_{min}	$\rho_{balance}$	ρ_{max}	ρ_{perlu}	b (mm)	d (mm)	Luas Tulangan (mm ²)	jarak tulangan (mm)	Momen nominal (kN-m)	
										Mn,p	Mn,maks
arah X	M11 = 1.505	0.005	0.054	0.040	0.005	1950	95	926.250	165.413	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 150	1.882	131.520
arah Y	M22 = 3.219	0.005	0.054	0.040	0.005	1950	95	963.300	159.051	Mn,p	Mn,maks
									øP10 - 150	4.024	131.520

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pemilihan sistem struktur sangatlah penting dalam suatu perencanaan baik dilihat dari segi kekuatan struktur dan juga ekonomisnya bangunan tersebut. Dalam perencanaan ulang diperlukan data-data yang lebih lengkap seperti sistem yang digunakan dalam perhitungan struktur pada proyek aslinya yang akan digunakan sebagai pembanding apakah perencanaan struktur yang direncanakan lebih kuat dan lebih ekonomis atau lebih kuat tetapi boros.

Rekayasa ulang struktur beton bertulang untuk faktor keamanan dan ekonomi di bangunan Gedung Kantor dan Prasarana Balai Pemberdayaan Masyarakat dan Desa Yogyakarta memperoleh hasil bahwa perhitungan elemen struktur yang didesain dinyatakan aman dengan memenuhi peraturan-peraturan yang ada dilihat dari hasil perhitungan momen kapasitas (ϕM_n) lebih besar dari momen perlu (M_u).

Kesimpulan dari perencanaan ulang gedung ini sehingga tercipta bangunan gedung yang kuat dan aman pada saat terjadi gempa dan juga lebih ekonomis adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan Balok

a. Dimensi balok B1 350x750 mm

Pada daerah tumpuan bagian tarik diperoleh tulangan 9D25, pada daerah tumpuan bagian tekan dan daerah tumpuan bagian tekan diperoleh tulangan 5D25, sedangkan pada lapangan bagian tekan diperoleh tulangan 3D25. Pada sendi plastis segmen-1 dan 2 diperoleh tulangan geser P10-70 mm sedangkan di luar sendi plastis segmen-3 diperoleh tulangan geser P10-100 mm.

b. Dimensi balok B2 300x500 mm

pada daerah tumpuan bagian tarik diperoleh tulangan 4D19, tumpuan bagian tekan diperoleh tulangan 3D19, lapangan bagian tarik dan lapangan bagian tekan diperoleh tulangan 2D19. Pada sendi plastis diperoleh tulangan geser P10-100 mm sedangkan diluar sendi plastis diperoleh tulangan P10-250 mm

2. Perencanaan Kolom

a. Dimensi kolom K1 450x700 mm

Pada Tulangan pokok diperoleh tulangan 10D25. pada daerah lo diperoleh tulangan sengkang p10-100 sedangkan diluar lo diperoleh tulangan sengkang P10-150

- b. Dimensi kolom K2 450x600 mm

Pada Tulangan pokok diperoleh tulangan 8D25. pada daerah lo dan diluar lo diperoleh tulangan sengkang p8-150.

3. Perencanaan Hubungan Balok Kolom (HBK)

Pada tulangan geser horizontal diperoleh P16 lima lapis sedangkan Tulangan geser vertikal tidak dipasang tulangan geser

4. Perencanaan Fondasi

Dimensi fondasi telapak 2000 x 2000 mm, pada tulangan pokok diperoleh D19–150 mm dengan Panjang penyaluran 350 mm.

5. Perencanaan Pelat Tangga

- a. Pelat tangga 1 ketebalan 120 mm

Pada arah X dan Arah Y diperoleh tulangan P10–80 mm sedangkan untuk bordes arah X dan Y diperoleh tulangan P10–150

- b. Pelat tangga 2 ketebalan 120 mm

Pada arah X dan Arah Y diperoleh tulangan P10-70 mm sedangkan untuk bordes arah X dan Y diperoleh tulangan P10–150

5.2. Saran

Seorang perencana struktur sebaiknya selalu mengikuti perkembangan peraturan dan pedoman – pedoman standar dalam perencanaan struktur, sehingga bangunan yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang terbaru seperti dalam hal peraturan perencanaan struktur tahan gempa, standar perencanaan struktur beton, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, PPIUG 1983, Yayasan LPMB, Bandung.
- Anonim, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, Yayasan LPMB, Bandung
- Anonim, *Standar Perencanaan ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*, SNI-1726-2002, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Anonim, *Modul Pelatihan Struktur Beton*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Edward G. Nawy, *Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar*, Penerbit Rafika Aditama.
- Hary Christady Hardiyatmo., *Teknik Pondasi I.*, Edisi Kedua., 2002, Penerbit Beta Offset.
- Imran Iswandi dan Fajar Hendrik., *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002*, Penerbit ITB, 2009
- Meyerhof, *Menghitung Daya Dukung tanah dengan data sondir*.
- Purwono Rachmat., *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa sesuai SNI 03 – 2847 – 2002* , 2006, ITS Press, surabaya.
- Wahana Komputer. *Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP 2000 versi 14*. penerbit ANDI.

Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian

1. Honor				
Honor	Honor/jam	Waktu (jam/minggu)	Minggu	Honor Total
Ketua	Rp5.000	13	10	Rp650.000
Tenaga Pelaksana	Rp3.500	10	10	Rp350.000
SUB TOTAL				Rp1.000.000
2. Peralatan Penunjang				
Material	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan	Harga Peralatan Penunjang
Pulsa	komunikasi	4 bulan	Rp100.000	Rp400.000
Instalasi SAP2000	Analisis data	1	Rp200.000	Rp200.000
Sewa Kamera	Dokumentasi	10 hari	Rp35.000	Rp350.000
SUB TOTAL				Rp950.000
3. Bahan Habis Pakai				
Material	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan	Biaya Total
Kertas A4	Draft laporan dan laporan akhir	4 rim	Rp40.000	Rp160.000
Kertas Gambar	Pendukung Analisis	20 lbr	Rp5.000	Rp100.000
Refill kit tinta (Black n colour)	Print Draft laporan dan laporan akhir	2 buah	Rp150.000	Rp300.000
Copy data	Pendukung analisis	Ls	Rp150.000	Rp150.000
Akses internet	Pendukung analisis	4 bulan	Rp200.000	Rp800.000
Compact Disk	Back up data dan file penelitian	4 keping	Rp10.000	Rp40.000
SUB TOTAL				Rp1.550.000
4. Perjalanan				
Material	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan	Biaya Total
Sewa Kendaraan	Survey Primer dan Sekunder	3 kali PP	Rp150.000	Rp450.000
Transportasi Internal	Survei	15 hari	Rp10.000	Rp150.000
Survey Instansi	Mencari data sekunder	5 hari	Rp30.000	Rp150.000
SUB TOTAL				Rp750.000
5. Lain-lain				
Material	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan	Biaya Total
Publikasi	Jurnal ilmiah	lumpsum	Rp500.000	Rp500.000
Laporan	Print draft, print produk akhir dan jilid laporan	lumpsum	Rp250.000	Rp250.000
SUB TOTAL				Rp750.000
TOTAL ANGGARAN YANG DIPERLUKAN				Rp5.000.000