BAB V

ANALISIS DAN DISAIN STRUKTUR

5.1. Data Perencanaan

Data perencanaan memuat data – data yang diperlukan dalam proses analisis

5.1.1. Parameter Bahan

fy	= kuat leleh baja karakteristik	= 36 ksi
f'c	= kuat desak beton karakteristik	= 4 ksi
Ec	= modulus elastisitas beton	= 1750 $\sqrt{f'c}$ = 3500 ksi

5.1.2. Asumsi yang digunakan

a) Tebal pelat atap = 100 mm

b) Tebal pelat lantai = 120 mm

c) Dimensi kolom = 600 x 800 mm ^{2}

d) Dimensi balok induk 1 = 250 x 500 mm ^{2}

e) Dimensi balok induk 2 = 400 x 800 mm ^{2}

f) Dimensi balok anak = 200 x 400 mm ^{2}

g) Dimensi sloof = 200 x 400 mm ^{2}

h) Tinggi antar tingkat = 4000 mm

i) Berat volume beton = 24 KN/m ^{3}

j) Berat volume pasangan batu bata = 17 KN/m ^{3}

k) Tata guna ruang sebagai perkantoran dengan beban hidup lantai 2,5KN/m^2 dan beban hidup atap 1 KN/m^2

l) Lapis kedap air = 0,02 m x 0,21 KN/m^3 = 0,42 KN/m^2

m) Penggantung + plafon = = 0,18 KN/m^2

n) Dusting AC = 0,15 KN/m^2

o) Pasir = 0,03m x 18 KN/m^3 = 0,54 KN/m^2

p) Spesi = 0,21m x 3 KN/m^3 = 0,63 KN/m^2

q) Tembok ½ bata = 0,15m. (4-0,8)m.17 KN/m^3 = 8,16 KN/m^2

Tabel 5.1 Profil Rencana Kolom

Lantai	Kolom	
	Kolom tepi	Kolom tengah
10	W14x120	W14x120
9	W14x120	W14x120
8	W14x120	W14x120
7	W14x120	W14x120
6	W14x120	W14x120
5	W14x311	W14 x 257
4	W14x311	W14 x 257
3	W14x311	W14 x 257
2	W14x311	W14 x 257
1	W14x311	W14 x 257

Tabel 5.2 Profil Rencana Balok

Lantai	BALOK			
	Balok induk 1 6m tepi	Balok induk 2 12m tepi	Balok induk 3 12 m tengah	Balol anak
10	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
9	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
8	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
7	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
6	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
5	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
4	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
3	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
2	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36
1	W14x 82	W21x 62	W24x 55	W16x 36

5.2. Perhitungan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Struktur

5.2.1. Perhitungan Beban Akibat Beban Gravitasi

Pada bab ini dilakukan perhitungan terhadap portal arah X dan Y

a. Beban Merata pada balok atap

1) Beban mati pada pelat atap (W_D)

Plat Atap (100 mm) = 0,1 m x 24 KN/m^3 = 2,4 KN/m^2

Lapis kedap air = 0,02 m x 0,21 KN/m^3 = 0,42 KN/m^2

Penggantung + plafon = = 0,18 KN/m^2

Dusting AC = 0,15 KN/m^2

W_D atap = 3,15 KN/m^2

2) Beban hidup plat atap

W_L atap = 1 KN/m^2

b. Pembebanan pada balok lantai

1) Beban mati pada pelat lantai (W_D)

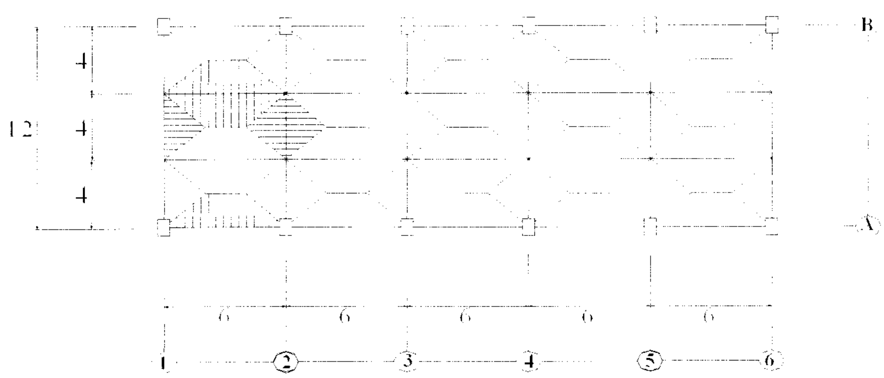
Plat lantai	= 0,12 m x 24 KN/m^3	= 2,88 KN/m^2
Keramik	= 1 KN/m^3 x 0,24 m	= 0,24 KN/m^2
Pasir	= 0,03 m x 18 KN/m^3	= 0,54 KN/m^2
Spesi	= 0,21m x 3 KN/m^3	= 0,63 KN/m^2
Dusting AC		= 0,15 KN/m^2
Penggantung + plafon		= <u>0,18 KN/m^2</u>
	W_D lantai	= 4,62 KN/m^2

Tembok ½ bata = 0,15m. (4-0,8)m.17 KN/m^3 = 8,16 KN/m^2

2) Beban hidup lantai perkantoran

W_L lantai = 2,5 KN/m^2

5.2.1.1. Pembebanan pada Portal Variasi 1



Gambar 5.1. Pembagian pembebanan pelat

a. Portal 1

1. Beban gravitasi pada balok atap

Gambar 5.2. beban merata dan terpusat balok atap portal 1

- Beban mati segitiga

$w_{D\,atap} = W_D \,.\, 2$

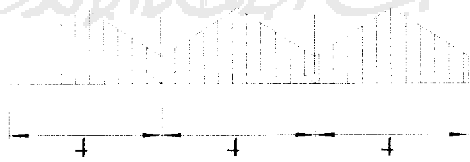
$= 3{,}15\ KN/m^2 \,.\, 2\ m \quad = 6{,}3\ KN/m'$

- Beban hidup segitiga

$w_{L\,atap} = W_L \,.\, 2$

$= 1\ KN/m^2 \,.\, 2\ m \qquad = 2\ KN/m'$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.3. beban merata dan titik balok lantai portal 1

- Beban mati segitiga

$w_{D\,lantai} = W_D \,.\, 2$

$= 4{,}62\ KN/m^2 \,.\, 2 \qquad = 9{,}24\ KN/m'$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m'
- Beban hidup segitiga

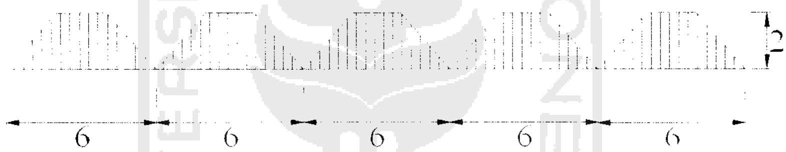
$w_{L\,lantai} = W_L \,.\, 2$

$= 2{,}5\ KN/m^2 \,.\, 2\ m \quad = 5\ KN/m'$

Untuk portal tengah, pembebanannya merupakan 2 kali pembebanan portal tepi tanpa beban mati dinding.

b. Portal A

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.4. beban merata balok atap portal A

- Beban mati trapesium

$w_{D\,atap} = W_D \,.\, 2$

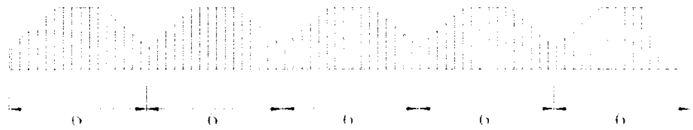
$= 3{,}15\ KN/m^2 \,.\, 2\ m \quad = 6{,}3\ KN/m'$

- Beban hidup trapesium

$w_{L\,atap} = W_L \,.\, 2$

$= 1\ KN/m^2 \,.\, 2\ m \quad = 2\ KN/m'$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.5. beban merata lantai portal A

- Beban mati trapesium

$w_{D\ lantai} = W_D \cdot 2$

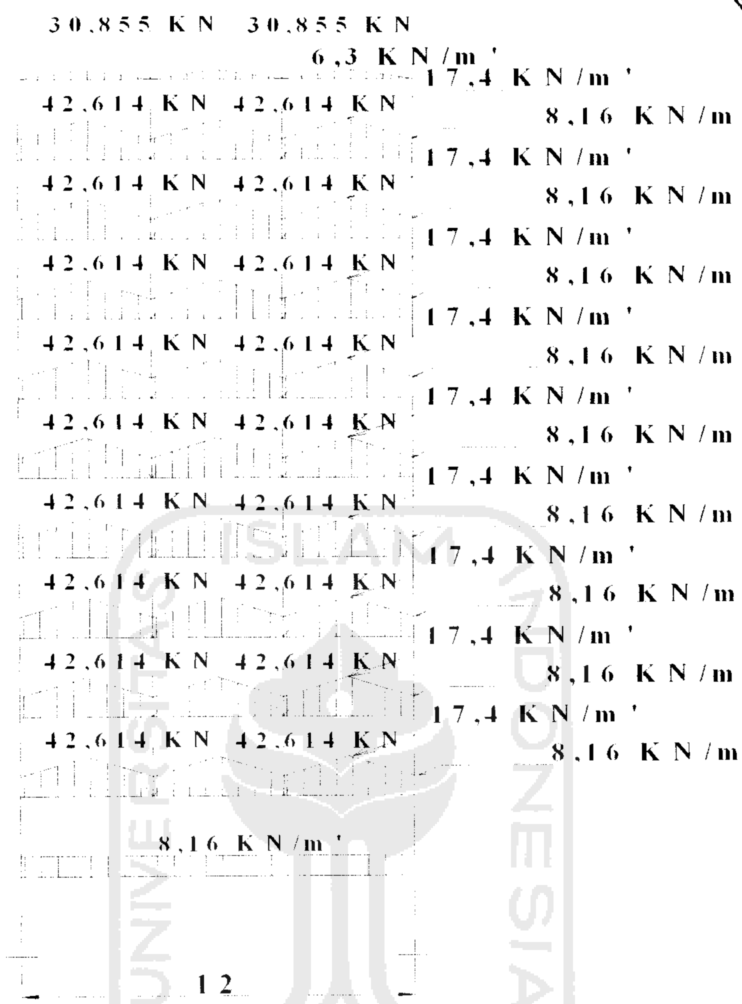
$= 4{,}62\ KN/m^2 \cdot 2\ m = 9{,}24\ KN/m'$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m'

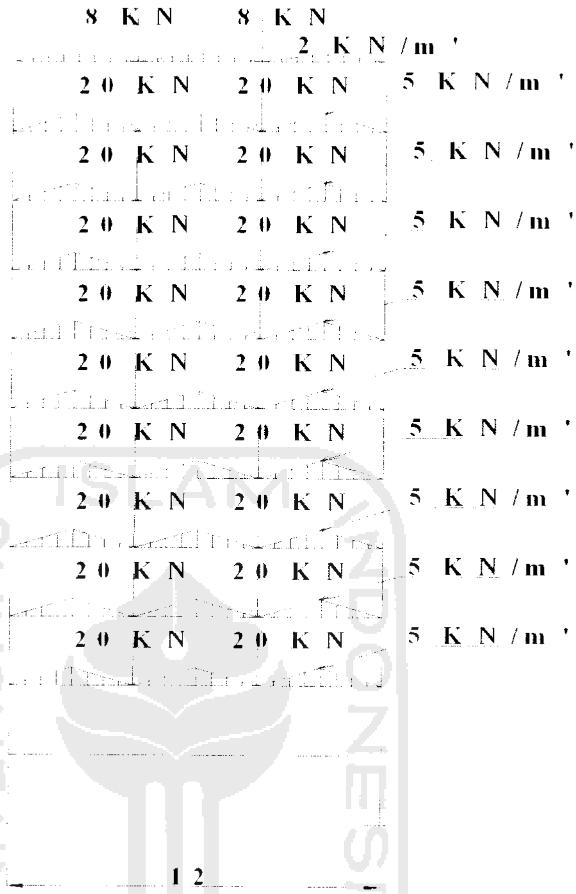
- Beban hidup trapesium

$w_{L\ lantai} = W_L \cdot 2$

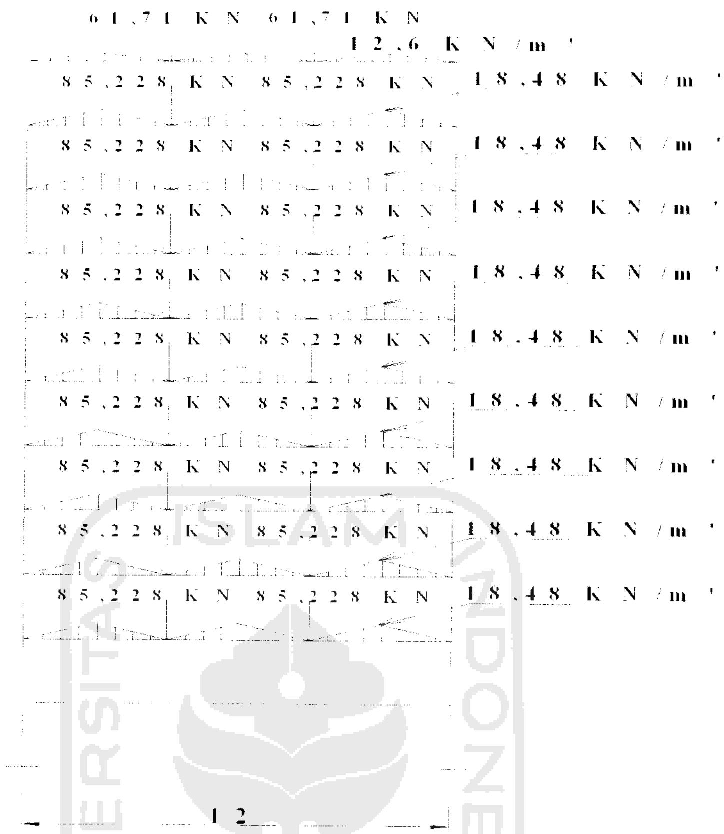
$= 2{,}5\ KN/m^2 \cdot 2\ m = 5\ KN/m'$



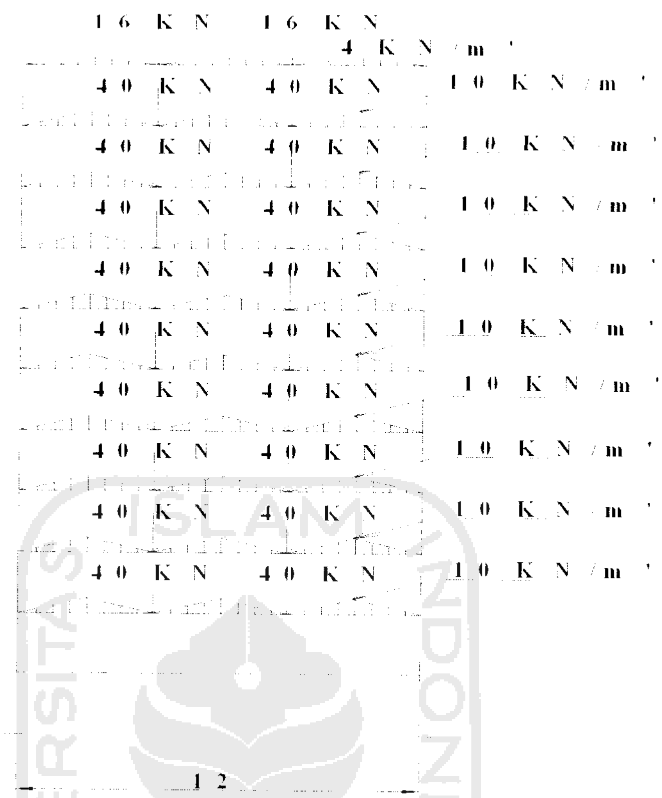
Gambar 5.6. Beban mati portal I V-1



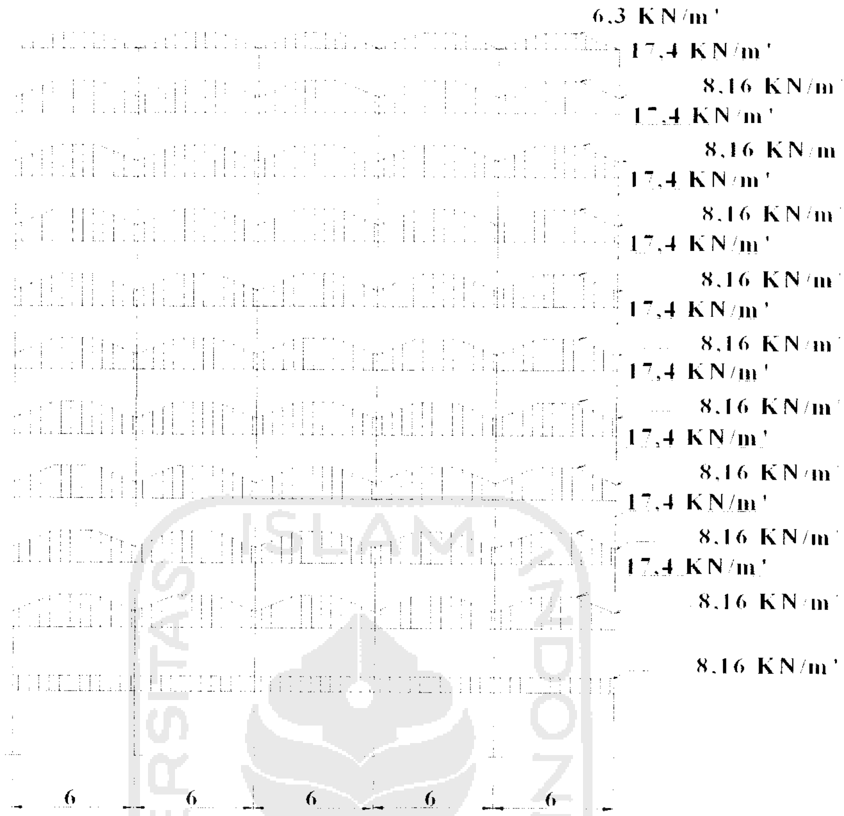
Gambar 5.7. Beban hidup portal 1 V-1



Gambar 5.8. Beban mati portal 2 V-1



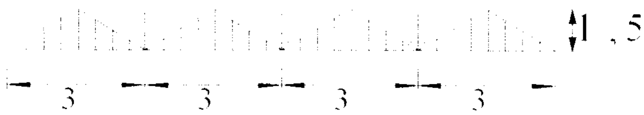
Gambar 5.9 Beban hidup portal 2 V-1



Gambar 5.10. Beban mati portal A V-1

a. Portal 1

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.13. beban merata dan terpusat balok atap portal 1

- Beban mati segitiga

$W_{D\,atap} = W_D \cdot 1{,}5$

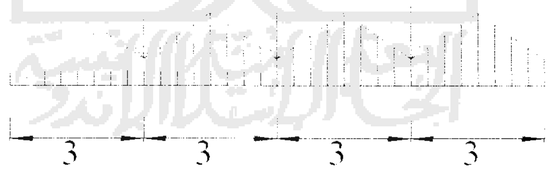
$= 3{,}15\ KN/m^2 \cdot 1{,}5m = 4{,}725\ KN/m'$

- Beban hidup segitiga

$W_{L\,atap} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 1\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \quad = 1{,}5\ KN/m'$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.14. beban merata dan terpusat balok lantai portal 1

- Beban mati segitiga

$W_{D\,lantai} = W_D \cdot 1{,}5$

$= 4{,}6\ KN/m^2\ 2 \cdot 1{,}5\ m \quad = 6{,}93\ KN/m'$

- Beban mati dinding= 8,16 KN/m'

- Beban hidup segitiga

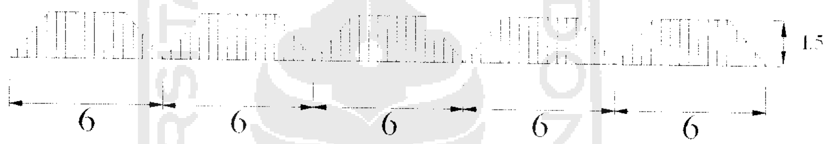
$w_{L lantai} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 2{,}5 \ KN/m^2 \cdot 1{,}5m \qquad = 3{,}75 \ KN/m'$

Untuk portal tengah, pembebanannya merupakan 2 kali pembebanan portal tepi tanpa beban mati dinding.

b. Portal A

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.15. beban merata balok atap portal A

- Beban mati trapesium

$w_{Datap} = W_D \cdot 1{,}5$

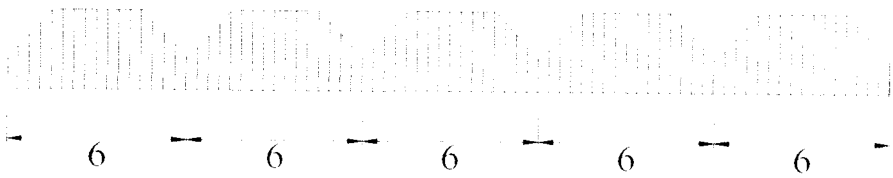
$= 3{,}15 \ KN/m^2 \cdot 1{,}5 \ m \qquad = 4{,}725 \ KN/m'$

- Beban hidup trapesium

$w_L = W_L \cdot 1{,}5$

$= 1 \ KN/m^2 \cdot 1{,}5 \ m \qquad = 1{,}5 \ KN/m'$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.16. beban merata lantai portal A

- Beban mati trapesium

$w_{Dlantai} = W_D \cdot 1{,}5$

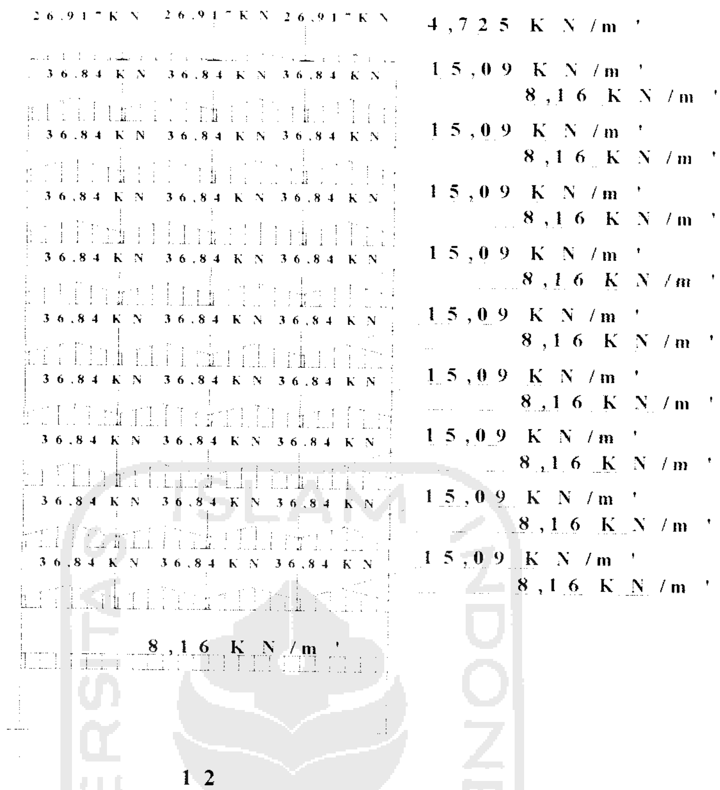
$= 4{,}62 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 6{,}93 \text{ KN/m'}$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m'

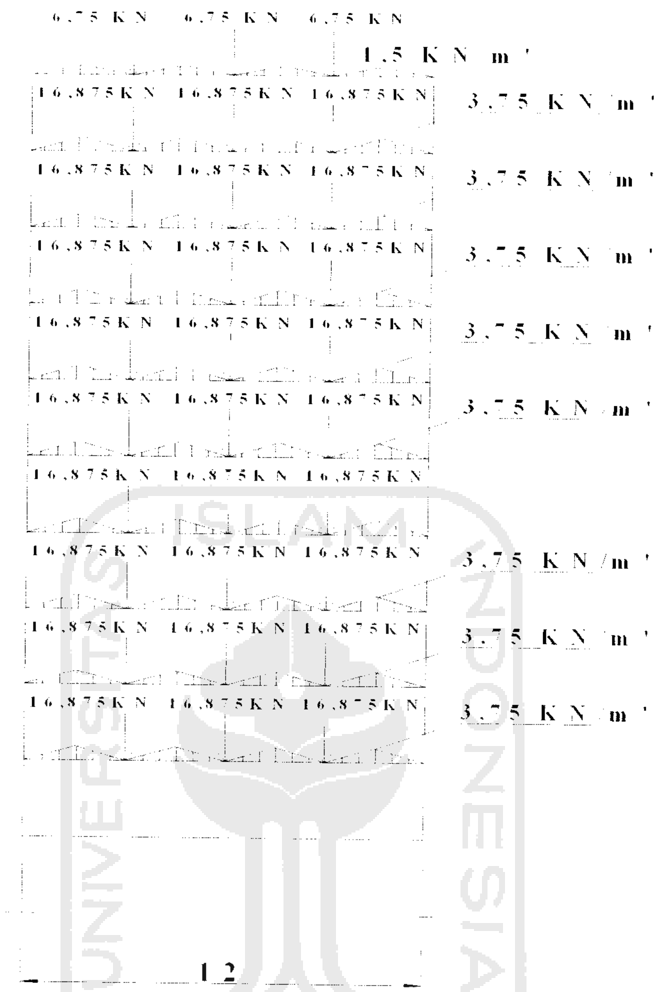
- Beban hidup trapesium

$w_{Llantai} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 2{,}5 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 3{,}75 \text{ KN/m'}$

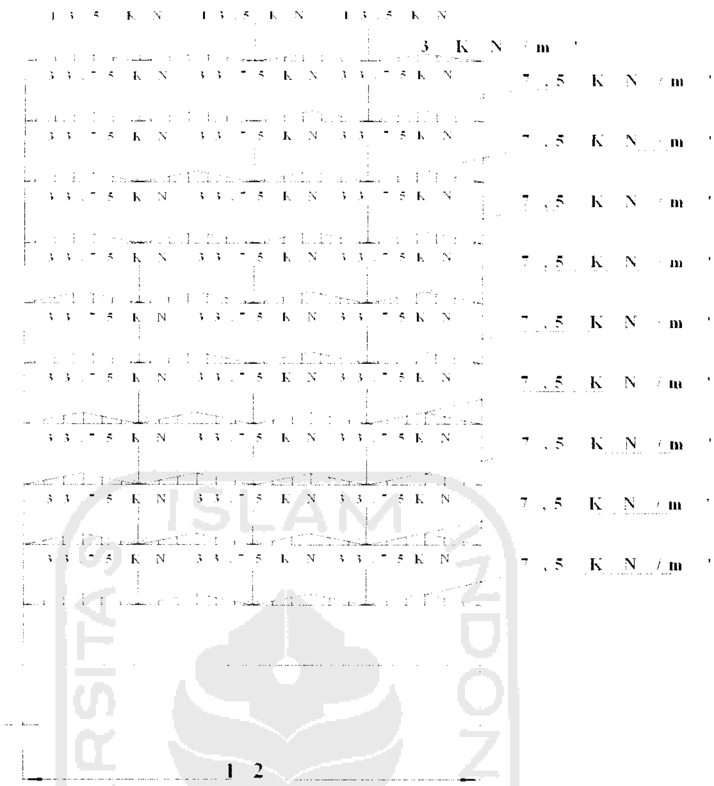


Gambar 5.17. Beban mati portal 1 V-2

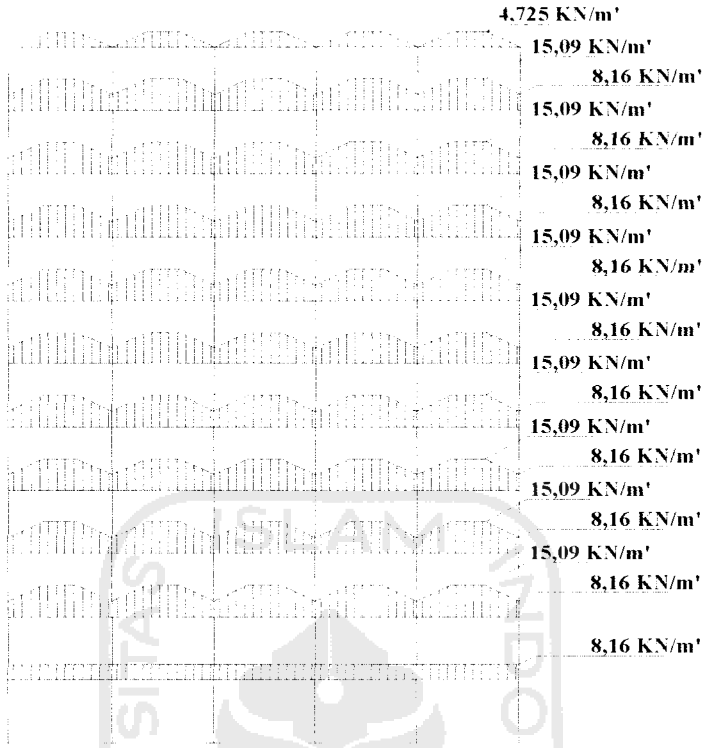


Gambar 5.18. Beban hidup portal I V-2

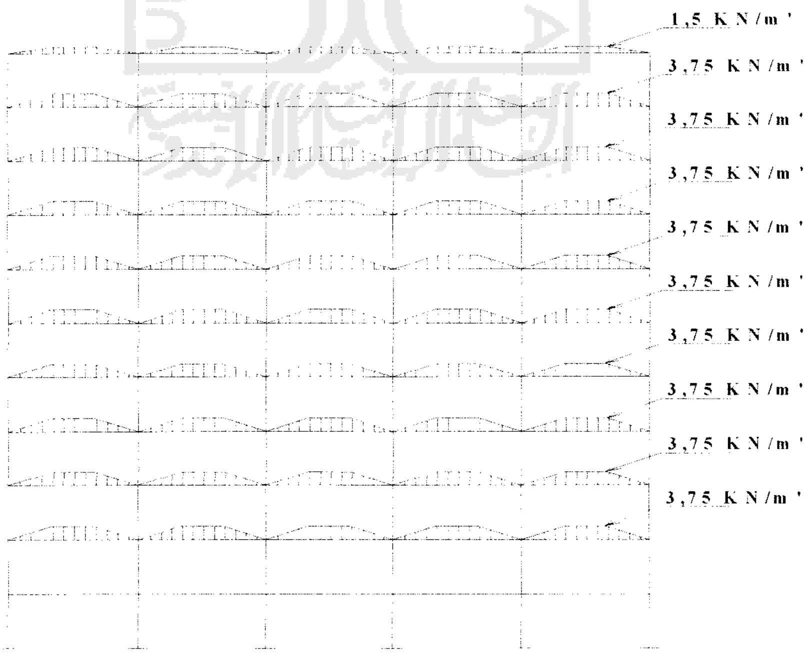
Gambar 5.19. Beban mati portal 2 V-2



Gambar 5.20. Beban hidup portal 2 V-2

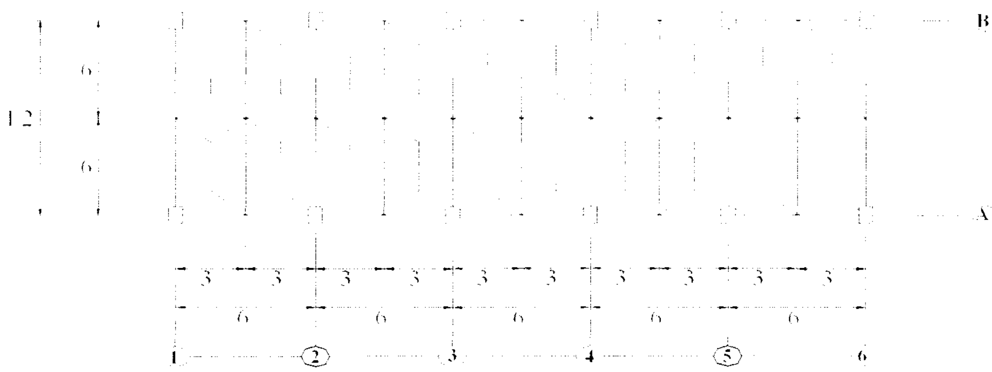


Gambar 5.21. Beban mati portal A V-2



Gambar 5.22. Beban hidup portal A V-2

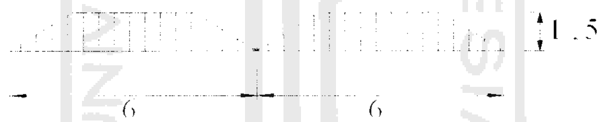
5.2.1.3. Pembebanan pada Portal Variasi 3



Gambar 5.23. Pembagian pembebanan pelat

a. Portal 1

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.24. beban merata dan titik balok atap portal 1

- Beban mati trapesium

$w_{Datap} = W_D \cdot 1{,}5$

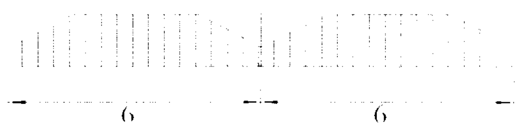
$= 3{,}15\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \qquad = 4{,}725\ KN/m'$

- Beban hidup trapesium

$w_{Latap} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 1\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \qquad = 1{,}5\ KN/m'$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.25. beban merata dan terpusat balok lantai portal 1

- Beban mati trapesium

$w_{Dlantai} = W_D \cdot 1{,}5$

$= 4{,}62 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 6{,}93 \text{ KN/m}'$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m`

- Beban hidup trapesium

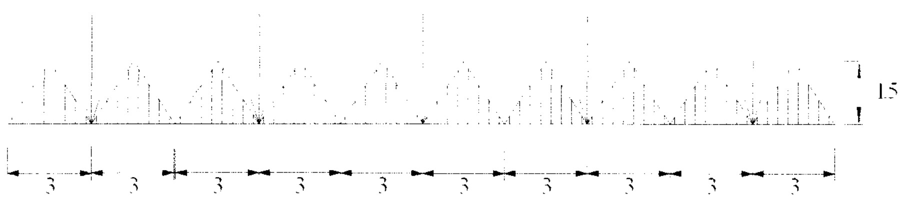
$w_{Llantai} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 2{,}5 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5\text{m} \qquad = 3{,}75 \text{ KN/m}'$

Untuk portal tengah, pembebanannya merupakan 2 kali pembebanan portal tepi tanpa beban mati dinding.

b. Portal A

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.26 beban merata dan terpusat untuk balok atap portal A

- Beban mati segitiga

$w_{Datap} = W_D \cdot 1{,}5$

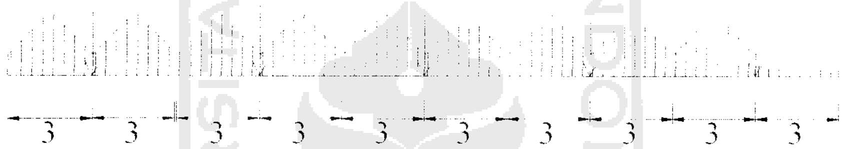
$= 3{,}15\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \qquad = 4{,}725\ KN/m'$

- Beban hidup segitiga

$w_{Latap} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 1\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \qquad = 1{,}5\ KN/m'$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.27. beban merata dan terpusat untuk balok lantai portal A

- Beban mati segitiga

$w_{Dlantai} = W_D \cdot 1{,}5$

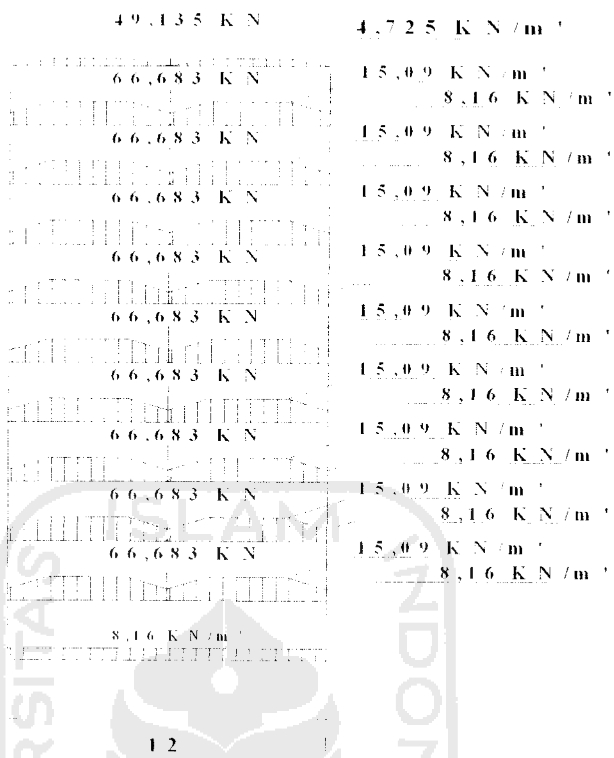
$= 4{,}62\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \qquad = 6{,}93\ KN/m'$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m'

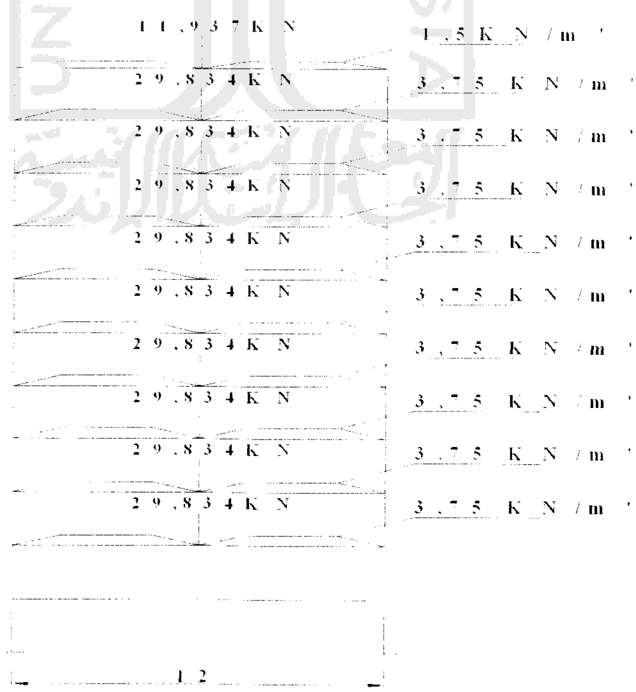
- Beban hidup segitiga

$w_{Llantai} = W_L \cdot 1{,}5$

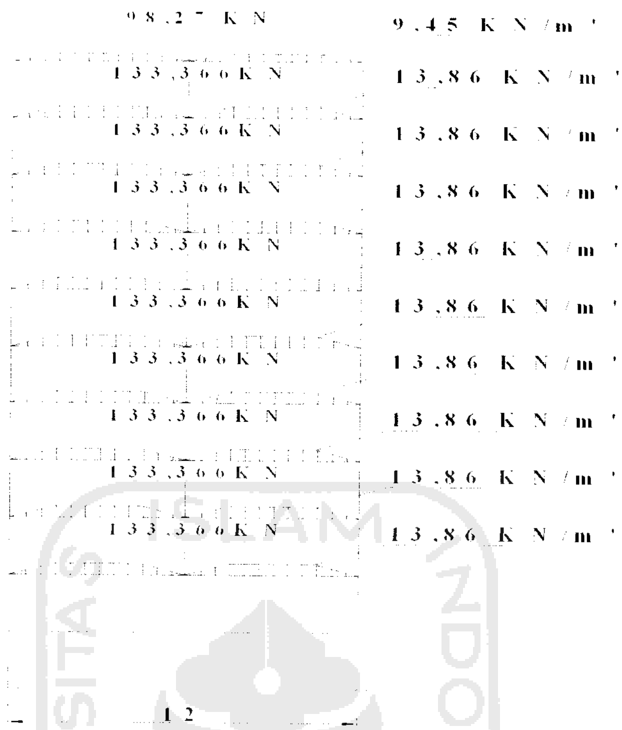
$= 2{,}5\ KN/m^2 \cdot 1{,}5\ m \qquad = 3{,}75\ KN/m'$



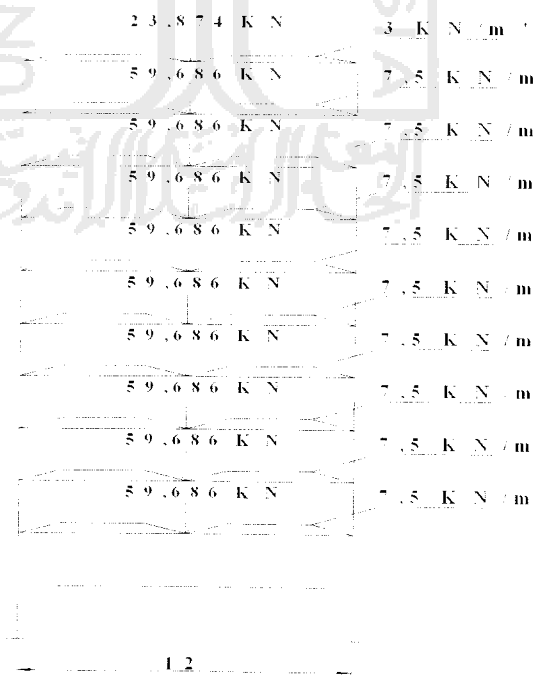
Gambar 5.28. Beban mati portal 1 V-3



Gambar 5.29. Beban hidup portal 1 V-3

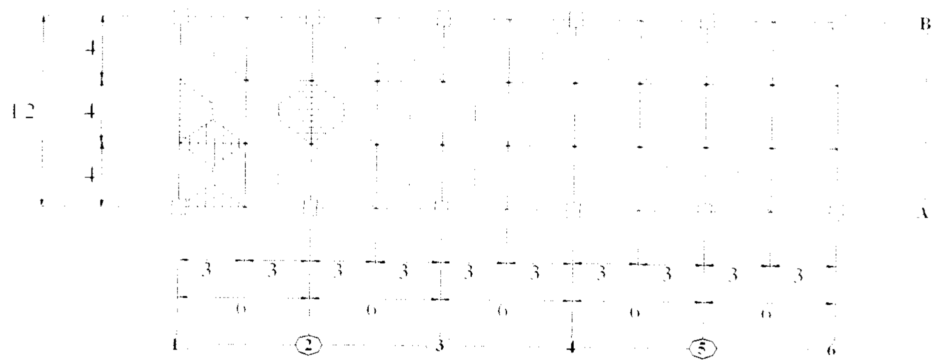


Gambar 5.30. Beban mati portal 2 V-3



Gambar 5.31. Beban hidup portal 2 V-3

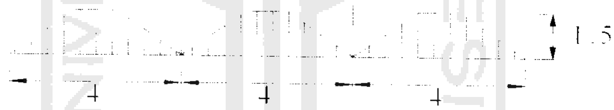
5.2.1.4. Pembebanan pada Portal Variasi 4



Gambar 5.34. Pembagian pembebanan pelat

a. Portal 1

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.35. beban merata dan titik balok atap portal 1

- Beban mati trapesium

$w_{Datap} = W_D \cdot 1{,}5$

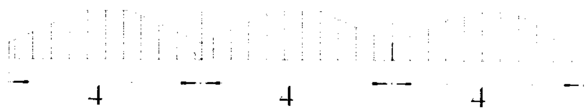
$= 3{,}15 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 4{,}725 \text{ KN/m'}$

- Beban hidup trapesium

$w_{Latap} = W_L \cdot 1{,}5$

$= 1 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 1{,}5 \text{ KN/m'}$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.36. beban merata dan terpusat balok lantai portal 1

- Beban mati trapesium

$w_D \quad = W_D \cdot 1{,}5$

$\quad = 4{,}62 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 6{,}93 \text{ KN/m'}$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m'

- Beban hidup trapesium

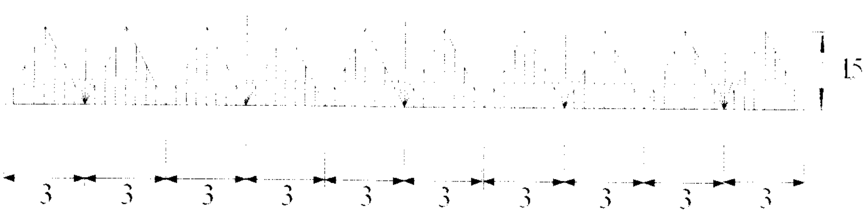
$w_L \quad = W_L \cdot 1{,}5$

$\quad = 2{,}5 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \qquad = 3{,}75 \text{ KN/m'}$

Untuk portal tengah, pembebanannya merupakan 2 kali pembebanan portal tepi tanpa beban mati dinding.

b. Portal A

1. Beban gravitasi pada balok atap



Gambar 5.37. beban merata dan terpusat untuk balok atap

- Beban mati segitiga

$w_{Datap} = W_D \cdot 1{,}5$

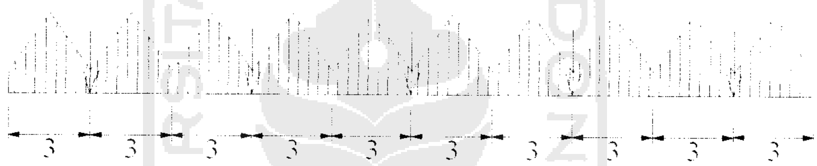
$= 3{,}15 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \quad = 4{,}725 \text{ KN/m'}$

- Beban hidup segitiga

$w_{Latap} = Q_L \cdot 1{,}5$

$= 1 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \quad = 1{,}5 \text{ KN/m'}$

2. Beban gravitasi pada balok lantai



Gambar 5.38. beban merata dan terpusat untuk balok lantai portal A

- Beban mati segitiga

$w_{Dlantai} = W_D \cdot 1{,}5$

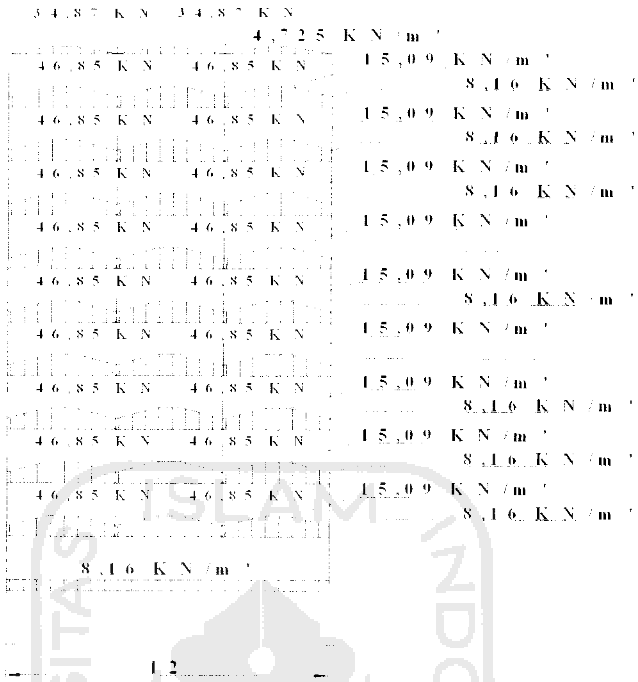
$= 4{,}62 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \quad = 6{,}93 \text{ KN/m'}$

- Beban mati dinding = 8,16 KN/m'

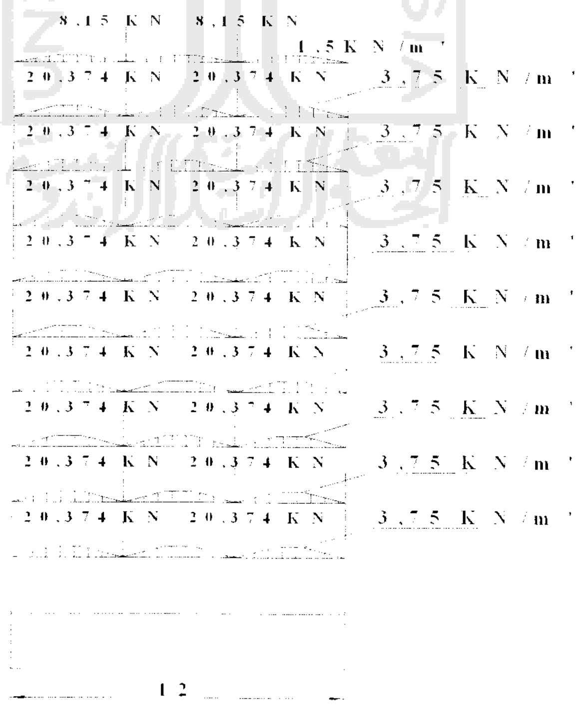
- Beban hidup segitiga

$w_{Llantai} = W_L \cdot 1{,}5$

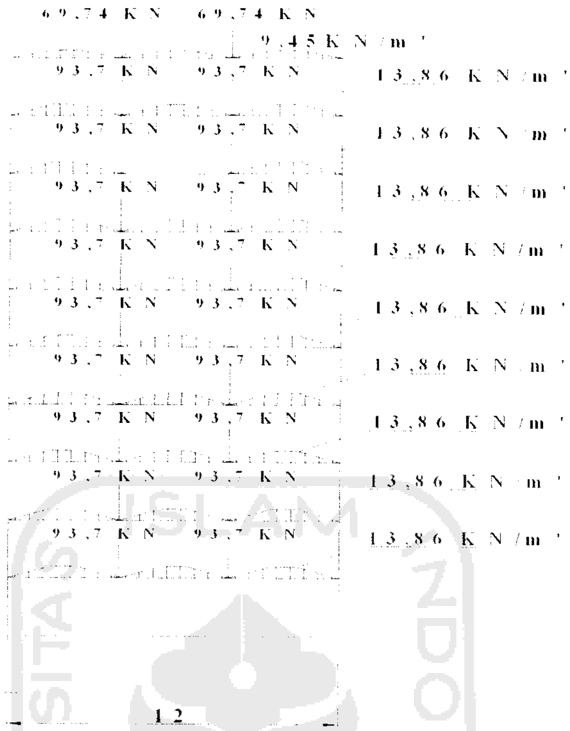
$= 2{,}5 \text{ KN/m}^2 \cdot 1{,}5 \text{ m} \quad = 3{,}75 \text{ KN/m'}$



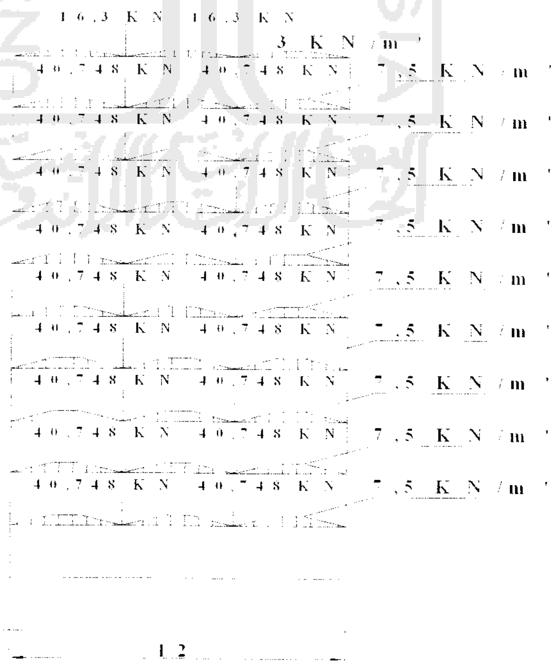
Gambar 5.39. Beban mati portal 1 V-4



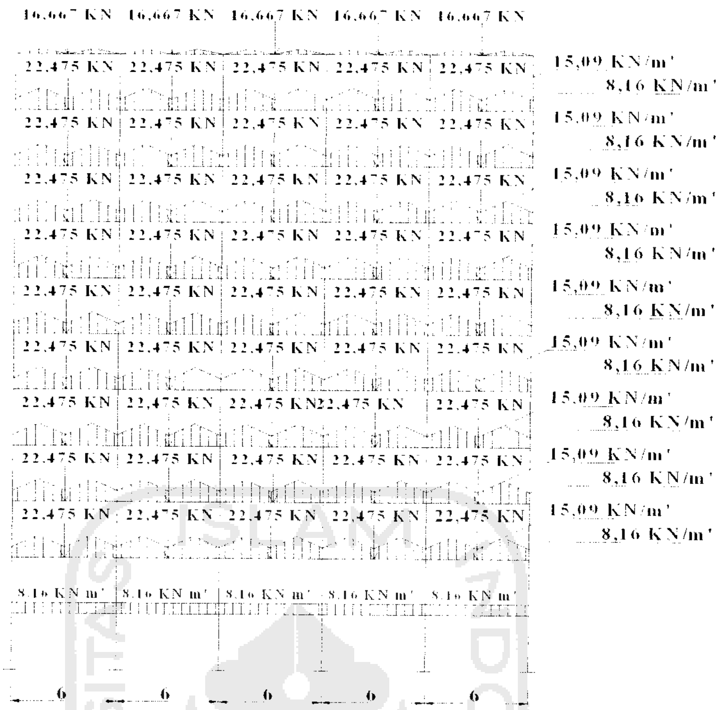
Gambar 5.40. Beban hidup portal 1 V-4



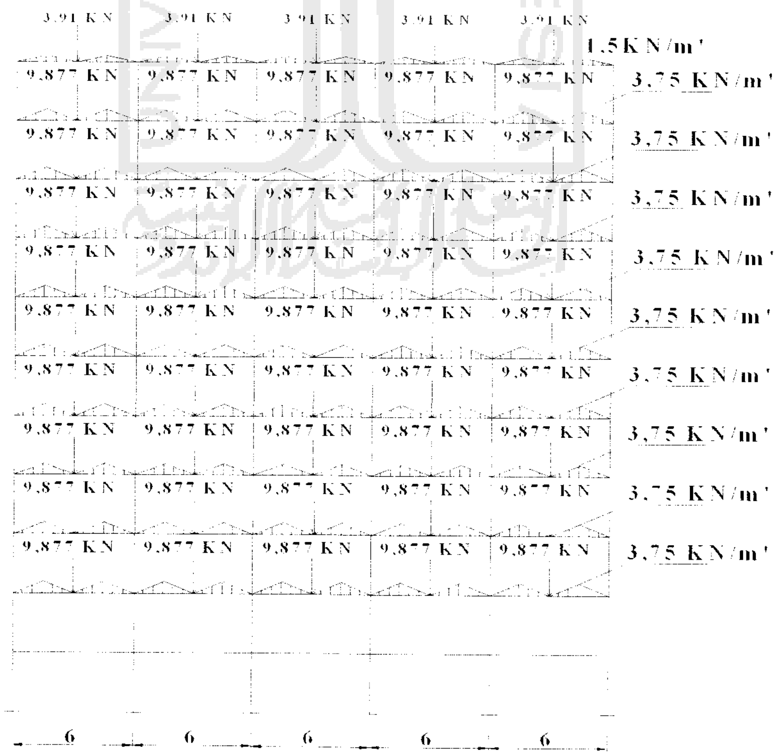
Gambar 5.41. Beban mati portal 2 V-4



Gambar 5.42. Beban hidup portal 2 V-4



Gambar 5.43. Beban mati portal A V-4



Gambar 5.44. Beban hidup portal A V-4

5.2.2. Perhitungan Beban Akibat Beban Gempa

Perhitungan gaya geser dasar horizontal akibat beban gempa diawali dengan menghitung berat total bangunan (Wt), menentukan waktu getar bangunan (T), koefisien gempa dasar (C), factor keutamaan (I), dan factor jenis struktur (K).

a. Berat Bangunan Total

Contoh perhitungan portal variasi 1

1. **Atap**

Beban mati (W_D)

Plat Atap = A.B.Q_D atap = 12,5m x 30,4m x 3,15 KN/m^2 = 11970,4 KN

Balok Induk $_1$ = b.h.I.b_j .jumlh= 0,25.(0,5-0,1) (6-0,6).24 KN/m^3.10 = 129,6 KN

Balok Induk $_2$ = b.h.I.b_j .jml= 0,4.(0,8-0,1)m.(12-0,8)m.24KN/m^3.6=451,584KN

Balok Anak $_1$ = b.h.I.b_j .juml= 0,2.(0,4-0,1)m. (6-0,4m.2 KN/$m^3$4.10= 80,64 KN

Kolom = b.h.1/2H.bj.jumlh = 0,6m.0,8m.2m.24 KN/m^3.12 =276,48 KN

+

W_D = 2135,30 KN

Beban hidup

W_L = a.b.Q_L.koef reduksi = 12,5.30,4.1.0.8 = 114,00 KN

+

W_t = 2249,30 KN

2. Lantai 10

Beban mati

Plat Lantai = A.B.Q_{Dl} lantai = 12,5m.30,4m.4,62 KN/m^2 = 1755,6 KN

Balok $Induk_1$ = b.h.I.b_j .jml= 0,25.(0,5-0,12)m.(6-0,6)m.24KN/m^3 .10=123,12KN

Balok $Induk_2$ = b.h.I.b_j .jml=0,4.(0,8-0,12)m.(12-0,8)m.24KN/m^3 .6=438,682 KN

Balok $Anak_1$ = b.h.I.b_j .jml= 0,2.(0,4-0,12)m.(6-0,4)m.24 KN/m^3 .10= 75,264 KN

Kolom = 0,6m.0,8m.24 KN/m^3 .4.12 = 552,96 KN

$Tembok_1$ = tebal.L.H.bj.jml = 0,15m.(4-0,8)m.(12-0,8)m.17,2KN/m^3 =182,784KN

$Tembok_2$ = tebal.L.H.bj.jml = 0,15m.(4-0,5)m.(6-0,6)m.17 KN/m^3 .10=481,95KN

__________ +

W_D = 3610,36 KN

Beban hidup = a.b.Q_L .koef reduksi = 12,5m.30,4m.2,5 KN/m^2 .0,3 = 285,00 KN

__________ +

W_{total} = 3895,36 KN

3. Lantai 9,8,7,6,5,4,3,2, sama dengan lantai 10 (tipikal)

Maka berat total bangunan:

$Wt = W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7\ W_8 + W_9 + W_{10} + Watap$

$= 9.3895,36 + 2249,3$

$= 37307,54$ KN

b. Waktu Getar Bangunan (T)

Dengan rumus Empiris

$Tx = Ty = 0,06.H^{3/4}$

$H = 10.4 = 40$ m

$Tx = Ty = 0,06.40^{3/4} = 0,954$ detik

c. Koefisien Dasar Gempa (C)

Dengan T = 0,954 detik

Respon spekrum daerah gempa 3 jenis tanah keras diperoleh nilai C sebesar ➔ C = 0,035

d. Faktor Keutamaan (I) dan Faktor Jenis Struktur (K)

Berdasarkan PPTGIUG 1987 diperoleh nilai I = 1,0 dan K = 1,0; untuk struktur portal baja dengan tingkat daktilitas penuh.

e. Gaya Geser Dasar (V)

V = C.I.K.Wt

= 0,035.1.1.37307,54

= 1305.764 KN

f. Disribusi Gaya Horisontal Tingkat

H = 40 m, B = 30m

H/B = 40/30 = 1,33 < 3

Maka seluruh beban didistribusikan sebagai gaya horizontal dengan rumus:

$$Fi = \frac{Wi.Fi}{\sum Wi.Fi}.V$$

Sehingga didapatkan hasil yang disajikan dalam tabel berikut :

Dengan cara yang sama maka didapatkan gaya-gaya akibat gempa untuk variasi portal yang lain yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5.3. Distribusi gaya gempa portal V-1

V= 1305.764KN

LANTAI	Wx.y KN	Hx.y M	Wx.y*Hx.y KNm	Fx.y KN	Gempa Tepi KN	Gempa Tengah KN
Atap	2,249	40	89972	148.53175	14.853	29.706
10	3,894	36	140196.96	231.44645	23.145	46.289
9	3,894	32	124619.52	205.73018	20.573	41.146
8	3,894	28	109042.08	180.01391	18.001	36.003
7	3,894	24	93464.64	154.29763	15.430	30.860
6	3,894	20	77887.2	128.58136	12.858	25.716
5	3,894	16	62309.76	102.86509	10.287	20.573
4	3,894	12	46732.32	77.148817	7.715	15.430
3	3,894	8	31154.88	51.432544	5.143	10.287
2	3,894	4	15577.44	25.716272	2.572	5.143
Σ			790956.8	1305.764		

Tabel 5.4. Distribusi gaya gempa portal V-2

V= 1319.029KN

LANTAI	Wx.y KN	Hx.y M	Wx.y*Hx.y KNm	Fx.y KN	Gempa Tepi KN	Gempa Tengah KN
Atap	2,290	40	91584.8	151.09378	15.109	30.219
10	3,933	36	141587.712	233.58704	23.359	46.717
9	3,933	32	125855.744	207.63293	20.763	41.527
8	3,933	28	110123.776	181.67881	18.168	36.336
7	3,933	24	94391.808	155.7247	15.572	31.145
6	3,933	20	78659.84	129.77058	12.977	25.954
5	3,933	16	62927.872	103.81646	10.382	20.763
4	3,933	12	47195.904	77.862348	7.786	15.572
3	3,933	8	31463.936	51.908232	5.191	10.382
2	3,933	4	15731.968	25.954116	2.595	5.191
Σ			799523.36	1319.029		

Tabel 5.5. Distribusi gaya gempa portal V-3

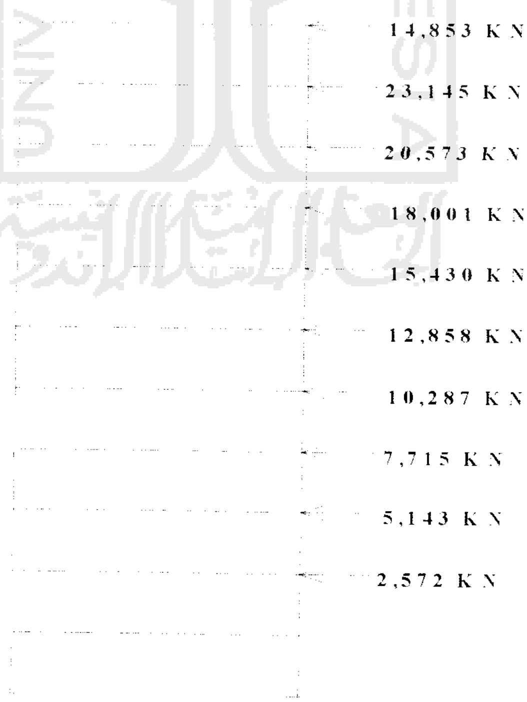
V= 1319.858KN

LANTAI	Wx.y KN	Hx.y M	Wx.y*Hx.y KNm	Fx.y KN	Gempa Tepi KN	Gempa Tengah KN
Atap	2,292	40	91685.6	151.25598	15.126	30.251
10	3,935	36	141672.384	233.7204	23.372	46.744
9	3,935	32	125931.008	207.75147	20.775	41.550
8	3,935	28	110189.632	181.78254	18.178	36.357
7	3,935	24	94448.256	155.8136	15.581	31.163
6	3,935	20	78706.88	129.84467	12.984	25.969
5	3,935	16	62965.504	103.87574	10.388	20.775
4	3,935	12	47224.128	77.906801	7.791	15.581
3	3,935	8	31482.752	51.937868	5.194	10.388
2	3,935	4	15741.376	25.968934	2.597	5.194
Σ			800047.52	1319.858		

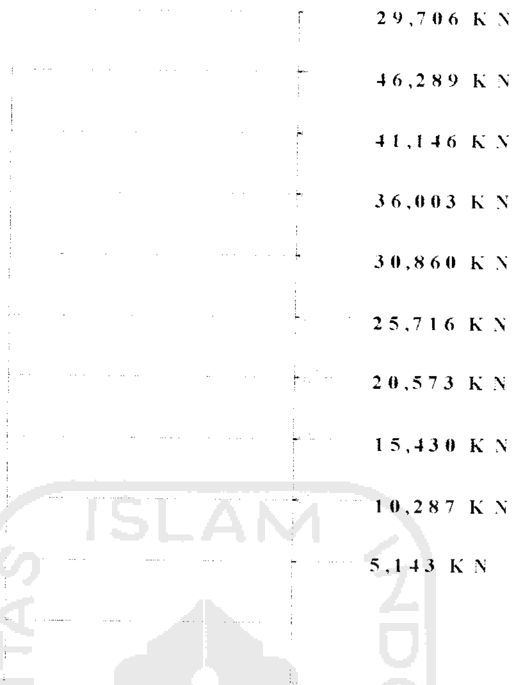
Tabel 5.6. Distribusi gaya gempa portal V-4

V= 1332.65KN

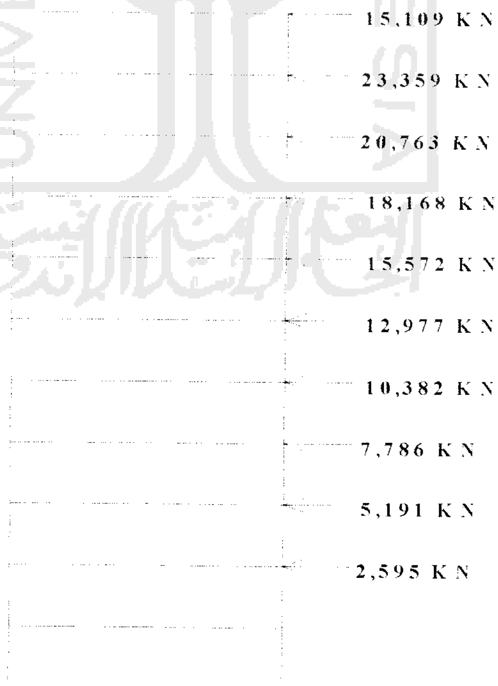
LANTAI	Wx.y KN	Hx.y M	Wx.y*Hx.y KNm	Fx.y KN	Gempa Tepi KN	Gempa Tengah KN
Atap	2,331	40	93240.8	153.75825	15.376	30.752
10	3,972	36	142978.752	235.77835	23.578	47.156
9	3,972	32	127092.224	209.58076	20.958	41.916
8	3,972	28	111205.696	183.38316	18.338	36.677
7	3,972	24	95319.168	157.18557	15.719	31.437
6	3,972	20	79432.64	130.98797	13.099	26.198
5	3,972	16	63546.112	104.79038	10.479	20.958
4	3,972	12	47659.584	78.592784	7.859	15.719
3	3,972	8	31773.056	52.395189	5.240	10.479
2	3,972	4	15886.528	26.197595	2.620	5.240
Σ			808134.56	1332.65		



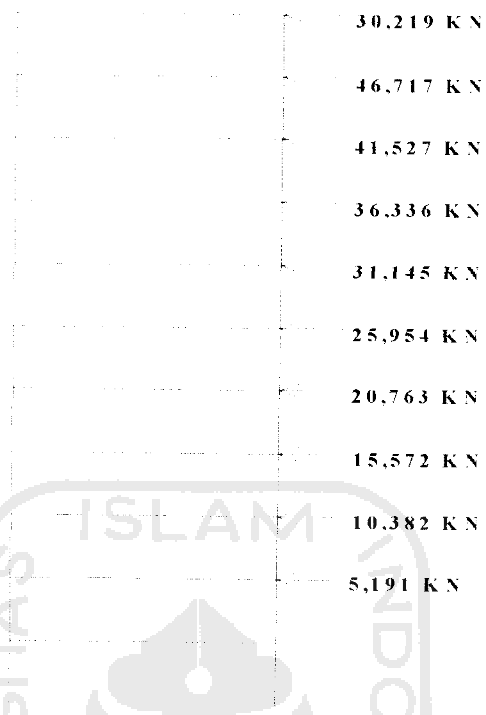
Gambar 5.45. Beban gempa portal 1 V-1



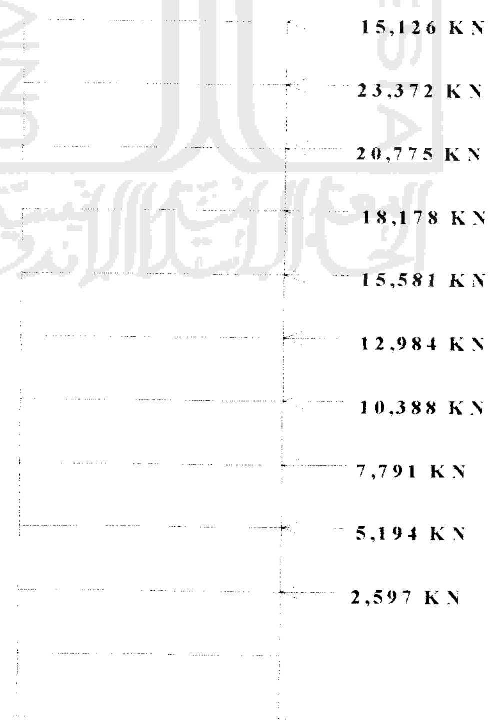
Gambar 5.46. Beban gempa portal 2 V-1



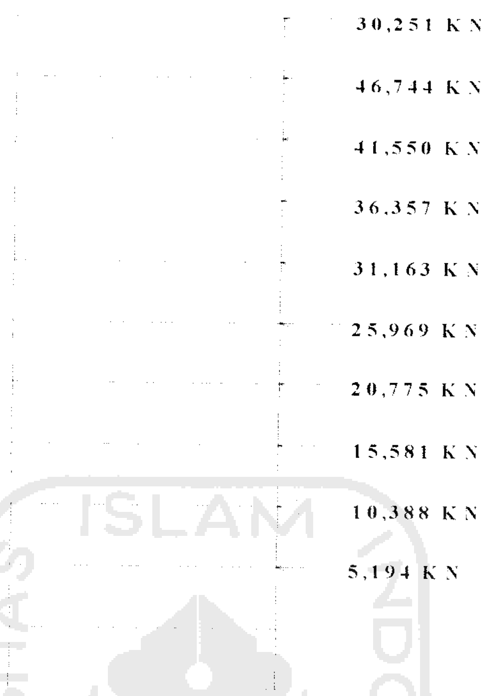
Gambar 5.47. Beban gempa portal 1 V-2



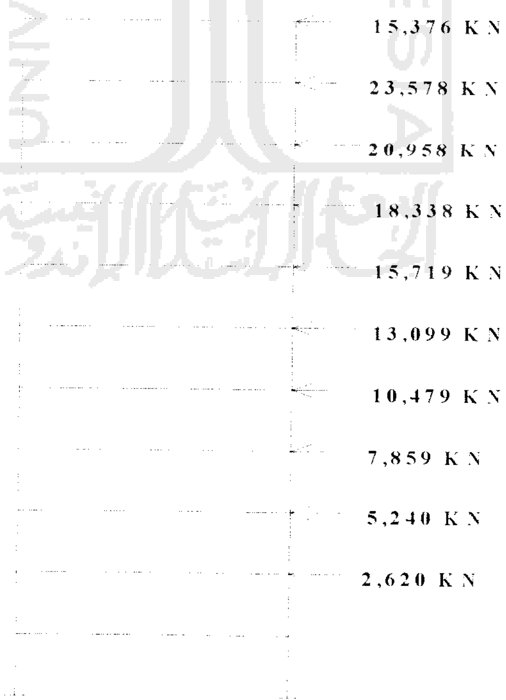
Gambar 5.48. Beban gempa portal 2 V-2



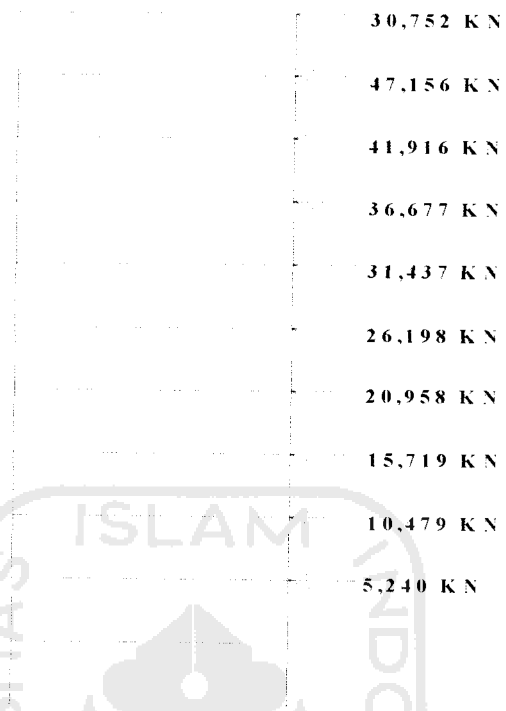
Gambar 5.49. Beban gempa portal 1 V-3



Gambar 5.50. Beban gempa portal 2 V-3



Gambar 5.51. Beban gempa portal 1 V-4



Gambar 5.52. Beban gempa portal 2 V-4

5.3. Perencanaan

Dalam perencanaan hanya diambil salah satu perwakilan dari beberapa eleman bangunan yang dihitung. Sedangkan data-data perencanaan diambil dari data-data analisis SAP2000 pada portal variasi 1 dengan balok anak sebagai satu kesatuan terhadap bangunan.

5.3.1. Perhitungan Plat Lantai

Menentukan Tebal Minimum Pelat (h)

Data-data diambil dari portal variasi 1

lx = 4 m

ly = 6 m

Pada SK SNI T- 15- 1991- 03 Pasal 3.2.5 butir 3.3 memberikan pendekatan empiris mengenai batasan defleksi dilakukan dengan tebal pelat minimum:

$$\beta = \frac{6000}{4000} = 1.5$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h \geq \frac{Ln\left(0.8 + \frac{Fy}{1500}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{4000\left(0.8 + \frac{240}{1500}\right)}{36 + 9.1,5} = 77,576 \text{ mm}$$

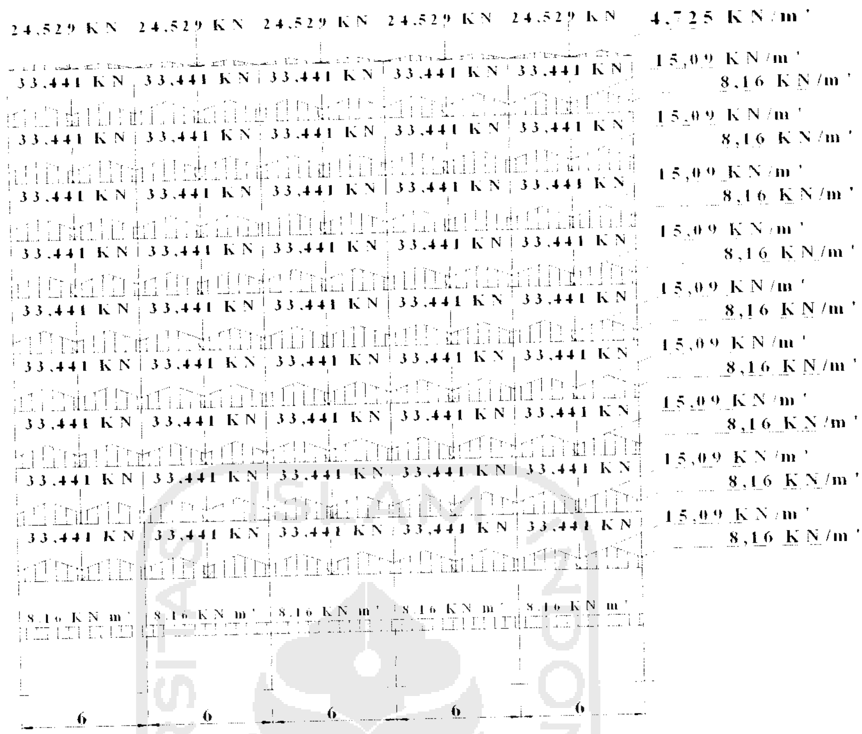
Dan tidak boleh lebih dari

$$h \leq \frac{Ln\left(0.8 + \frac{Fy}{1500}\right)}{36} = \frac{4000\left(0.8 + \frac{240}{1500}\right)}{36} = 106,667 \text{ mm}$$

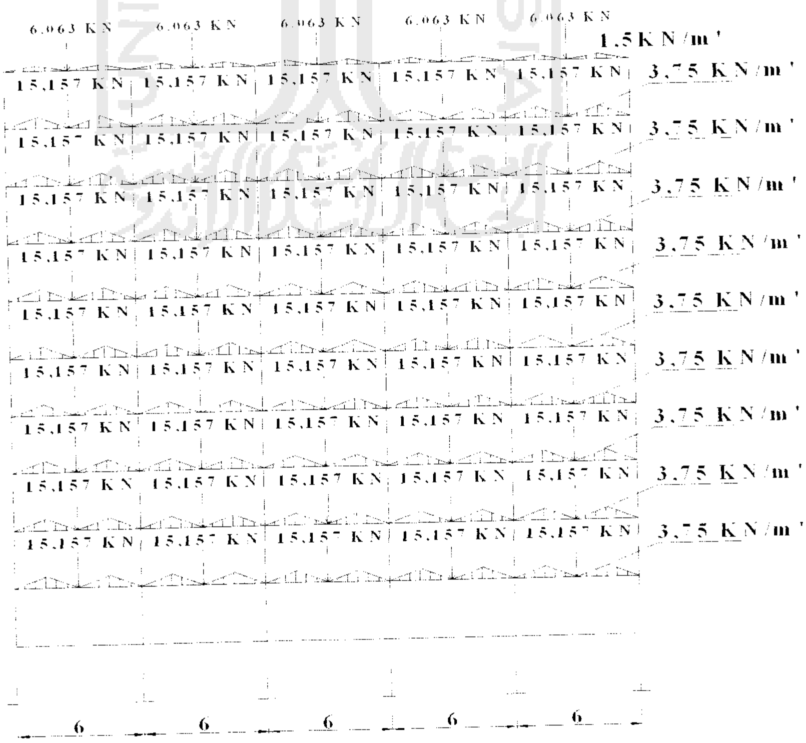
77,576 mm $\leq$ h $\leq$ 106,667 mm , mak dipakai h = 120 mm

Beban lantai :

Beban mati	= Beton	= 0,12 m . 24 KN/m^3	= 2,88 KN/m^2
	= Pasir	= 0,03m . 18 KN/m^3	= 0,54 KN/m^2
	= Spesi	= 0,03 m . 21 KN/m^3	= 0,63 KN/m^2
	= Keramik	= 0,03 m. 8 KN/m^3	= 0,24 KN/m^2
	= dusting AC		= 0,15 KN/m^2
	= plafon		= 0,18 KN/m^2 +
		qd	= 4,62 KN/m^2



Gambar 5.32. Beban mati portal A V-3



Gambar 5.33. Beban hidup portal A V-3

Ruang kuliah :

$$ql = 2{,}5 \text{ KN/m}^2$$

$$qu = 1{,}2\ qd + 1{,}6\ ql$$

$$= 1{,}2 \,.\, 4{,}62 \text{ KN/m}^2 + 1{,}6 \,.\, 2{,}5 \text{ KN/m}^2$$

$$= 9{,}16 \text{ KN/m}^2 \approx 10 \text{ KN/m}^2$$

5.3.2. Perencanaan Balok

Perhitungan Balok Induk

1. Akibat beban gravitasi dan gempa

Bentang A-B

Bentang yang terjadi lengkung ganda (double Curvature)

$$Mu_1 = 516{,}2388 \text{ kN.m} = 380{,}7778 \text{ k.ft}$$

$$Mu_2 = 345{,}6003 \text{ kN.m} = 254{,}9148 \text{ k.ft}$$

$$C_b = 1{,}75 + 1{,}05\left(\pm\frac{M1}{M2}\right) + 0{,}3\left(\frac{M1}{M2}\right)^2 \leq 2{,}30$$

$$C_b = 1{,}75 + 1{,}05\left(\frac{84{,}3672}{380{,}7778}\right) + 0{,}3\left(\frac{84{,}3672}{380{,}7778}\right)^2 = 2{,}5874 > 2{,}3$$

Dipakai $C_b = 2{,}5874$

Coba profil 14 x 283 ;

$r_T = 4{,}46$ in $\quad S_x = 459 \text{ in}^3 \quad b_f = 16{,}11$ in

$\frac{d}{A_f} = 0{,}5 \quad \frac{b_f}{2.t_f} = 3{,}9 \quad \frac{d}{t_w} = 13$

$L_b = 4 \text{ m} = 13{,}1172 \text{ ft}$

$$L_c = \frac{76.b_f}{12.\sqrt{F_y}} = \frac{76.16,11}{12.\sqrt{36}} = 17,005 \text{ ft}$$

$$L_c = \frac{20000}{12\frac{d}{A_f}F_y} = \frac{20000}{12.0,5.36} = 92,592 \text{ ft}$$

Nilai L_c diambil yang terkecil = 17,005 ft

$$L_u = \frac{20000}{12\frac{d}{A_f}F_y} = 92,592 \text{ ft}$$

$$L_u = \frac{r_T}{12}\sqrt{\frac{102000.C_b}{F_y}} = \frac{4,46}{12}\sqrt{\frac{102000.2,5874}{36}} = 77,9488 \text{ ft}$$

Nilai L_u diambil yang terbesar = 92,592 ft

Lb = 13,1172 ft < Lu = 95,592 ft

L_b < Lc = 17,005 ft

F_{bx} = 0,66 F_y = 0,6 . 36 = 24 Ksi

Tegangan yang terjadi $f_b = \frac{M_u}{S_x} = \frac{380,7778}{459} = 0,829 ksi$

Karena terdapat beban gempa, maka nilai Fb boleh dinaikan sebesar 1/3 kali nilai F_b semula. (AISC – ASD)

1,33 F_b = 1,33 . 24 = 31,92 ksi > f_b = 0,829 → **Aman**

M tersedia = 31,92 . 459 = 14651,28 K.in = 1213,45083 k.ft

Dimana lendutan pada tengah bentang dapat dilihat dari program bantu analisis struktur maupun menggunakan rumus persamaan (3.5-22),

$$\Delta_{\text{pertengahan bentang}} = \frac{5L^2}{48EI}\left[M_s - 0{,}1(M_a + M_b)\right]$$

$$= \frac{5.13{,}1172^2}{48.29000.1330}\left[1213{,}45083 - 0{,}1(380{,}7778 + 254{,}9148)\right]$$

$$= 0{,}0005343$$

Untuk balok yang mendukung beban lantai,

$$\frac{L}{360} \geq \Delta_{\text{pertengahan bentang}}$$

$$\frac{13{,}1172}{360} = 0{,}03644 \geq 0{,}0005343$$

5.3.3. Perencanaan Kolom

Profil W 14 X 311

A	= 91,4 in^2	I_x	= 4330 in^4	I_y	= 3400 in^4
d	= 17,2 in	S_x	= 506 in^3	S_y	= 199 in^3
t_w	= 1,14 in	Z_x	= 603 in^3	Z_y	= 304 in^3
b_f	= 16,23 in	E_S	= 29000 Ksi	f_u	= 58 Ksi
t_f	= 2,26 in	F_y	= 36 Ksi	f_r	= 10 Ksi
r_x	= 6,88 in	G	= 11200 Ksi	C_w	= 89100 in^6
r_y	= 4,2 in	J	= 136 in^4		

Tegangan yang terjadi

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{799{,}988}{91{,}4} = 8{,}7526 \quad \text{Ksi}$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{536{,}2.12}{506} = 12{,}7162 \text{ Ksi}$$

Kelangsingan kolom

$$\frac{K.L}{r_x} \text{ atau } \frac{K.L}{r_y}$$

$$\frac{K.L}{r_x} = \frac{1{,}92.12.13}{6{,}88} = 43{,}5345$$

$$\frac{K.L}{r_y} = \frac{13.12}{4{,}2} = 37{,}1248$$

Kelangsingan batas

$$C_c = \sqrt{\frac{2.\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2.\pi^2\, 29000}{36}} = 126 \text{ Ksi}$$

$$C_c = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}}\ 126{,}1 \text{ Ksi}$$

$$\frac{K.L/r}{C_c} = \frac{43{,}5345}{126} = 0{,}3455$$

Angka keamanaan

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\frac{K.L/r}{C_c} - \frac{1}{8}\frac{(K.L/r)^3}{C_c^{\ 3}}$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3}{8}(0{,}3455) - \frac{1}{8}(0{,}3455)^3$$

$$= 1{,}791 \text{ Ksi}$$

Tegangan desak aksial

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{1}{2}\frac{(K.L/r)^2}{C_c}\right).F_y}{F_s}$$

$$= 18{,}9 \text{ Ksi}$$

Untuk menentukan F_a bisa dengan menggunakan tabel AISC hal 3 -16 (3.17)

$$\frac{K.L}{r_x} = 43,5345$$

F_y = 36 Ksi

Didapat F_a dari tabel = 18,92 Ksi

Menentukan F_b (tegangan ijin)

Panjang batang antara pengekang lateral

L_b = Kl.x = 13,1172 . 12 = 157,4064 ft

Panjang kritis batang

$$L_c = \frac{76.bf}{12.\sqrt{Fy}} = \frac{76.16,23}{12.\sqrt{36}} = 17,1317 \text{ ft}$$

$$Lu = \frac{20000}{12.Fy.\frac{d}{Af}} = \frac{20000}{12.36.0,47} = 98,5027 \text{ ft}$$

Lb < Lc

Lb < Lu

Pembesaran momen

$$\frac{fa}{Fa} = \frac{8,7256}{18,9} = 0,4631 > 0,15$$

Maka F_{bx} = 0,66 . F_y = 0,66 . 36 = 23,76 ≈ 24 Ksi

F_{by} = 0,75 . fy = 0,75 . 36 = 27 Ksi

$$F_{ex} = \frac{12.\pi^2.E}{23\left(\frac{kL}{r}\right)^2} = \frac{12.\pi^2.29000}{23(43,5345)^2} = 78,8546 \text{ Ksi}$$

$$F_e'_y = \frac{12.\pi^2.E}{23\left(\frac{kL}{r}\right)^2} = \frac{12.\pi^2.29000}{23(37,1248)^2} = 108,4357 \text{ Ksi}$$

$$\frac{C_{mx}}{1-\frac{f_a}{F_e'}} = \frac{0,9}{1-\frac{8,7526}{78,846}} = 0,056 < 1$$

$$\frac{C_{my}}{1-\frac{f_a}{F_e'}} = \frac{0,9}{1-\frac{8,7526}{108,4357}} = 0979$$

Cek dengan persamaan interaksi

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{cmx.fbx}{\left(1-\frac{fa}{Fe'x}\right)Fbx} + \frac{cmy.fby}{\left(1-\frac{fa}{Fe'y}\right)Fby} \leq 1.0$$

$= 0,884 < 1$ ok!!!

$$\frac{fa}{0,6.Fy} + \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby}{Fby} \leq 1.0$$

$= 0,826 < 1$!!!

Profil W14x311 memenuhi

5.3.4. Perhitungan Balok Anak Variasi I

Menggunakan profil W16 x 36 tanpa plat rangkap:

$A = 10,6 \text{ in}^2$

$I_x = 448 \text{ in}^4$

$S_x = 56,5 \text{ in}^3$

$b_f = 6,985 \text{ in}^2$

$n = E_s / E_c = 29000 / 3500 = 8,28 \approx 9$

$f'_c = 4$ ksi

$F_y = 36$ ksi

Menentukan lebar efektif :

$b_E = ¼$. bentangan = ¼. 236,22 in = 59,055 in

b_E = jarak antara balok-balok = 4 m = 157,48 in

b_E = 16 (4) + 6,985 = 71 in   Menentukan

$$yb = \frac{10{,}6\left(\frac{15{,}86}{2}\right) + \left(\frac{71.4}{9}\right)}{10{,}6 + \left(\frac{71.4}{9}\right)} = 15{,}36 in$$

$$I_{komposit} = 448 + 10{,}6.\ (7{,}43)^2 + \frac{1}{12}.\frac{71}{9}.(4)^3 + \frac{71.(4)}{9}(2{,}5)^2 = 1270 in^4$$

$$S_{tr} = \frac{I}{yb} = \frac{1270}{15{,}36} = 82{,}6 in^3$$ (untuk permukaan bawah balok)

$$S_{atas} = \frac{I}{y} = \frac{1270}{4{,}5} = 282 in^3$$ (untuk permukaan atas beton)

Cek tegangan:

Di serat atas plat beton : f_c yang diijinkan = 0,45 f'_c = 1,35 Ksi

$$f_c = \frac{(M_D + M_L)(12)}{(9)282} = \frac{28{,}97199.12}{9.282} = 0{,}136 < 1{,}35 ksi$$

Diserat bawah balok baja: $F_b = 0{,}66.F_y = 24$ Ksi

$$f_b = \frac{(M_D + M_L)(12)}{82{,}6} = \frac{28{,}97199.12}{82{,}6} = 4{,}209 \leq 24 ksi$$

Untuk S_{tr} maksimum yang dapat digunakan:

$$S_{tr} = \left(1{,}35 + 0{,}35\frac{M_L}{M_D}\right).S_s$$

$$S_{tr} = \left(1{,}35 + 0{,}35\frac{8{,}06519}{20{,}9668}\right).56{,}5 = 83{,}9in > 82{,}6in$$

Tegangan baja untuk beban yang dipikul secara tak komposit:

$$f_b = \frac{M_D}{S_s} = \frac{28{,}34412(12)}{56{,}5} = 6{,}019ksi < 0{,}6F_y$$

Alat penyambung geser:

$$V_h = \frac{0{,}85.f'_c.A_c}{2} = \frac{0{,}85.(4).71.(4)}{2} = 362kip$$

$$V_h = \frac{A_s.F_y}{2} = \frac{10{,}6(36)}{2} = 191kip$$

Untuk stud berkepala $2\frac{1}{2}$ in dengan diameter 5/8 i, q = 8 kip/stud:

$$N = \frac{V_h}{q} = \frac{191}{8} = 23{,}8 \text{ bulatkan } 24$$

Jarak antar stud:

$$p = \frac{\frac{L}{2}}{\frac{N}{2}} = \frac{\frac{236{,}22}{2}}{24} = 9{,}8425in$$

Gunakan jarak 10 in untuk tiap penyambung stud.