

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG (ZONA 2) PASAR INDUK KOTA BATU

Yahya Ilham Suryadi¹, Nawir Rasidi², Agustin Dita Lestari³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: yahyailhamxi@gmail.com¹, nawirrasidi@polinema.ac.id², agustinditalestari@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Perencanaan struktur merupakan langkah yang harus dilakukan sebelum lelang dan pelaksanaan. Dalam hal ini, gedung akan didesain ulang menjadi empat lantai, dengan penambahan ruang makan di lantai tiga. Pekerjaan struktur akan dibangun dari bawah ke atas dan seluruh struktur akan terbuat dari beton bertulang. Data yang diperlukan meliputi data pendukung seperti shop drawing, hasil pengujian tanah N-SPT, dan data spektrum respons desain. Perancangannya didasarkan pada SNI 1726-2019, SNI 1727: 2020 dan SNI 2847: 2019 untuk elemen kolom, balok, pelat, dan tangga. Untuk desain balok dan pelat digunakan perhitungan sesuai perhitungan yang terdapat pada SNI 2847: 2019, dan untuk kolomnya sendiri digunakan metode Whitney. Perancangan ulang ini mengubah dimensi serta memperkecil ukuran kolom seiring dengan bertambahnya level dan penyesuaian komposisi besi, untuk balok cenderung memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan eksisting, dengan adanya perbesaran dimensi dan meningkatnya kebutuhan tulangan. Sementara elemen plat lantai hanya akan mengalami penebalan secara dimensi. Komposisi mutu beton dan mutu baja yang digunakan cenderung lebih tinggi dibandingkan eksisting. Selain itu, dimensi dan kekuatan substruktur, tiang pondasi, dan pilecap juga ditingkatkan.

Kata kunci : Beton bertulang, Struktur Gedung, Pasar Induk.

ABSTRACT

Structural planning is a step to be taken before bidding and implementation. In this case, the building will be redesigned into four floors, with the addition of a dining area on the third floor. The structural work will be built from the bottom up and the entire structure will be used reinforced concrete. The required data includes supporting data such as shop drawings, N-SPT soil test results, and design response spectrum data. The design is based on SNI 1726-2019, SNI 1727: 2020, and SNI 2847: 2019 for columns, beams, plates, and stairs. For the design of beams and plates use the calculation according to the calculations contained in SNI 2847: 2019, and for its column use the Whitney method. This redesign changes the dimensions and decreases the column's dimension as the level increases and the reinforcement composition adjusts, so that the beams tend to have significant differences from the existing ones, with dimensional enlargement and increased bone requirements. In contrast, the floor plate elements will only experience dimensional thickening. The quality composition of concrete and reinforcements tends to be higher than existing. In addition, the dimensions and reinforcements of the substructure, the foundation poles, and the covering of the poles are also improved.

Keywords : Reinforced Concrete, Building Structure, Central Market

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pasar merupakan fasilitas umum yang diperlukan setiap daerah sebagai tempat perputaran roda ekonomi. Pasar Batu sendiri dulunya merupakan pasar tradisional yang terkesan kumuh dan berantakan, sehingga dilakukanlah renovasi besar besaran yang menghabiskan biaya lebih dari 169 milyar rupiah. Pasar ini memiliki 9 zona, zona 5 sebagai area lobby

dan zona 9 untuk ground water tank sementara untuk zona lainnya terdiri dari Gedung pasar yang memiliki 2 hingga 3 lantai.

Perencanaan ulang ini akan mengambil salah satu zona yaitu zona 2 dengan luas bangunan 3830 m², memiliki struktur 2 lantai dan akan dirubah strukturnya menjadi 4 lantai dengan penambahan area makan di lantai 3 dan lantai 4 akan digunakan area vegetative sekaligus area terbuka. Secara

umum perubahan akan terjadi pada struktur atap yang berubah total menjadi struktur beton bertulang dimana sebelumnya menggunakan rangka baja Cremona. Selain itu balok, plat dan pondasi akan mengalami perubahan. Hal ini ditujukan untuk memperbesar fungsi ruang dan sekaligus menerapkan sedikit dari konsep ‘Eco Green Building’. Penambahan tingkat ini diharapkan sejalan dengan predikat yang dimiliki oleh Pasar Batu dengan predikat Pasar Terbesar di seluruh Indonesia pada tahun 2023.

2. METODE

Ada beberapa Langkah yang perlu ditempuh dalam mencapai perencanaan ulang ini yaitu dimulai dari preliminary, pembebanan, permodelan, dan desain tulangan.

Preliminary

Untuk melakukan preliminary pada struktur diperlukan data terkait bentang yang dilambangkan dengan kode (L) yang direncanakan. Untuk perhitungannya menurut SNI 2847:2019 tabel 9.3.3.1 sebagai berikut:

Preliminary Balok (1)

$H_{Balok} = L/16$, dimana rumus ini untuk perletakan sederhana.

$B_{Balok} = 2/3 \times H$, dimana nilai H adalah tinggi balok

Preliminary Plat (2.A)

$K = L_y/L_x$

Dimana,

L_y = bentang panjang

L_x = bentang pendek

Jika nilai $K \leq 2$ maka menggunakan plat 2 arah, jika sebaliknya maka menggunakan plat 1 arah. Selanjutnya adalah mencari ketebalan rencana.

$T_b = L_n/30$ (2.B)

Dimana,

T_b = tebal plat rencana

L_n = bentang bersih plat

Preliminary Kolom (3)

$b = b_1 + (2 \times 5)$

Dimana,

b = lebar kolom

b_1 = lebar balok induk

Pembebanan

Pembebanan memiliki analisa sebagai berikut:

Tabel 1. Beban Mati Tambahan

LANTAI 1 - 4			
CODE	Item	(m)	(kN/m)
		Tebal	Beban
FLOOR	Keramik	0.09	0.48

WALL	Dinding Bata Ringan	0.075	0.53
WALL	Spesi	0.01	0.21
WALL	Plywood 10 mm	0.01	0.04
CEILIN G	Gypsum Board (Area Toilet)	0.09	0.08
CEILIN G	Plaster on concrete	0.01	0.24
ME	MEP	1	0.25

Tabel 2. Beban hidup plat lantai

Fungsi Ruang	Nilai Lo (kN/m ²)	Nilai Lo Reduksi (kN/m ²)	Nilai Pakai (kN/m ²)
Pasar (Ruang Pertemuan)	4.79	TI	TI
Area Makan	4.79	TI	TI
Kamar Mandi	1.92	0.67	TI
Tangga	4.79	1.66	0.66
Atap berkumpul	4.79	1.67	0.67

Dimana,

L = Beban hidup tereduksi per m^2

$$L = L_o \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{KLL \times At}} \right) \quad (3.1)$$

L_o = Beban hidup tanpa reduksi

KLL = Faktor elemen beban hidup

At = Luas tributasi dalam m^2

Beban yang dapat digunakan $L \times 0.4 = x$, maka jika $x \geq 0.4$, nilai tereduksi dapat digunakan, apabila sebaliknya maka akan digunakan L_o reduksi.

Tabel 3. Beban hidup plat lantai

MDPL	= 881 m	(Google Earth)
Perhitungan Tekanan Velocitas		
Data	Sat	Keterangan
Kec.Angin (V)	10.1 = 8 m/s	Data BPS 2011-2015
Kz	= 1.04	(kategori eksposur)
Kd	= 0.85	Faktor arah angin
Kzt	= 1.00	Faktor Topografi
Ke	= 0.90	Faktor Elev. Tanah (interpolasi)
Qz	= 50.5 N/m ²	Tekanan Kecepatan
Perhitungan Tekanan Velocitas		
Data	Sat	Keterangan
G	= 0.85	Faktor efek tiupan angin

Cpi	= 0	Koefisien tekanan internal
Cpf	= 0.8	Koefisien tekanan eksternal
Gcpi	= 0	
GCpf	= 0.68	

Perhitungan Tekanan angin per Tingkat

p	= 34.4 N/m	di ketinggian 19 m (Sidewall)
	= 0.03 kN/m	Nilai dikalikan luasan plat atap

Dimana,

- V = Kecepatan angin dasar
- Kd = Faktor pengarah angin
- Kzt = Faktor topografi
- G = Faktor efek tiupan angin
- Gcpi = koef. Tekanan internal
- Kz = Kategori eksposur
- q = tekanan kecepatan
- p = tekanan angin pada setiap elevasi
- qz = $0.613 \times Kz \times Kd \times Kzt \times Ke \times V^2$
- Cpi = 0 (karena bangunan terbuka lebih dari 80%)

Tabel 4. Simpangan Hasil Preliminary

Lt.	h (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δi (mm)	Δa/p (mm)	Keterangan
Top Off	3800	18.71	102.89	13.71	95.00	TIDAK OK
4	3800	16.22	89.18	19.85	95.00	OK
3	3800	12.61	69.33	33.19	95.00	OK
2	3800	6.57	36.15	23.07	95.00	OK
1	3800	2.38	13.07	13.07	95.00	OK

Tabel 5. Simpangan Setelah Redesign

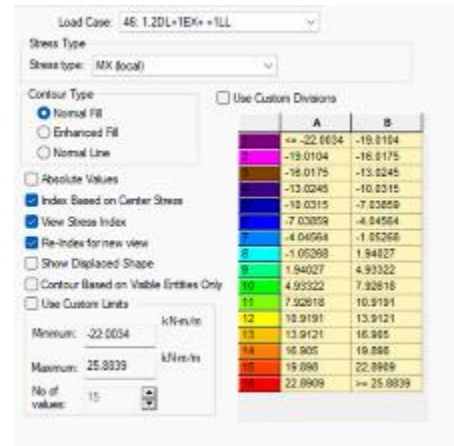
Lt.	h (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δi (mm)	Δa/p (mm)	Keterangan
Top Off	3800	15.01	82.53	15.16	95.00	OK
4	3800	12.25	67.36	19.61	95.00	OK
3	3800	8.68	47.75	13.98	95.00	OK
2	3800	6.14	33.77	22.36	95.00	OK
1	3800	2.07	11.41	11.41	95.00	OK

Dimana,

- h = tinggi antar lantai (input)
- δxe = simpangan setiap lantai arah X (dari StaadPro)
- δye = simpangan setiap lantai arah Y (dari StaadPro)
- δx = $\frac{\delta xe \times Cd}{le}$
- δy = $\frac{\delta ye \times Cd}{le}$

- Δi = selisih *amplified* terhadap lantai sebelumnya
- Δa/p = batas simpangan maksimum $\frac{0.025 \times h}{le}$
- Ie = 1 (faktor resiko II-D)
- Cd = 5.5 (SPMRK Beton Momen Khusus)

Desain Plat



Gambar 1. Hasil Analisa Plat

Sumber : Hasil Analisis Staadpro

Tabel 2. Momen Pelat Persegi akibad beban merata kondisi tumpuan bebas dan terjepit penuh

Kondisi Plat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx											
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.5	3.0
Lx	Mx = -0.001 qL ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mx = 0.001 qL ² x	44	52	59	66	73	79	84	89	93	97	100	103
	My = 0.001 qL ² x	44	48	45	44	44	43	41	43	39	38	37	36
	My = -0.001 qL ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ly	Mx = -0.001 qL ² x	52	54	54	49	75	75	75	81	82	83	83	83
	Mx = 0.001 qL ² x	21	25	26	21	34	36	37	38	40	40	41	41
	My = 0.001 qL ² x	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11
	My = -0.001 qL ² x	82	84	86	87	87	87	87	87	87	87	87	87

Gambar 2. Tabel PBI 71

Sumber : Tabel 2 PBI '71

Interpolasi nilai perbandingan Clx, Cly, Ctx, dan Cty menurut tabel PBI '71.

Penulangan plat lantai memiliki langkah sebagai berikut :

1. Menentukan data spesifikasi dari plat. termasuk tebal plat. selimut beton. mutu beton. mutu baja. Bentang terpanjang dan bentang terpendek..
2. Menghitung Qu menggunakan kombinasi beban 1.2 DL + 1.6 LL ataupun *output* dari *software* yang digunakan.
3. Menghitung Ly/Lx jika hasilnya kurang dari 2 maka digunakan plat 2 arah.
4. Menghitung nilai MuLx. MuLy. MuTx. MuTy. dengan bantuan interpolasi CLx. CLy. Ctx. Cty. menurut tabel momen persegi akibad beban merata pada PBI tahun 1971.
5. Berikut adalah langkah menghitung kebutuhan besi plat lantai :
 - a. Hitung nilai, $0.85 \times fc' \times be$

- b. Hitung nilai, $2Mu/\phi$
 c. Hitung X

$$X = \sqrt{(d^2) - \frac{(2Mu/\phi)}{0.85 \times fc' \times b}}$$

 d. Hitung As perlu

$$As = \frac{(0.85 \times fc' \times b/fy) \times (d - \sqrt{(d^2) - \frac{2Mu/\phi \times 10^6}{0.85 \times fc' \times b}})}{fy}$$

 e. Hitung As min 1 dan As min 2

$$Asmin\ 1 = 0.25 \times \sqrt{\frac{fc'}{fy}} \times b \times d$$

$$Asmin\ 2 = \left(\frac{1.4}{fy}\right) \times b \times d$$

 f. Asumsikan keperluan tulangan terpasang.
 Hitung As terpasang

$$Ast = 0.25 \times 3.14 \times dB^2 \times \frac{b}{s}$$

6. Hitung nilai C,

$$C = \frac{a}{\beta 1}$$

 7. Hitung $\epsilon ty = fy/200000$, 200000 adalah modulus baja.
 Hitung $\epsilon t = 0.003 \times \frac{(d-c)}{c}$
 8. Hitung ϕMn

$$\phi Mn = \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times \left(\frac{1}{10^6}\right)$$

 9. Hitung DCR
 $Mu/Mn < 1$

Desain Balok

fc'	= 25 Mpa
fy	= 420 MPa
$\beta 1$	= 0.85 (SNI 2847:2019 Ps 22.2.2.4.3)
Dimensi Balok Induk	= 500 x 700 mm (B57)
Dimensi Balok Anak	= 350 x 500 mm (B35A)
d' (selimut beton)	= 30 mm
d (h- d')	= 700 - 30 = 670 mm

Berikut adalah Langkah menentukan desain Balok :

- Menentukan data spesifikasi balok. mulai dari dimensi. mutu beton,. mutu baja dan panjang bentang.
- Mencari gaya $Mmax$ lapangan/tumpuan dan Vu max.
- Kontrol perilaku balok T
 - $Be1 = bw + 2(8t)$
 - $Be2 = bw + 2(sw/2)$
 - $Be3 = bw + 2\left(\frac{Ln}{8}\right)$

- Nilai Be digunakan yang terkecil diantara $Be1, Be2$ dan $Be3$
 4. Hitung nilai tinggi efektif balok, dengan rumus $h-d'$
 5. Hitung nilai ϕMR .

$$\phi MR = \phi \times \beta 1 \times fc' \times be \times tplat \times \left(d - \frac{tplat}{2}\right) \times 10^6$$

6. Menghitung kebutuhan tulangan Tarik
 Hitung nilai, $0.85fc' \times be$
 Hitung nilai, $2Mu/\phi$
 Hitung As perlu

$$As = \frac{(0.85fc' \times \frac{b}{fy}) \times \left(d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{\phi} \times 10^6}{0.85fc' \times b}\right)}{fy}$$

Hitung As min 1 dan As min 2

$$Asmin1 = 0.25 \times \sqrt{\frac{fc'}{fy}} \times b \times d$$

$$Asmin2 = \frac{1.4}{fy} \times b \times d$$

Asumsikan keperluan tulangan terpasang. Hitung As terpasang

$$Luas\ dB = 3.14 \times 0.25 \times dB^2$$

$$Ast = jml\ tulangan \times Luas\ dB$$

Cek Spasi antar tulangan

$$s = 2d' + 2ds + ndB + n - 1s \leq 25mm$$

Hitung rasio tulangan , dengan rumus

$$\rho = Ast/(b \times d)$$

7. Hitung Tulangan tekan

- Hitung $As' = 50\%$ Asperlu
- Hitung nilai, $2Mu/\phi$
- Asumsikan keperluan tulangan terpasang.
 Hitung As terpasang

$$Luas\ dB = 3.14 \times 0.25 \times dB^2$$

$$Ast = jml\ tulangan \times Luas\ dB$$
- Cek Spasi antar tulangan

$$s = 2d' + 2ds + ndB + n - 1s \leq 25mm$$
- Hitung rasio tulangan , dengan rumus

$$\rho = Ast/(b \times d)$$

8. Menghitung tinggi blok tekan & garis netral

$$a. \text{ Hitung, } a = \frac{(Ast - Ast') \times fy}{0.85fc' \times be}$$

$$b. \text{ Hitung nilai } c = \frac{a}{\beta 1}$$

9. Hitung nilai $Et = 0.003 \times \frac{d-c}{c}$, jika $Et > 0.005$ menggunakan maka $\phi = 0.9$.

10. Hitung $Mn = \phi Mn1 + \phi Mn2$

$$\phi Mn1 = \phi \times (As - As') \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn2 = \phi \times As' \times fy \times (d - d')$$

11. Hitung DCR

$$DCR = \frac{Mu}{Mn1 + Mn2} \leq 1 \text{ (OK)}$$

12. Hitung kebutuhan sengkang

a. Hitung nilai MPr-

$$a = \frac{(1.25As' \times fy)}{0.85fc' \times be}$$

$$MPRki- = (1.25As' \times fy \times (d - \frac{a}{2})) 10^{-6}$$

b Hitung nilai MPr+

$$a = \frac{(1.25As \times fy)}{0.85fc' \times be}$$

$$MPRki+ = (1.25As \times fy \times (d - \frac{a}{2})) 10^{-6}$$

c. Input nilai geser

d Hitung nilai Vki dan Vka

$$Vki = \frac{(MPRki-)+(MPRka+)}{Ln} + \frac{Dki+Dka}{2}$$

$$Vka = \frac{(MPRki+)+(MPRka-)}{Ln} + \frac{Dki+Dka}{2}$$

e. Hitung Ve 1 dan Ve 2

$$VE 1 = \frac{(Mprki -) + (Mprka+)}{Ln}$$

$$VE 2 = \frac{(Mprki +) + (Mprka-)}{Ln}$$

f. Jika Vc < Ve maka nilai Vc = 0

Jika Vc > Ve maka hitung nilai Vs min

g Hitung nilai (Vs'), dengan rumus

$$Vs' = \frac{Vc}{\phi}$$

h Tentukan diameter sengkang, jumlah kaki sengkang, dan spasi

i. Hitung As geser (As) dan spasi max (S)

$$As = 0.25 \times 3.14 \times nCt \times dS^2$$

$$S = \frac{(As \times fy \times d)}{(Vs \times ds^3)}$$

$$Smax 1 = d/4$$

$$Smax 2 = 6dB$$

$$Smax 3 = 150 \text{ mm,}$$

$$Spakai < Smax 1,2,3.$$

Desain Kolom

Tinggi Kolom (L) = 3800 mm

Selimut Beton (d') = 40 mm

Mutu beton (fc') = 30 MPa

Mutu Besi (fy) = 420 MPa

Beam	L/C	Node	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kN-m	My kN-m	Mz kN-m
40 1.4DL		25	2509.757	-197.168	-0.114	-0.013	2.564	-231.92
		97	-2448.336	197.168	0.114	0.013	-2.133	-517.311
41 1.2DL+1.6		25	2683.902	-196.418	-0.081	-0.009	2.472	-231.011
		97	-2631.256	196.418	0.081	0.009	-2.162	-515.371
42 1.2DL+1.6		25	2151.030	-168.870	-0.096	-0.011	2.196	-198.42
		97	-2096.384	168.870	0.096	0.011	-1.830	-443.28
43 1.2DL+1.6		25	2151.218	-169.132	-0.095	-0.011	2.193	-198.17
		97	-2098.573	169.132	0.095	0.011	-1.832	-443.534
44 1.2DL+1.6		25	2151.073	-168.969	-0.386	-0.008	2.940	-198.66

Gambar 3. Analisis Kolom

Sumber : Hasil Analisis StaadPro

Berikut adalah langkah dalam mendesain kolom:

1. Mencari nilai aksial lentur (gaya dalam) dengan kondisi P max. Pmin. Mx Max. Min Mx. My Max. My min. dan gaya geser yang terjadi
2. Menentukan data spesifikasi kolom tersebut. mulai dari tinggi kolom. dimensi penampang. diameter tulangan. selimut beton. tinggi balok yang menumpu pada kolom. mutu beton dan mutu baja
3. Harus memenuhi :
 - a. Syarat gaya aksial ($Pu > 0.1 Ag fc'$)
 - b. Syarat Sisi Terpendek ($b \geq 300 \text{ mm}$)
 - c. Syarat rasio dimensi penampang ($\frac{b}{h} \geq 0.4$)
4. Pengecekan Gaya dalam lentur. dengan memasukkan rencana jumlah tulangan.
5. Analisa kolom dengan SCWB. mendapatkan nominal kolom dari kondisi Pmax.
6. Cek SCWB dengan rumus $(2 \times Mnc \geq 1.2 \times (Mnbalok- + Mnbalok+))$
7. Hitung tinggi efektif, ($d = b - d'$)
8. Coba input kebutuhan besi hingga As total nantinya menghasilkan kondisi hancur tarik.
9. Hitung nilai ρbalance,

$$\rho b = 0.85 \times \beta 1 \times \frac{fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$
10. Dapatkan nilai eksentrisitas (e), $e = \frac{Mu \text{ max}}{Pu \text{ Max}}$
11. Hitung nilai (M) dengan rumus, $M = \frac{fy}{0.85fc'}$
12. Hitung nilai ρ, dengan rumus $\rho = \frac{As \text{ total}}{b \times h}$
13. Hitung nilai (Cb), dengan rumus $Cb = \frac{600 \times b}{600 + fy}$
14. Hitung nilai (ab), dengan rumus $0.85Cb$
15. Hitung nilai (fs)' untuk mengetahui kondisi tulangan tekan belum luluh atau sudah luluh dengan rumus, $fs' = \frac{0.003 \times Es \times (Cb - d')}{cb}$

Jika nilai fy < fs' maka gunakan nilai fy. Jika sebaliknya maka nilai fs' dipakai.

16. Hitung nilai As max dan As min,

$$Asmax = 0.75 \rho b \times b \times d$$

$$Asmin = \frac{1}{4} \times fy \times b \times d$$
17. Hitung Luas Diameter besi dan As terpasang

$$Luas \text{ dB} = 3.14 \times 0.25 \times dB^2$$

$$Ast = \text{jml tulangan} \times Luas \text{ dB}$$
18. Hitung nilai ϕPnb dengan rumus

$$\phi Pnb = 0.65(0.85fc' \times ab \times b) + (As' \times Fs') + (Astotal \times fy)$$
19. Jika ϕPnb > Pu, maka kolom sudah dipastikan dalam kondisi hancur Tarik.
20. Hitung ϕPn, akibat eksentrisitas

$$\phi P_n = 0.85 f_c' \cdot b \cdot d \left(\frac{h - 2e}{2d} \right) + \sqrt{(h - 2e/2d)^2 + 2 \cdot m \cdot p \cdot (1 - \frac{d'}{d})}$$

Sementara untuk sengkang, perlu didapatkan nilai geser ultimit (Vu) dan P ultimit (Pu), dan dapat dihitung sebagai berikut,

1. Hitung nilai (Ag) atau luas dimensi penampang
2. Hitung geser nominal (Vn) dengan rumus,

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

3. Hitung nilai tahanan geser beton (Vc),

$$V_c = 1 + \left(\frac{P_u \times 1000}{14 \times A_g} \right) \times \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d \right)$$

4. Hitung nilai ϕV_c dan $0.5 V_c$, jika nilai $V_u > V_c$ maka V_u digunakan. Jika nilai $V_u < V_c$ maka cari nilai V_s min.

5. Hitung nilai Luas Geser minimum (Av min),

$$A_v \text{ Min} = \frac{h \times s}{3 \times f_y}$$

6. Hitung nilai tahanan geser baja minimum (Vs min)

$$V_{s \text{ min}1} = 0.062 \times \sqrt{f_c'} \times b \times h$$

$$V_{s \text{ min}2} = 0.35 \times b \times d$$

Gunakan nilai terbesar dari Vs min1, dan Vs min 2.

7. Cek nilai Vs terhadap Vs

$$V_{s \text{ min}} < \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times h$$

Jika Vs lebih besar maka tidak perlu diperlebar penampang kolom.

8. Cek spasi sengkang

$$\frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times h < \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times h$$

9. Hitung S perlu dan S max

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \times 1000}$$

$$S_{\text{max}1} = 0.5d$$

$$S_{\text{max}2} = h/4$$

Sementara untuk S pakai < (S, Smax 1 & Smax 2)

Desain Tangga

Adapun struktur plat tangga akan didesain sebagai berikut :

1. Penentuan data plat tangga, tebal plat, tebal spesi dan beban rencana.

2. Analisa Pembebanan

- a. Hitung beban mati plat, termasuk komponen arsitekturalnya.

$$\text{Pelat} = \left(\frac{t_{\text{plat}}}{\cos \alpha} \times \frac{t_{\text{plat}}}{2} \right) \times b_j \text{ beton}$$

- b. Hitung beban hidup pada plat dengan kombinasi

$$Q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

- c. Hitung beban terpusat pada bordes

$$P = b \times 0.5 \times h \times Q_u$$

$$L = L - 0.5 \times b \text{ plat bordes}$$

$$\text{Mu bordes} = \frac{0.9 \times P \times L^2}{L}$$

$$\text{Mu tangga} = \frac{1}{10} \times q_u \times L^2$$

3. Hitung As max dan As min

$$\rho_{\text{max}} = \frac{\phi 0.85 f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y}$$

4. Hitung nilai d = tebal plat - selimut beton

$$\text{5. Hitung nilai } R_n, R_n = \frac{M_u \times 10^6}{0.8 \times 1000 \times d^2}$$

$$\text{6. Hitung } W, W = \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.353 \times R_n}{f_c'} \right)} \right)$$

7. Hitung $\rho_{\text{pakai}} = 0.311 \times f_c' \times f_y$

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{pakai}} \leq \rho_{\text{max}}$$

8. Hitung As pakai dan As' pakai

$$\text{As pakai} = \rho \times 1000 \times d \text{ (tulangan tarik)}$$

$$\text{As' pakai} = 0.002 \times 1000 \times d \text{ (tulangan tekan)}$$

9. Asumsi tulangan bagi

$$\text{As} = \frac{\text{As tarik}}{\text{As tekan}} \times 100$$

Desain Pondasi

Tabel 6. N-SPT

DB-01			DB-01b		
Elv. (m)	N-SPT	Cu (ton/m ³)	Elv. (m)	N-SPT	Cu (ton/m ³)
-1.5	2.00	1.20	-1.5	3.00	1.80
-3.5	5.00	3.00	-3.5	9.00	5.40
-5.5	5.00	3.00	-5.5	12.00	7.20
-7.5	12.00	7.20	-7.5	27.00	16.20
-9.5	10.00	6.00	-9.5	25.00	15.00
-11.5	32.00	19.20	-11.5	27.00	16.20
-13.5	43.00	25.80	-13.5	7.14	4.29
-15.5	2.50	1.50	-15.5	2.50	1.50
-17.5	4.17	2.50	-17.5	4.17	2.50
-19.5	3.33	2.00	-19.5	3.33	2.00

Sumber : PT. Bina Karya

Ukuran (D)	= 0.5 m
Kedalaman (H)	= 15 m
Tebal Pilecap (HP)	= 0.6 m
Kedalaman Pondasi (LF)	= 13.84 m
Luas Penampang (Ap)	= 0.25 m ²
Keliling penampang (p)	= 1.57 m

Luas Selimut (p.Lf)	= 23.55 m ²
Selimut beton	= 20 mm
Mutu beton fc'	= 25 MPa
Mutu besi fy	= 420 MPa
Berat sendiri (WP) (Ap.Lf.BJ)	= 90 ton/m ³

Berikut Langkah perhitungan desain tiang pondasi

1. Perhitungan kapasitas tiang

- a. Tentukan karakter tanah dan nilai Cu dari data N-SPT, dapatkan juga faktor konus (NKt).
- b. Plot nilai Cu dan Eu pada tabel OCR *Vermeer dan Verger, 1995*
- c. Perhitungan daya dukung ujung tiang (Qp)
 $Qp = 40 \times Nb \times Ap$
- d. Perhitungan daya dukung selimut tiang (Qs)
 $Qs_x = (\text{Rerata } N - \text{SPT s.d kedalaman} - 15m)$
 $Qs = Qs_x \times \text{Luas selimut tiang}$
- e. Hitung Daya dukung (Qult) dan Daya dukung izin (Qall)
 $Qult = Qs + Qp$
 $Qall = \frac{Qult}{SF}$
- f. Rencanakan jumlah dan jarak (S)
Jumlah tiang = Pu/Qall
 $S = 3 \times (D^2) \times 1000$
digunakan 3 karena Qs lebih besar daripada Qp
- g. Hitung Penurunan tanah konsolidasi (Sc) dan Penurunan segera (Si)
 $Sc = \frac{Cc}{H} + (1 + e0) \times \log(\sigma0 - \frac{\sigma1}{\sigma0})$
 $Si = \frac{Qp \times Cp}{D \times qp}$
Stotal = Si + Sc
- h. Hitung penurunan izin (S izin)
 $Stot \leq 15cm + \frac{b}{600}$

1. Penulangan Pilecap

- a. Dapatkan data material dan geometri tiang yang direncanakan
- b. Input nilai Mu dari reaksi tumpuan kolom
- c. Asumsikan diameter besi pilecap dan jarak
- d. Hitung As pakai
 $Aspakai = (1000/s) \times \frac{\pi}{4} \times dB^2$
- e. Hitung As min
 $Asmin = 0.18\% \times 1000 \times d$

- f. Hitung tinggi blok tekan (a)
 $a = \frac{As \times fy}{0.85fc' \times h}$
- g. Hitung momen nominal (ϕMn)
 $\phi Mn = \phi \times As \times fy \times (d - \frac{a}{2})$
- h. Rasio DCR
 $\frac{Mu}{Mn} \leq 1 (OK)$

2. Penulangan *bored pile*

- a. Dapatkan data material dan geometri tiang yang direncanakan
- b. Input nilai beban, momen dan geser.
- c. Asumsikan diameter besi utama dan sengkang.
- d. Hitung As terpasang (Ast)
 $Ast = n \times \frac{\pi}{4} \times dB^2$
- e. Hitung Luas penampang (Ap)
 $Ap = \frac{\pi}{4} \times D^2$
- f. Hitung rasio tulangan
 $\rho = Ast / (\frac{\pi}{4} \times D^2)$
- g. Hitung momen nominal (ϕMn)
 $\phi Mn = \phi \times As \times fy \times (d - \frac{a}{2})$
- h. Rasio DCR
 $\frac{Mu}{Mn} \leq 1 (OK)$

Perhitungan sengkang *bored pile* secara garis besar sama dengan perhitungan sengkang dalam kolom

1. Hitung geser nominal (Vn) dengan rumus,
 $Vn = Vu / \phi$
2. Hitung nilai tahanan geser beton (Vc)
 $Vc = 1 + (\frac{Pu \times 1000}{14 \times Ag}) \times (\frac{1}{6} \sqrt{fc'}) \times b \times d$
3. Hitung nilai ϕVc dan $0.5 Vc$, jika nilai $Vu > Vc$ maka Vu digunakan. Jika nilai $Vu < Vc$ maka cari nilai Vs min.
4. Hitung nilai Luas Geser minimum (Av min),
 $Av Min = \frac{h \times s}{3 \times fy}$
5. Hitung nilai tahanan geser baja minimum (Vs min)
 $Vsmin1 = 0.062 \times \sqrt{fc'} \times b \times h$
 $Vsmin2 = 0.35 \times b \times d$
Gunakan nilai terbesar dari Vs min1, dan Vs min 2.
6. Cek nilai Vs terhadap Vs
 $Vs min < \frac{2}{3} \times \sqrt{fc'} \times b \times h$,

jika V_s lebih besar maka tidak perlu diperlebar penampang kolom.

7. Cek spasi sengkang

$$\frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times h < \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times h$$

8. Hitung S perlu dan S max

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \times 1000}$$

$$S_{max1} = 0.5d$$

$$S_{max2} = h/4$$

Sementara untuk S pakai < Min (S , S_{max1} & S_{max2})

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode perhitungan pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1726:2019, untuk gempa mengacu pada SNI 1727:2020, sementara untuk penulangan nantinya akan mengacu pada SNI 2847:2019 dan beberapa literasi lain. Berikut akan ditampilkan hasil *preliminary design*, pembebanan, *check serviceability*, dan penulangan.

Hasil Preliminary Design

Tabel 7. Hasil Preliminary Design

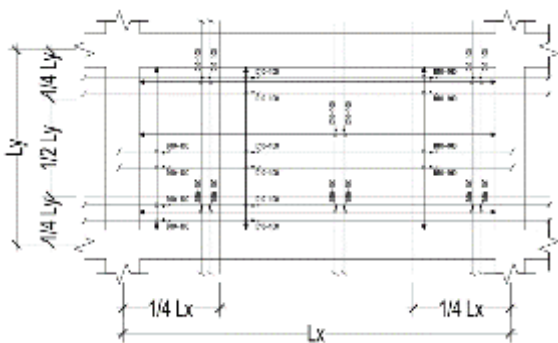
Lantai	Balok Induk	Balok Anak	Kolom	Plat
1	500 x 700	250 x 350	700 x 700	160
2	500 x 700	250 x 350	600 x 600	160
3	500 x 700	250 x 350	600 x 600	160
4	500 x 700	250 x 350	500 x 500	10
LTO	350 x 500	200 x 250	400 x 400	150

*catatan : satuan dalam milimeter (mm)

Hasil Desain Plat

Tabel 8. Rekap Penulangan Plat

	Arah X	Arah Y
Plat Lantai	D10-100	D10-100
Plat Atap	D10-125	D10-200



Gambar 4. Skematik Tulangan Plat Lantai

Hasil Desain Balok

B57 (L1 AS A-C)		B2A3A (L1 AS A-C)	
TULANGAN LAPANGAN TARIK	7 D25	TULANGAN LAPANGAN TARIK	4 D13
TULANGAN LAPANGAN TEKAN	4 D25	TULANGAN LAPANGAN TEKAN	2 D13
TULANGAN TUMPUAN TARIK	8 D25	TULANGAN TUMPUAN TARIK	6 D13
TULANGAN TUMPUAN TEKAN	4 D25	TULANGAN TUMPUAN TEKAN	3 D13
SENGKANG TUMPUAN	3D13-75	SENGKANG TUMPUAN	2D10-75
SENGKANG LAPANGAN	3D13-75	SENGKANG LAPANGAN	2D10-100

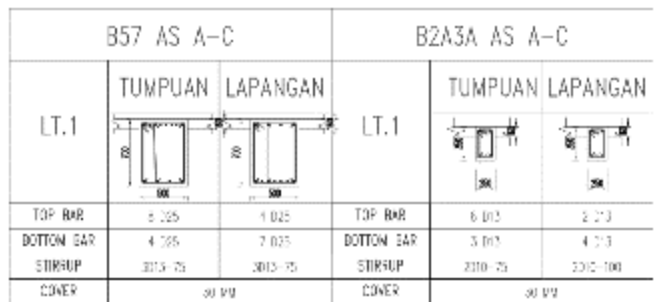
B57 (L2 AS A-C)		B2A3A (L2 AS A-C)	
TULANGAN LAPANGAN TARIK	5 D16	TULANGAN LAPANGAN TARIK	3 D13
TULANGAN LAPANGAN TEKAN	3 D16	TULANGAN LAPANGAN TEKAN	2 D13
TULANGAN TUMPUAN TARIK	9 D16	TULANGAN TUMPUAN TARIK	3 D13
TULANGAN TUMPUAN TEKAN	5 D16	TULANGAN TUMPUAN TEKAN	2 D13
SENGKANG TUMPUAN	2D13-75	SENGKANG TUMPUAN	2D10-75
SENGKANG LAPANGAN	2D13-100	SENGKANG LAPANGAN	2D10-125

B57 (L3-4 AS A-C)		B2A3A (L3-4 AS A-C)	
TULANGAN LAPANGAN TARIK	5 D16	TULANGAN LAPANGAN TARIK	5 D13
TULANGAN LAPANGAN TEKAN	3 D16	TULANGAN LAPANGAN TEKAN	3 D13
TULANGAN TUMPUAN TARIK	6 D16	TULANGAN TUMPUAN TARIK	5 D13
TULANGAN TUMPUAN TEKAN	3 D16	TULANGAN TUMPUAN TEKAN	3 D13
SENGKANG TUMPUAN	3D13-75	SENGKANG TUMPUAN	2D10-75
SENGKANG LAPANGAN	3D13-100	SENGKANG LAPANGAN	2D10-100

B57 (L1-4 AS C-J)		B2A3A (L1-4 AS C-J)	
TULANGAN LAPANGAN TARIK	6 D13	TULANGAN LAPANGAN TARIK	5 D10
TULANGAN LAPANGAN TEKAN	3 D13	TULANGAN LAPANGAN TEKAN	3 D10
TULANGAN TUMPUAN TARIK	6 D13	TULANGAN TUMPUAN TARIK	5 D10
TULANGAN TUMPUAN TEKAN	3 D13	TULANGAN TUMPUAN TEKAN	3 D10
SENGKANG TUMPUAN	2D10-75	SENGKANG TUMPUAN	1.5D10-50
SENGKANG LAPANGAN	2D10-125	SENGKANG LAPANGAN	1.5D10-100

B3A5 (LTO)		B22A (LTO)	
TULANGAN LAPANGAN TARIK	5 D13	TULANGAN LAPANGAN TARIK	3 D10
TULANGAN LAPANGAN TEKAN	2 D13	TULANGAN LAPANGAN TEKAN	2 D10
TULANGAN TUMPUAN TARIK	6 D13	TULANGAN TUMPUAN TARIK	3 D10
TULANGAN TUMPUAN TEKAN	3 D13	TULANGAN TUMPUAN TEKAN	2 D10
SENGKANG TUMPUAN	2D10-75	SENGKANG TUMPUAN	1D8-50
SENGKANG LAPANGAN	2D10-125	SENGKANG LAPANGAN	1D8-100

Gambar 5. Rekap Tulangan Struktur Balok



Gambar 6. Potongan Balok

Hasil Desain Kolom

Tabel 9. Rekap Pembesian Kolom

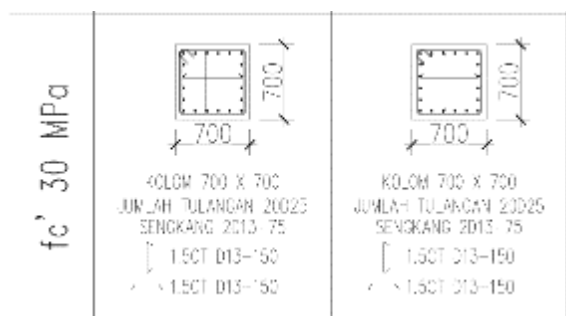
LT	TYP.	DIMEN SI (mm)	TUL. UTAMA	SENGKANG
1	K1	700x700	20 D25	2D13-150
	KTG	700x700	20 D25	2D13-150
2	K1	600x600	16 D19	2D13-150
	KTG	600x600	16 D19	2D13-150
3	K1	600x600	16 D19	2D13-150
	KTG	600x600	16 D19	2D13-150
4	K1	500x500	12 D19	2D13-125
	KTG	500x500	12 D19	2D13-125
	K1	400x400	8 D16	2D13-100

LT O	KTG	400x400	8 D16	2D13-100
---------	-----	---------	-------	----------

Desain Pondasi

Tabel 11. Rekap Tulangan Pondasi

ELEME N	KETERANGA N	TULANG AN	JML TIANG
PILECAP P1	Tulangan Atas	D19-100	4
	Tulangan Bawah	D19-90	
PILECAP P2	Tulangan Atas	D19-90	8
	Tulangan Bawah	D19-90	
BORED PILE	Tulangan Utama	12 D19	
	Tulangan Sengkang	D13-100	

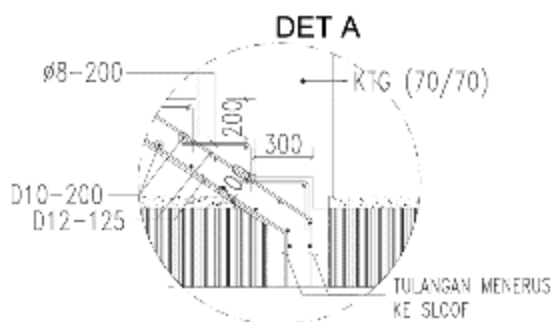


Gambar 7. Potongan Kolom

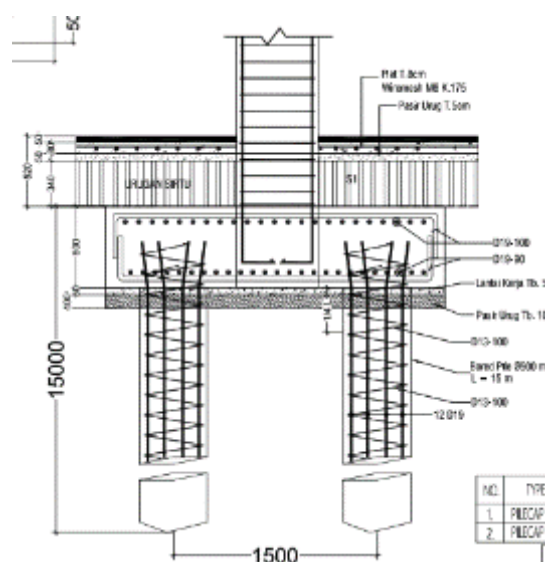
Hasil Desain Plat Tangga

Tabel 10. Penulangan Plat Tangga

Elemen	Keterangan	Kebutuhan
Tangga	Tulangan Atas	Ø12 - 125
	Tulangan Bawah	Ø8 - 125
	Tulangan Bagi	Ø8 - 200
Bordes	Tulangan Atas	Ø12 - 125
	Tulangan Bawah	Ø8 - 125



Gambar 8. Detail A – penulangan plat tangga



Gambar 9. Potongan PC-1

4. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan dari pekerjaan diatas sebagai berikut :

1. Hasil preliminary menunjukkan bahwa dimensi balok induk menggunakan 500 x 700 mm, dimensi balok anak adalah 250 x 350 mm. Kedua balok tersebut bersifat tipikal dari lantai 1-4. Sementara untuk *top-off* memiliki dimensi 350 x 500 mm untuk balok induk, dan balok anak berdimensi 200 x 250 mm, dengan penulangan mulai dari D25 hingga D10. Mutu beton menggunakan $f_c' 25$ MPa dan mutu baja menggunakan $f_y 420$ MPa

2. Plat lantai dan atap menggunakan D10-100 untuk kedua arah dan ketebalannya adalah 160 mm, dengan mutu beton $f_c' 25$ MPa dan mutu baja BJTS 420B

3. Kolom sendiri memiliki dimensi 700 x 700 mm yang seiring mengecil hingga 400 x 400 mm. Dengan diameter besi yang digunakan adalah D25 hingga D13 dengan mutu besi BJTS 420-B dan mutu beton $f_c' 30$ MPa.

4. Struktur tangga merupakan elemen satu satunya elemen yang didesain menggunakan mutu besi $f_y 280$ MPa dan mutu beton $f_c' 20$ MPa, dengan plat tangga

dengan tebal 20 cm, dilengkapi *optrade* sekitar 30 cm dan *antrade* sekitar 20 cm.

5. Pada Pondasi terjadi perbesaran dimensi pada *pilecap* maupun *boredpile*, dimana *bored pile* menggunakan Ø500 mm dengan mutu besi fy 420 dan beton 30 MPa yang memiliki kapasitas sekitar 187 ton untuk 1 tiang, untuk

pilecap menggunakan mutu besi BJTS 420B, dengan jumlah besi 12D19 dan sengkang D13-100, sementara untuk *pilecap* memiliki ukuran terkecil sekitar 2500 x 2500 dengan tebal yang sama untuk semua tipe yaitu 600 mm. Untuk pembesian akan menggunakan besi bermutu BJTS 420B dengan dimensi D19, memiliki mutu beton fc' 25 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Camilla, S & Claudia, T. (2017). Perhitungan Struktur Gedung Rusunawa 5 Lantai di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Surabaya : Institut Teknologi Surabaya. Referensi Laporan
- [5] Ahmad, Faoji & Kusno, A Sambowo (2019). Perbandingan Tumpuan Jepit dan Sendi pada Struktur Power House ditinjau dari Segi Efisiensi Material dan Biaya (Studi Kasus Proyek PLTMG Seram Peaker). Jakarta : Program Studi Teknik Sipil Universitas Pancasila
- [6] Hakas P.dkk (2018). Analisis Tegangan Regangan dan Defleksi pada Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulang. Yogyakarta : Media Komunikasi Teknik Sipil UMY.
- [7] Talitha Zhafira, Indra Bagus Kurniawan, Purwanto, M Fahrul Hidayat, Hakas Prayuda.(2019). Analysis of Semarang City Mall Building According to SNI 2847:2019 and SNI 1726-2019. JCEP – UIB. 1:1
- [8] Astuti Masdar, Zuly Nelriska Wati, Umar Khatab, Anita Dewi Masdar, Noviarti.(2018) Assesment of the Multipurpose Building of Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. JCEP – UIB. 2:74.