

**PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BANGUNAN
RUMAH SATU LANTAI DALAM MENAHAN BEBAN
GEMPA DI KOTA MALANG**

*(The Effect of the Openings Location on One Story House to Resistance
The Earthquake Load in Malang Region)*

Dimas Herly Andinna, Wisnumurti, Agoes SMD
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: andinnadimas@gmail.com

RINGKASAN

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya bagi umat manusia dikarenakan bencana alam ini selalu terjadi secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi akan kemunculannya. Kota Malang merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap gempa sehingga diperlukan perencanaan dan perhitungan struktur agar bangunan rumah tinggal yang ditempati masyarakat tahan terhadap goncangan gempa. Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan dan perhitungan pada tiga denah rumah satu lantai di kota Malang yang diberi nama denah A, B, C dan dilakukan secara manual dengan menggunakan aplikasi Autocad, Microsoft Word dan Microsoft Excel. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa semakin banyak bukaan atau semakin luas dinding pada satu sisi, semakin besar gaya gempa yang terjadi pada sisi tersebut. Hal ini membuktikan bahwa posisi letak bukaan dan dinding pada masing-masing denah bangunan rumah sangat mempengaruhi distribusi gaya gempa yang terjadi. Hasil dari perbandingan diantara ketiga denah, denah yang paling baik dalam menahan gaya gempa terjadi pada denah C dalam menahan gaya gempa searah sumbu y (sisi kiri dan kanan) dan denah A dalam menahan gaya gempa searah sumbu x (sisi atas dan bawah) karena selisih gaya gempa yang terjadi paling kecil diantara ketiga denah lainnya.

Kata Kunci: gempa, gaya gempa, bukaan, dinding.

ABSTRACT

Earthquake is considered as dangerous natural disasters for human being because its always occur suddenly and unpredictably its appearance. Malang Region is one of the areas in Indonesia which is prone to earthquake, in order the residential buildings occupied by the citizens are resistant to earthquake, good planning and structural calculation required. In this research, an analysis process for comparison and calculation on three floor plans of one story house in Malang Region are named plan A, B, C and calculated manually by using Autocad Application, Microsoft Word and Microsoft Excel. From the results of this comparison, it is known that the more openings or the wider wall on one side, the greater seismic forces that occur on the side. This proves that the position of the openings and walls on each plans greatly affect the distribution of seismic forces that occur. Thus it is found that plan C is the best option to withstand seismic forces in the same direction of y-axis (left and right side) and plan A is the best option to withstand seismic forces in the same direction of x-axis (top and bottom side), because the difference of the seismic forces is the smallest among the other plans.

Keywords: earthquake, seismic forces, openings, walls.

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya bagi umat manusia dikarenakan bencana alam ini selalu terjadi secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi kemunculannya. Indonesia merupakan salah satu negara yang hampir setiap wilayahnya memiliki tingkat resiko gempa bumi yang tinggi. Tanah merupakan landasan yang paling stabil karena tanah selalu dalam keadaan diam. Ketika gempa bumi terjadi, ternyata tanah bisa kehilangan stabilitasnya sehingga mampu merusak bangunan.

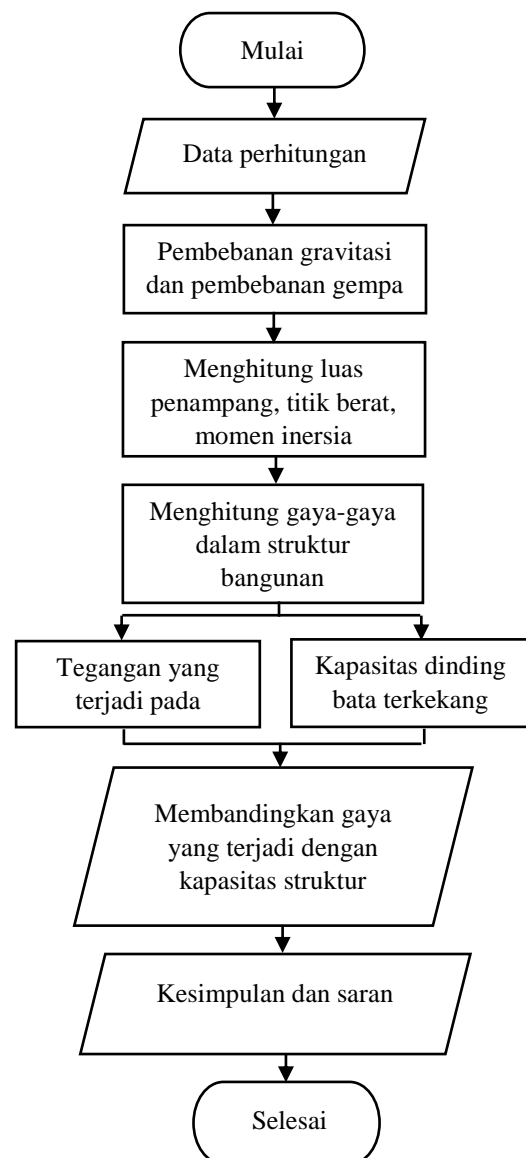
Perencanaan struktur bangunan rumah tahan gempa sangat penting di Indonesia khususnya di kota Malang merupakan suatu hal yang mutlak. Hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko keruntuhan bangunan dan korban jiwa saat gempa terjadi, mengingat kota Malang merupakan salah satu daerah dengan jumlah penduduk sangat tinggi.

Perencanaan dan perhitungan struktur bangunan rumah meliputi semua sistem strukturalnya termasuk salah satunya dinding. Dinding merupakan bagian bangunan yang menjadi struktur tetap kokoh dan stabil di dalam mendukung beban. Dinding struktural dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu dinding bangunan, dinding pembatas (*boundary*), serta dinding penahan (*retaining*). Terjadinya gangguan fungsi salah satu elemen dapat mempengaruhi perilaku struktur bangunan secara keseluruhan yang meliputi elemen struktural kolom, balok, pondasi, rangka ataupun dinding. Pada struktur bangunan rumah pasti terdapat bukaan pada dinding seperti jendela dan pintu. Bukaan-bukaan ini memiliki fungsi untuk membantu aktivitas manusia di dalamnya. Letak bukaan pada dinding sangat berpengaruh dalam menghindari keruntuhan yang di akibatkan beban gempa sehingga diperlukan perhitungan yang tepat untuk merencanakannya.

METODE PENELITIAN

Adapun denah yang diteliti pada

penelitian ini adalah tiga denah rumah satu lantai yang terdapat di kota Malang dan diberi penamaan denah A, B, C. Struktur bangunan menggunakan struktur dinding bata terkekang dengan penutup atap rangka galvalume, dinding bata merah. Perhitungan untuk mendapatkan besarnya tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur bangunan dilakukan perhitungan dengan menggunakan aplikasi Autocad, Microsoft Word dan Microsoft Excel.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

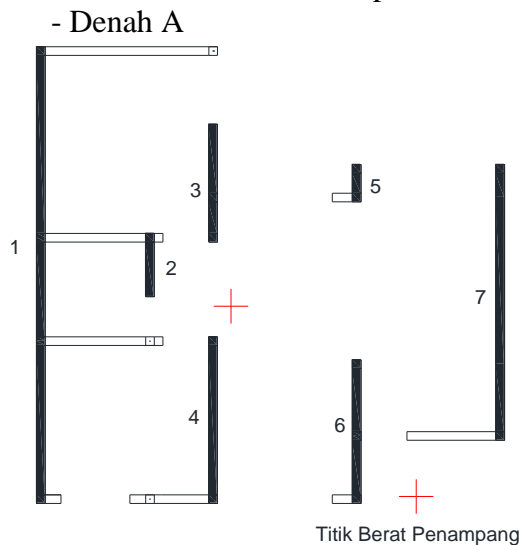
Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987

(PPURG 1987), beban mati dan hidup telah diatur sebagai berikut:

- Berat isi beton (γ_{beton}) = 2400 kg/m³
- Berat bata merah ½ batu 15 cm = 250 kg/m²
- Berat langit-langit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap genteng = 50 kg/m²
- Beban Hujan = (40 - 0,8 · 35) = 12 kg/m²

Mencari Momen Inersia

a. Mencari titik berat terhadap sumbu x



Gambar 2 Titik berat Penampang denah A terhadap sumbu x

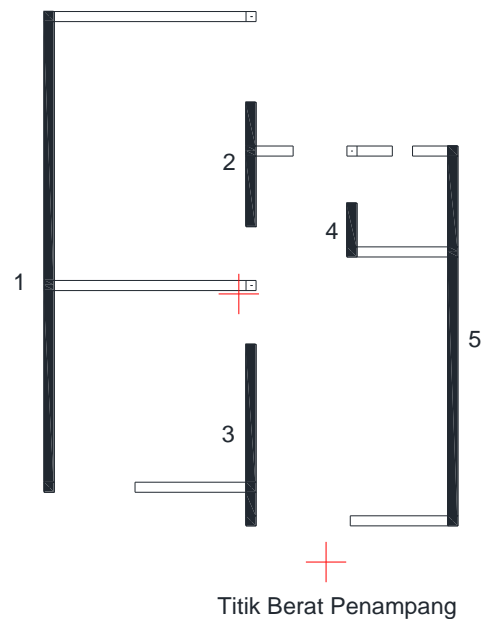
Tabel 1 Perhitungan momen inersia denah A terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A _i (m ²)	A _i (y _i - \bar{y}) ² (m ⁴)	I _{x_i} (m ⁴)
1	1,19	0,35	5,93
2	0,17	0,09	0,02
3	0,31	1,41	0,11
4	0,44	1,71	0,26
5	0,1	0,45	0,002
6	0,38	1,79	0,16
7	0,72	0,0033	1,26
Σ	3,29	5,79	7,74

Momen Inersia terhadap sumbu x

$$I_x = \Sigma A_i(y_i - \bar{y})^2 + \Sigma I_{x_i} = 5,79 + 7,74 = 13,53 \text{ m}^4$$

- Denah B



Gambar 3 Titik berat Penampang denah B terhadap sumbu x

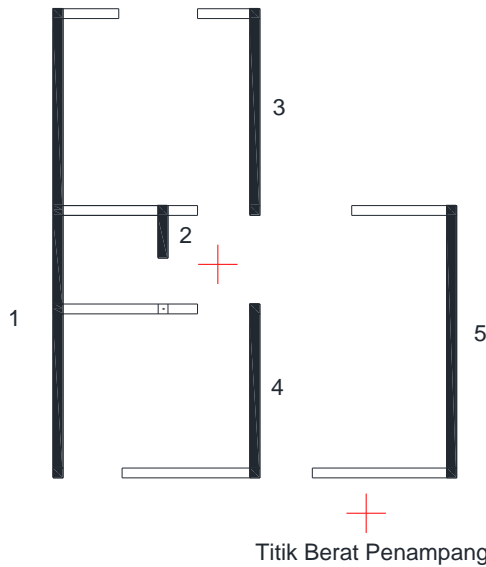
Tabel 2 Perhitungan momen inersia denah B terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A _i (m ²)	A _i (y _i - \bar{y}) ² (m ⁴)	I _{x_i} (m ⁴)
1	1,07	0,42	4,29
2	0,28	1,03	0,1
3	0,41	1,79	0,25
4	0,12	0,25	0,006
5	0,85	0,33	2,08
Σ	2,72	3,82	6,72

Momen Inersia terhadap sumbu x

$$I_x = \Sigma A_i(y_i - \bar{y})^2 + \Sigma I_{x_i} = 3,82 + 6,72 = 10,54 \text{ m}^4$$

- Denah C



Gambar 4 Titik berat Penampang denah C terhadap sumbu x

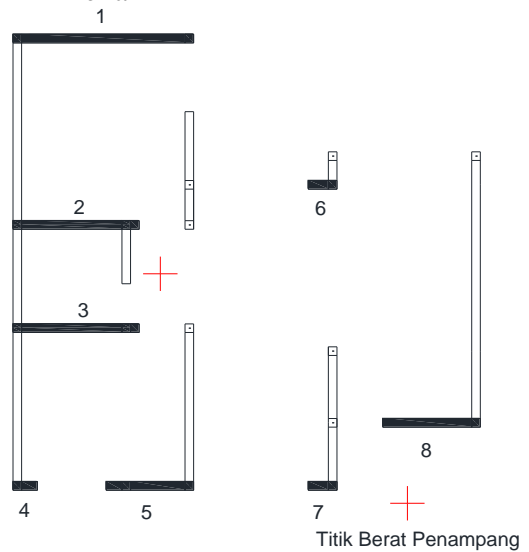
Tabel 3 Perhitungan momen inersia denah C terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(y_i-\bar{y})^2$ (m ⁴)	I_{x_i} (m ⁴)
1	1,07	0,11	4,29
2	0,12	0,03	0,006
3	0,47	2,55	0,34
4	0,4	1,48	0,2
5	0,62	0,87	0,8
Σ	2,69	5,03	5,63

Momen Inersia terhadap sumbu x

$$I_x = \Sigma A_i(y_i-\bar{y})^2 + \Sigma I_{x_i} = 5,03 + 5,63 = 10,57 \text{ m}^4$$

b. Mencari titik berat terhadap sumbu y
- Denah A



Gambar 5 Titik berat Penampang denah A terhadap sumbu y

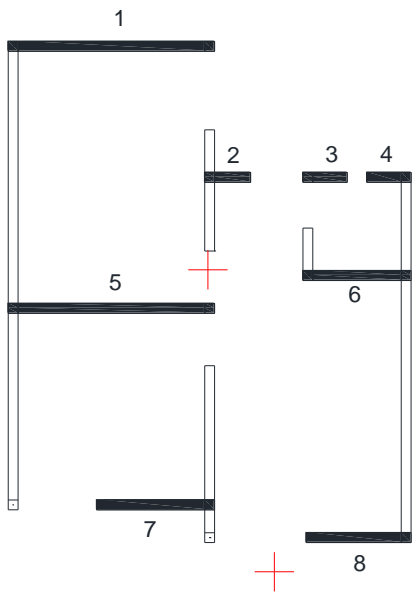
Tabel 4 Perhitungan momen inersia denah A terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(x_i-\bar{x})^2$ (m ⁴)	I_{y_i} (m ⁴)
1	0,47	0,47	0,000844
2	0,33	0,71	0,000619
3	0,33	0,71	0,000619
4	0,06	0,35	0,000098
5	0,23	0,008	0,000408
6	0,08	0,601	0,000141
7	0,08	0,601	0,000141
8	0,26	5,71	0,000478
Σ	1,83	9,16	0,003347

Momen Inersia terhadap sumbu y

$$I_y = \Sigma A_i(x_i-\bar{x})^2 + \Sigma I_{y_i} = 9,16 + 0,003347 = 9,17 \text{ m}^4$$

- Denah B



Titik Berat Penampang

Gambar 6 Titik berat Penampang denah B terhadap sumbu y

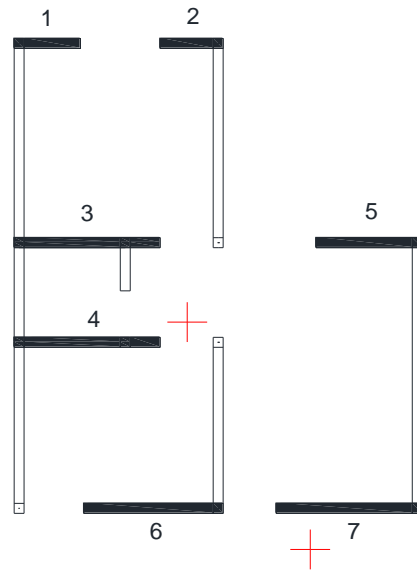
Tabel 5 Perhitungan momen inersia denah B terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(x_i-\bar{x})^2$ (m ⁴)	I_{y_i} (m ⁴)
1	0,47	1,03	0,00084
2	0,11	0,01	0,0002
3	0,1	0,32	0,00034
4	0,1	0,77	0,00034
5	0,47	1,03	0,00084
6	0,24	1,28	0,00042
7	0,27	0,17	0,00051
8	0,24	1,27	0,00045
Σ	2,01	5,89	0,00394

Momen Inersia terhadap sumbu y

$$I_y = \Sigma A_i(x_i-\bar{x})^2 + \Sigma I_{y_i} = 5,89 + 0,00394 = 5,89 \text{ m}^4$$

- Denah C



Titik Berat Penampang

Gambar 7 Titik berat Penampang denah C terhadap sumbu y

Tabel 6 Perhitungan momen inersia denah C terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(x_i-\bar{x})^2$ (m ⁴)	I_{y_i} (m ⁴)
1	0,15	0,67	0,00051
2	0,14	0,0006	0,00051
3	0,33	0,75	0,00062
4	0,33	0,75	0,00062
5	0,24	1,8	0,00045
6	0,32	0,08	0,00059
7	0,33	1,97	0,00062
Σ	1,84	6,02	0,00391

Momen inersia terhadap sumbu y

$$I_y = \Sigma A_i(x_i-\bar{x})^2 + \Sigma I_{y_i} = 6,02 + 0,00391 = 6,03 \text{ m}^4$$

Pembebanan Gempa

a. Pembebanan gempa

$W_{total} = \text{Beban mati} + \text{beban hidup}$

$$W_{total} = W_1 + W_2$$

- Denah A

$$W_{total} = 48000 \text{ kg} + 309 \text{ kg}$$

$$W_{total} = 48310 \text{ kg}$$

- Denah B

$$W_{total} = 40862 \text{ kg} + 224 \text{ kg}$$

$$W_{total} = 41086 \text{ kg}$$

- Denah C

$$W_{total} = 38729 \text{ kg} + 211 \text{ kg}$$

$$W_{total} = 48940 \text{ kg}$$

b. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Menurut SNI-1726-2012, fungsi bangunan yang ditinjau adalah sebagai rumah tinggal, sehingga nilai faktor keutamaan gempa adalah sebesar 1.

c. Koefisien Modifikasi Respons (R)

Menurut SNI-1726-2012, bangunan rumah yang ditinjau menggunakan sistem dinding penumpu khususnya sistem dinding geser batu bata polos biasa dengan nilai koefisien modifikasi respons sebesar 1,5.

d. Koefisien Respon Seismik (C_s)

$$T_a = 0,0488 h_n^{0,75} = 0,0488 \cdot 4^{0,75} = 0,14 \text{ s}$$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.2, sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , sehingga:

$$T_a = T = 0,138 \text{ detik}$$

d. Gaya Geser Dasar Seismik (V)

Gaya geser gempa total yang terjadi pada bangunan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut:

- Denah A

$$V = C_s \cdot W_{total} \\ = 0,42 \cdot 48310 = 20310,49 \text{ kg}$$

- Denah B

$$V = C_s \cdot W_{total} \\ = 0,44 \cdot 41086 = 18139,47 \text{ kg}$$

- Denah C

$$V = C_s \cdot W_{total} \\ = 0,42 \cdot 38940 = 16345,29 \text{ kg}$$

Letak Beban Gempa

Letak beban gempa didapatkan dari resultan dari pusat massa masing-masing beban bata, kolom, beban hidup penutup atap plafon kuda-kuda dan balok ring.

- Denah A

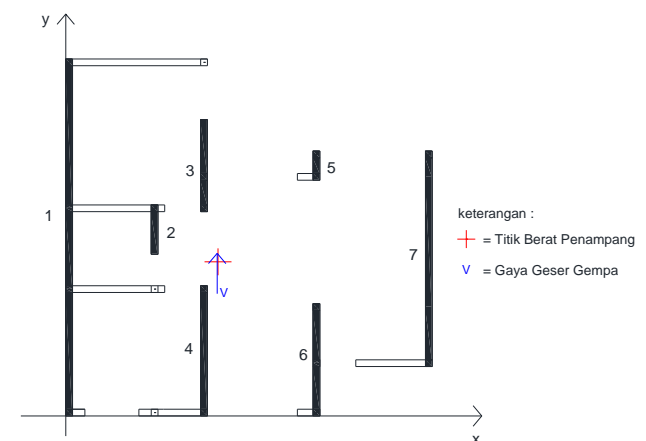
Tabel 7 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah A

Pusat Massa Semua Beban					
Beban	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
Bata	35950	3,59	3,24	128967,5	116606,3
Kolom	4104	3,45	3,45	14142,6	14175
Beban Hidup, Penutup Atap, Plafon dan Kuda-kuda	5844,7	3,98	4,08	23232,7	23817,2
Balok Ring	2411,1	3,58	3,38	8628,2	8095,1
Σ	48310			174971	162693,5

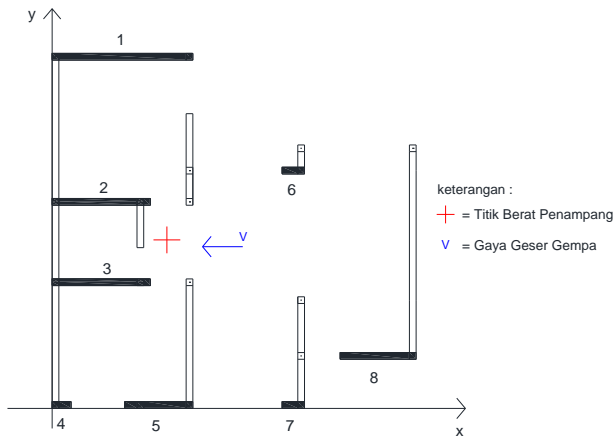
$$\bar{Y}_V = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{174971}{48310} = 3,62 \text{ m}$$

$$\bar{X}_V = \frac{\Sigma W_i x_i}{\Sigma W_i} = \frac{162693,5}{48310} = 3,37 \text{ m}$$

$$\Sigma W_i = 48310 \text{ kg}$$



Gambar 8 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah A searah sumbu y



Gambar 9 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah A searah sumbu x

- Denah B

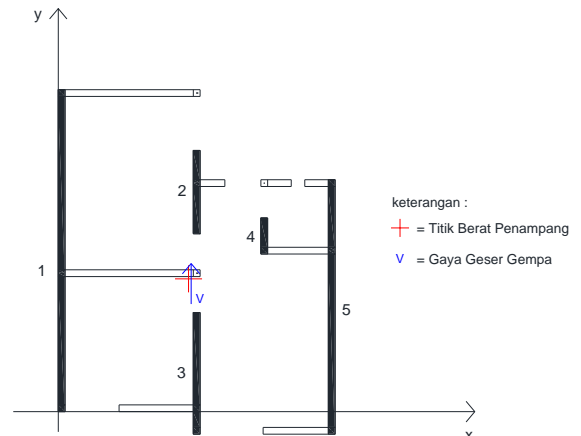
Tabel 8 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah B

Pusat Massa Semua Beban					
Beban	W _i (kg)	y _i (m)	x _i (m)	W _i y _i (kgm)	W _i x _i (kgm)
Bata	3200 0	3,21	2,95	10258 0	94233 ,75
Kolom	2808	3,36	3,31	9433, 8	9282, 6
Beban Hidup, Penutup Atap, Plafon dan Kuda- kuda	4250 ,3	3,33	3,08	14132 ,25	13069 ,68
Balok Ring	2027 ,7	4,44	2,31	8993, 84	4675, 79
Σ	4108 6			13513 9,89	12126 1,82

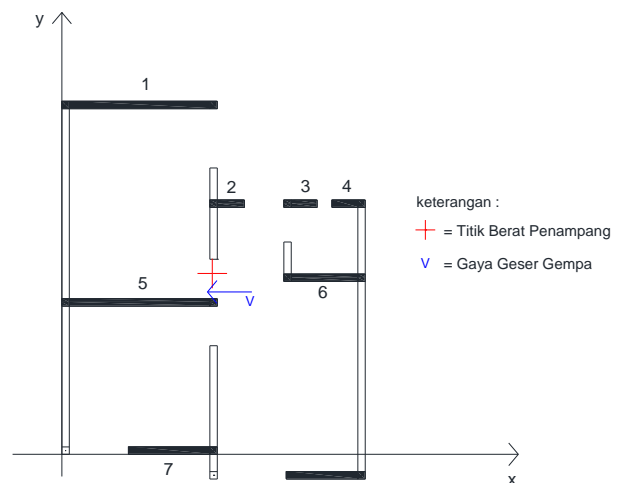
$$\bar{Y}_V = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{13513,89}{41086} = 3,29 \text{ m}$$

$$\bar{X}_V = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{12126,82}{41086} = 2,95 \text{ m}$$

$$\sum W_i = 41086 \text{ kg}$$



Gambar 10 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah B searah sumbu y



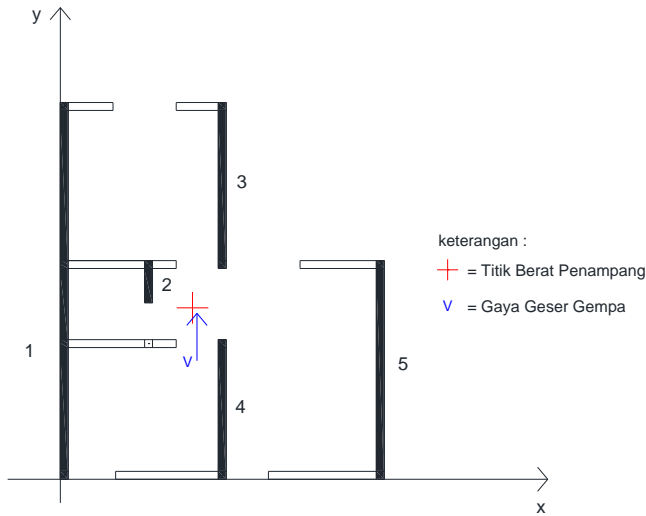
Gambar 11 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah B searah sumbu x

- Denah C

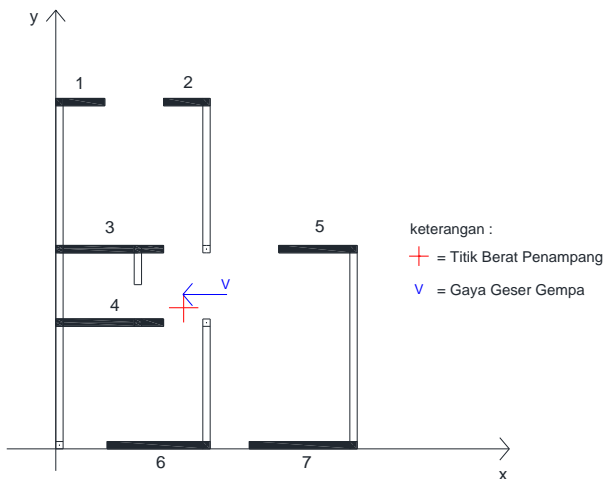
Tabel 9 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah C

Pusat Massa Semua Beban					
Beban	W _i (kg)	y _i (m)	x _i (m)	W _i y _i (kgm)	W _i x _i (kgm)
Bata	30450	3,09	2,56	94120	77920
Kolom	2592	3,2	2,33	8294,4	6026,4
Beban Hidup, Penutup Atap, Plafon dan Kuda- kuda	3978,3 5	3,58	3,08	14222, 61	12233, 44
Balok Ring	1919,7	3,12	2,53	5988,1 2	4853,3 2

Σ	38940			122625,14	101033,15
----------	-------	--	--	-----------	-----------



Gambar 12 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah C searah sumbu y



Gambar 13 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah C searah sumbu x

Mencari Tegangan Geser Dinding

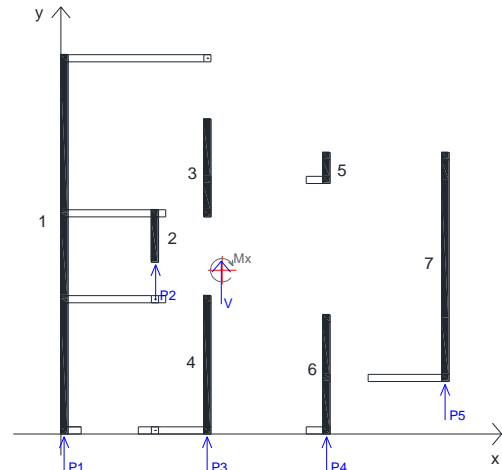
a. Tegangan geser akibat torsi

- Denah A

Gaya geser gempa (V) sebesar 20310,49 kg bekerja pada koordinat (3,62, 3,37)

Momen torsi pada elemen dinding searah sumbu y (M_x)

$$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 20310,49 \cdot (3,39 - 3,37) = 360,85 \text{ kgm (searah jarum jam)}$$



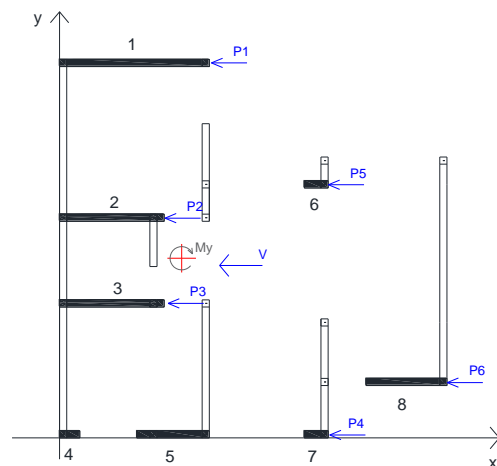
Gambar 14 Gaya geser pada masing-masing dinding denah A akibat torsi M_x

Tabel 10 Hasil perhitungan gaya geser elemen dinding denah A searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	3,31	10,96	29,99
2	1,41	1,99	12,78
3	0,31	0,1	2,81
4	-2,19	4,79	-19,84
5	-4,69	21,99	-42,49
Σ		39,83	

Momen torsi pada elemen dinding searah sumbu x (M_y)

$$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V) = 20310,49 \cdot (3,77 - 3,62) = 3085,53 \text{ kgm (searah jarum jam)}$$



Gambar 15 Gaya geser pada masing-masing dinding denah A akibat torsi M_y

Tabel 11 Hasil perhitungan gaya geser elemen dinding denah A searah sumbu x

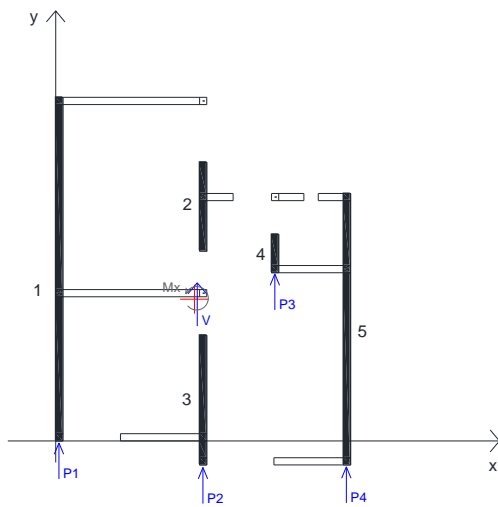
	y_i (m)	y_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	-4,1	16,82	-306,51
2	-0,85	0,73	-63,62
3	0,95	0,9	70,91
4	3,7	13,68	276,43
5	-1,55	2,41	-115,93
6	2,6	6,75	194,22
Σ		41,29	

- Denah B

Gaya geser gempa (V) sebesar 18138,77 kg bekerja pada koordinat (3,29 , 2,95)

Momen torsi pada elemen dinding searah sumbu y (M_x)

$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 18138,77 \cdot (2,89 - 2,95) = -1056,27$ kgm (berlawanan jarum jam)



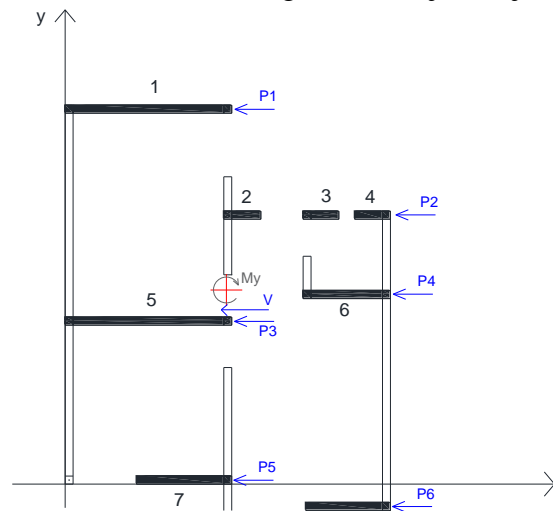
Gambar 16 Gaya geser pada masing-masing dinding denah B akibat torsi M_x

Tabel 12 Hasil perhitungan gaya geser elemen dinding denah B searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	2,82	7,94	-142,24
2	-0,18	0,03	9,18
3	-1,68	2,83	84,89
4	-3,18	10,12	160,59
Σ		20,93	

Momen torsi pada elemen dinding searah sumbu x (M_y)

$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V) = 18138,77 \cdot (3,66 - 3,29) = 6788,21$ kgm (searah jarum jam)



Gambar 17 Gaya geser pada masing-masing dinding denah B akibat torsi M_y

Tabel 13 Hasil perhitungan gaya geser elemen dinding denah B searah sumbu x

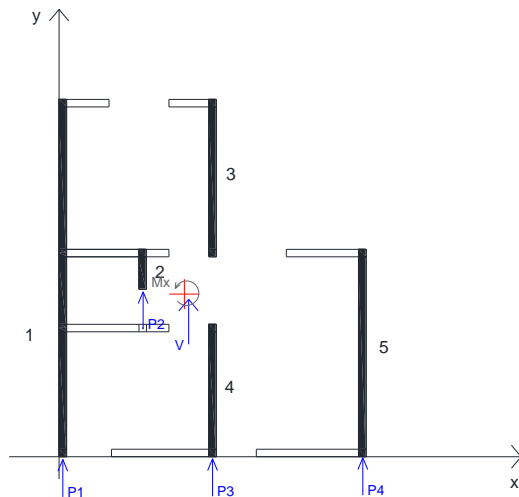
	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	-3,41	11,64	-620,04
2	-1,41	1,99	-256,55
3	0,59	0,35	106,95
4	0,09	0,008	16,07
5	3,59	12,88	652,18
6	3,24	10,49	588,58
Σ		37,35	

- Denah C

Gaya geser gempa (V) sebesar 16345,29kg bekerja pada koordinat (3,15 , 2,6)

Momen torsi pada elemen dinding searah sumbu y (M_x)

$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 16345,29 \cdot (2,51 - 2,6) = -1388,45$ kgm (berlawanan jarum jam)



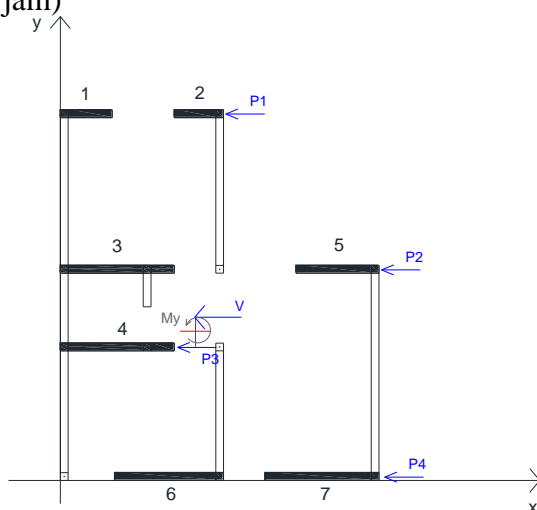
Gambar 18 Gaya geser pada masing-masing dinding denah C akibat torsi M_x

Tabel 14 Hasil perhitungan gaya geser elemen dinding denah C searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	2,44	5,93	-171,98
2	0,84	0,7	-58,96
3	-0,57	0,32	39,94
4	-3,57	12,71	251,85
Σ		19,66	

Momen torsi pada elemen dinding searah sumbu x (M_y)

$$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V = 16345,29 \cdot (2,88 - 3,15) = -4413,12 \text{ kgm (berlawanan jarum jam)}$$



Gambar 19 Gaya geser pada masing-masing dinding denah C akibat torsi M_y

Tabel 15 Hasil perhitungan gaya geser elemen dinding denah C searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	-4,2	17,61	686,04
2	-1,2	1,43	195,53
3	0,3	0,09	-49,72
4	2,8	7,86	-458,47
Σ		26,99	

b. Tegangan geser akibat gaya geser gempa

Gaya geser gempa (V) terdistribusi secara merata terhadap dinding sejumlah (n), sehingga:

Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu y

- Denah A

$$n = 5$$

$$\frac{V}{n} = \frac{20310,49 \text{ kg}}{5} = 4062,1 \text{ kg}$$

- Denah B

$$n = 4$$

$$\frac{V}{n} = \frac{18138,77 \text{ kg}}{4} = 4534,7 \text{ kg}$$

- Denah C

$$n = 4$$

$$\frac{V}{n} = \frac{16345,29 \text{ kg}}{4} = 4086,3 \text{ kg}$$

Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu x

- Denah A

$$n = 6$$

$$\frac{V}{n} = \frac{20310,49 \text{ kg}}{6} = 3385,1 \text{ kg}$$

- Denah B

$$n = 6$$

$$\frac{V}{n} = \frac{18138,77 \text{ kg}}{6} = 3023,1 \text{ kg}$$

- Denah C

$$n = 4$$

$$\frac{V}{n} = \frac{16345,29 \text{ kg}}{4} = 4086,3 \text{ kg}$$

c. Tegangan geser total

- Denah A

Tabel 16 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah A searah sumbu y

	P_i (kg)	dx (kg/cm ²)
1	4092,09	0,34
2	4074,88	2,5
3	4064,91	0,47
4	4042,26	0,86
5	4019,61	0,56

Tabel 17 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah A searah sumbu x

	P_i (kg)	dy (kg/cm ²)
1	3078,57	0,65
2	3321,47	1,01
3	3455,99	1,05
4	3661,51	0,7
5	3269,15	4,36
6	3579,30	1,4

- Denah B

Tabel 18 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah B searah sumbu y

	P_i (kg)	dx (kg/cm ²)
1	2880,89	0,27
2	3032,31	0,44
3	3108,01	2,59
4	3183,72	0,38

Tabel 19 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah B searah sumbu x

	P_i (kg)	dy (kg/cm ²)
1	2403,09	0,51
2	2766,58	0,9
3	3130,08	0,66
4	3039,2	1,23
5	3675,32	1,36
6	3611,71	1,51

- Denah C

Tabel 20 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah C searah sumbu y

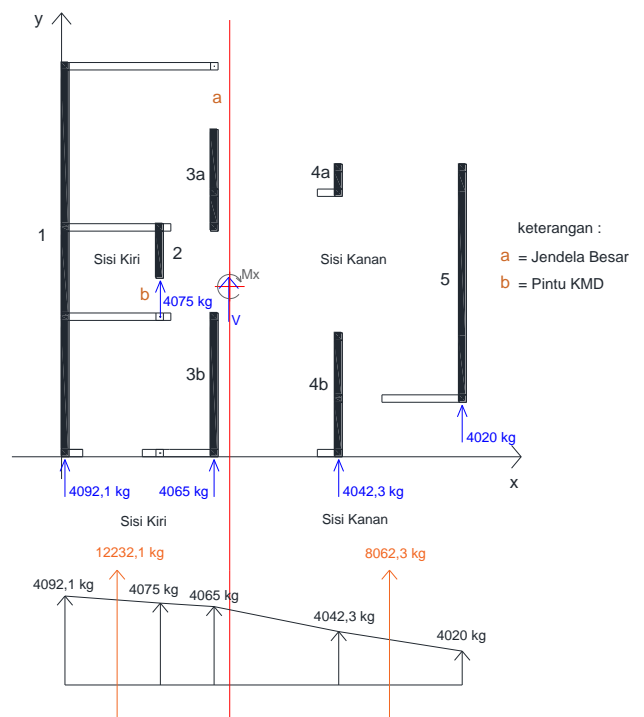
	P_i (kg)	dx (kg/cm ²)
1	3914,34	0,37
2	4027,36	3,36
3	4126,26	0,47
4	4338,18	0,7

Tabel 21 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah C searah sumbu x

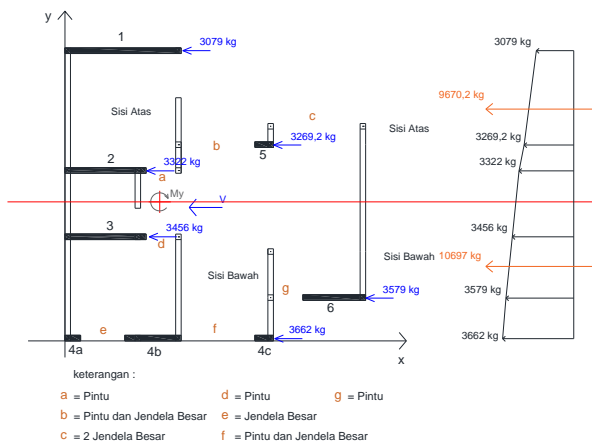
	P_i (kg)	dx (kg/cm ²)
1	4772,36	1,63
2	4281,86	0,75
3	4036,6	1,22
4	3627,85	0,56

Mencari Persentase Bukaannya

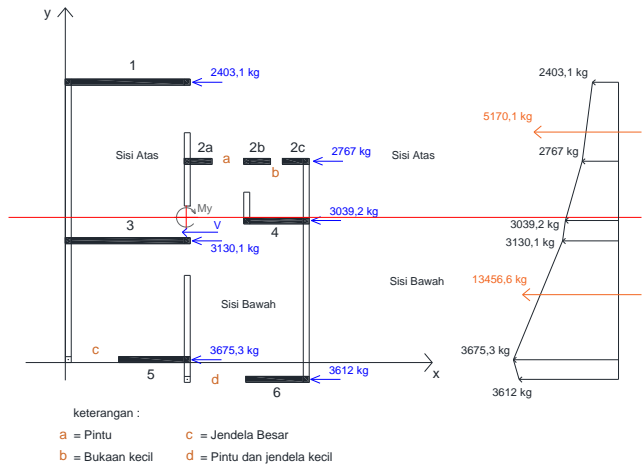
- Denah A



Gambar 20 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu y

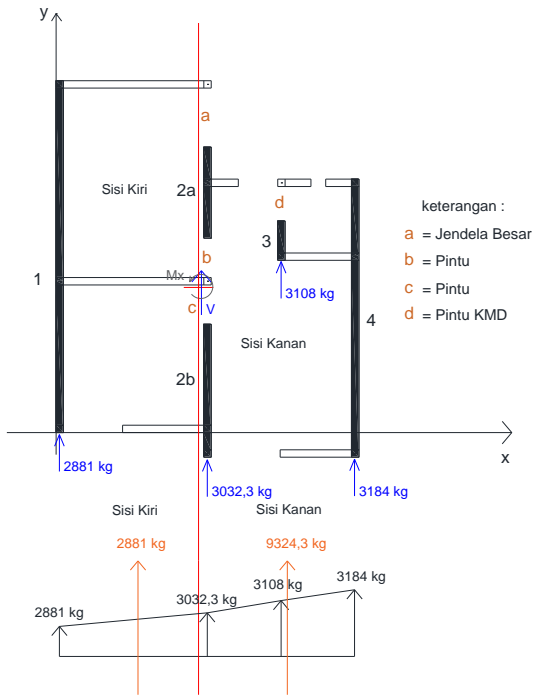


Gambar 21 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu x



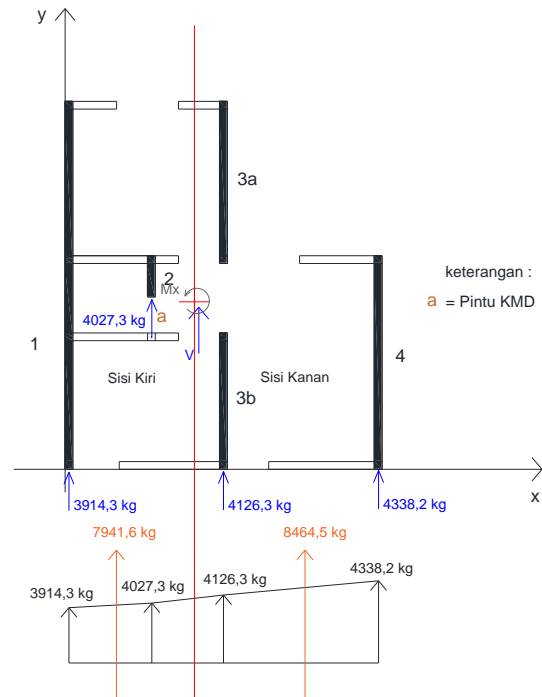
Gambar 23 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu x

- Denah B

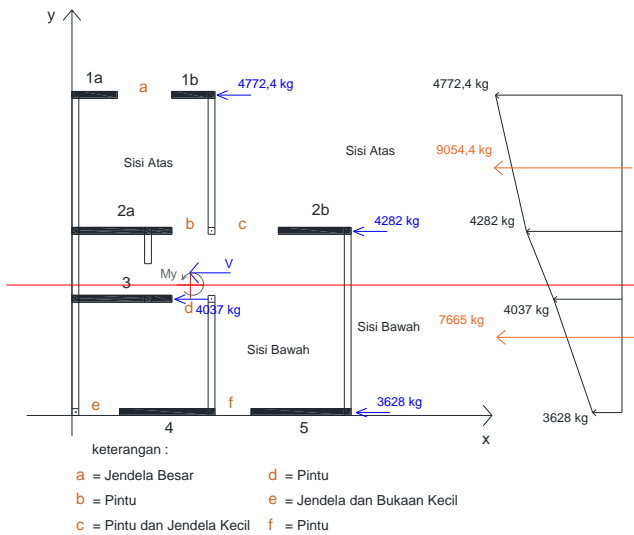


Gambar 22 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu y

- Denah C



Gambar 24 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu y

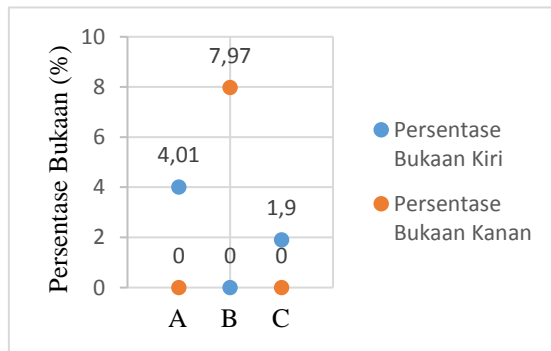


Gambar 25 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu x

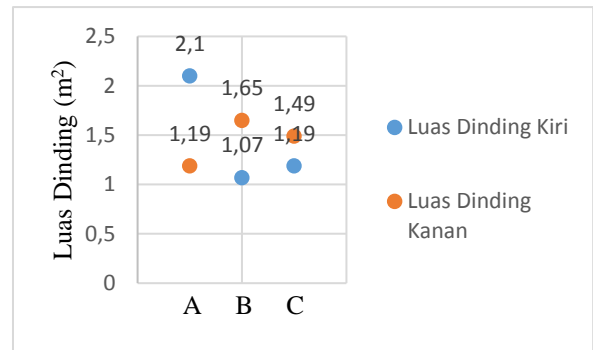
Berikut merupakan rangkuman hasil perhitungan persentase bukaan dan distribusi gaya geser untuk masing-masing denah:

Tabel 22 Perbandingan persentase bukaan sisi kiri dan kanan semua denah

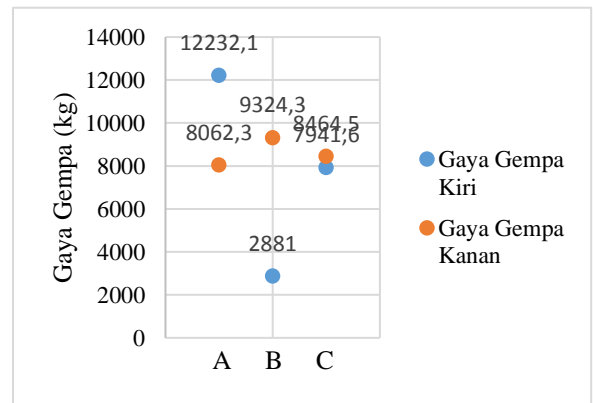
Denah	Persentase Bukaan (%)		Luas Dinding (m ²)		Gaya Gempa (kg)	
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
A	4,01	0	2,1	1,19	12232,1	8062,3
B	0	7,97	1,07	1,65	2881	9324,3
C	1,9	0	1,19	1,49	7941,6	8464,5



Gambar 26 Diagram grafik perbandingan persentase bukaan sisi kiri dan kanan



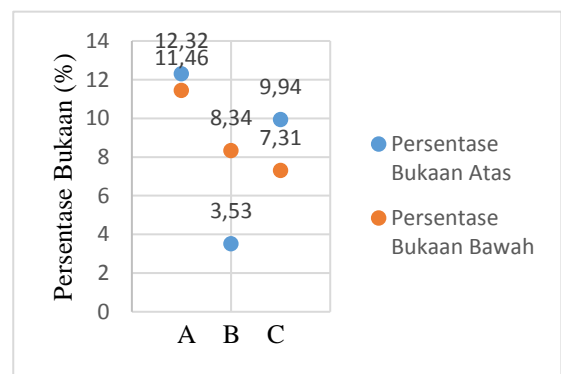
Gambar 27 Diagram grafik perbandingan luas dinding sisi kiri dan kanan



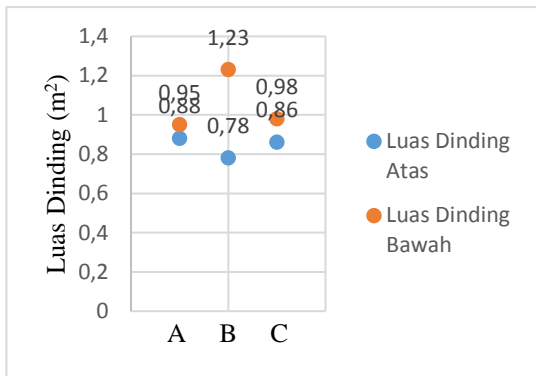
Gambar 28 Diagram grafik perbandingan gaya gempa sisi kiri dan kanan

Tabel 23 Perbandingan persentase bukaan sisi atas dan bawah semua denah

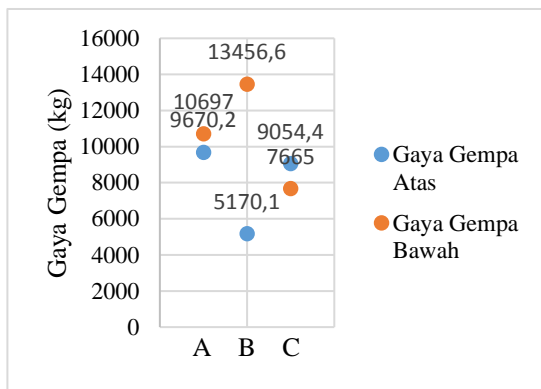
Denah	Persentase Bukaan (%)		Luas Dinding (m ²)		Gaya Gempa (kg)	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
A	12,32	11,46	0,88	0,95	9670,2	10697
B	3,53	8,34	0,78	1,23	5170,1	13456,6
C	9,94	7,31	0,86	0,98	9054,4	7665



Gambar 29 Diagram grafik perbandingan persentase bukaan sisi atas dan bawah



Gambar 30 Diagram grafik perbandingan luas dinding sisi atas dan bawah



Gambar 31 Diagram grafik perbandingan gaya gempa sisi atas dan bawah

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan dan perhitungan dapat diambil kesimpulan mengenai pengaruh dan perbandingan letak bukaan dan gaya gempa yang terjadi untuk setiap denah sebagai berikut:

1. Pengaruh letak bukaan terhadap total gaya yang terjadi setiap denah menunjukkan bahwa semakin besar persentase bukaan pada satu sisi, atau semakin luas dinding pada satu sisi maka semakin besar gaya gempa yang terjadi pada sisi tersebut.
2. Dari kesimpulan nomer satu, membuktikan bahwa posisi letak bukaan dan dinding pada masing-masing denah bangunan rumah sangat mempengaruhi distribusi gaya gempa yang terjadi.
3. Dari hasil perbandingan denah, didapatkan denah C merupakan

denah yang paling baik menahan gaya gempa searah sumbu y, dan denah A merupakan denah yang paling baik dalam menahan gaya gempa searah sumbu y karena selisih gaya gempa yang terjadi paling kecil diantara denah-dena lainnya.

Saran yang bisa diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam meninjau denah yang digunakan sebaiknya mengambil sampel denah rumah dengan tipe yang sama sehingga meminimalisir kesalahan paad perhitungan dan dapat menghasilkan perbandingan data yang lebih akurat.
2. Dalam melakukan proses perencanaan gempa perlu lebih diperhatikan daerah sampel rumah yang ditinjau karena terdapat ketentuan keras tanah atau batuan untuk setiap daerah khususnya daerah kota Malang.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2018. *Baja Ringan CBM 0.75mm*. <http://histeel.co.id/product-categories/baja-ringan/cbm-x-0-75>. (diakses 15 Februari 2018).

Anonim. 1978. *NI-10, SII-0021-78 Tentang Definisi Batu Bata Merah*

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SNI 03-0675-1989 Spesifikasi Ukuran Kusen Pintu Kayu untuk Bangunan Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

_____. 2002. *SNI-03-6825-2002 Tentang Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

_____. 2002. *SNI-03-2847-2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur*

- Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2002. *SNI-1726-2012 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Blondet, M. . 2005. *Contruction And Maintenance of Masonry Houses - For Masons And Craftsmen*. Lima: Pontificia Universidad Catolica del Peru.
- Boen, Teddy. 2009. *Constructing Seismic Resistant Masonry Houses in Indonesia*. United Nations Centre for Regional Development (UNCRD).
- Brzev, S. 2008. *Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction*. Kanpur: National Information Center For Earthquake Engineering, Indian Institute Of Technology Kanpur.
- Ching, F., & Adams, C. 2001. *Ilustrasi Kontruksi Bangunan*. Jakarta: Erlangga.
- Curtin, W. G. dkk. 2006. *Structural Masonry Designers' Manual*. UK: Grananda Publishing.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2018. *Nilai Spektral Percepatan di Permukaan dari Gempa Risk-Targeted Maximum Consider Earthquake dengan Probabilitas Keruntuhan Bangunan 1% dalam 50 Tahun*. puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011. (Diakses 4 Februari 2018).
- Dewi, S. M., & Indrawahyuni, H. 2010. *Mekanika Bahan Untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Frick, H. 2001. *Ilmu Kontruksi Bangunan I*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. *Mekanika Bahan*. Erlangga.
- Iyer, M. 2013. *Build a Safe House With Confined Masonry*. Gujarat: Gujarat State Disaster Management Authority.
- Gunawan, Rudi. 1988. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius.
- Meli, R., dkk. 2011. *Seismic Design Guide For Low-Rise Confined Masonry Building*. Earthquake Engineering Research Institute. California.
- Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Airlangga.
- Subarkah, I. 2012. *Kontruksi Bangunan Gedung*. Idea Darma.
- Wisnumurti. 2010. *Struktur Dinding Bata Merah Lokal Dengan Perkuatan Bilah Bambu Di Daerah Rawan Gempa*. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.