

PERBANDINGAN KEKUATAN DINDING BATA KEDIRI DAN TULUNGAGUNG UNTUK RUMAH DUA LANTAI TERHADAP GEMPA

(Strength Comparison of Kediri and Tulungagung Masonry Brick of Two Story Masonry House against Earthquake)

Jovan Luke Raharjo, Achfas Zacoeb, Agoes Soehardjono

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145 – Telp (0341) 580120
E-mail: jovanluke@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia yang terletak dalam sabuk vulkanik menandakan banyaknya gunung berapi aktif. Hal ini menjadikan Indonesia rawan bencana seperti letusan gunung berapi, tsunami, banjir, tanah longsor, dan gempa bumi. Namun, banyaknya infrastruktur rumah tinggal di Indonesia yang tidak sesuai dengan peraturan. Untuk mengetahui kekuatan bangunan rumah tinggal untuk menahan gaya gempa yang terjadi, penelitian ini membandingkan antara karakteristik bahan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan tegangan yang terjadi. Pada penelitian ini dilakukan analisis dinamik dengan metode derajat kebebasan majemuk dengan data respon spektrum yang diambil dari pusat penelitian dan pemukiman Indonesia 2011. Dengan pengaruh 2 bata yang berbeda yaitu bata Kediri dan Tulungagung, didapatkan juga perbedaan pusat kekakuan dan pusat beban yang menyebabkan eksentrisitas. Adanya eksentrisitas menyebabkan distribusi gaya gempa pada dinding bertambah dengan adanya gaya akibat momen eksentrisitas yang kemudian dapat dihitung tegangan gesernya. Hasil dari penelitian ini didapatkan tegangan geser yang terjadi pada lantai 1 Kediri lebih besar daripada model Tulungagung, tetapi hal serupa tak terjadi pada lantai 2 yang memiliki perbandingan terbalik. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya pengaruh modulus elastisitas, modulus geser, dimensi bata, dan letak geografis dinding. Pada lantai 1 dinding bata Kediri memiliki kekakuan lebih besar dari bata Tulungagung yang menyebabkan menerima gaya lebih besar. Namun gaya gempa akibat momen bata Tulungagung lebih besar dengan nilai total gaya 698.45 kg dibanding dengan bata Kediri dengan nilai total gaya 694.15 kg. Tetapi akibat bata Tulungagung yang lebih luas, menyebabkan tegangan geser yang terjadi lebih kecil dengan nilai 1.50 kg/cm². Sedangkan bata Kediri didapatkan tegangan geser 1.81 kg/cm².

Kata-Kata kunci: rumah tinggal, pasangan batu bata, eksentrisitas, tegangan geser, derajat kebebasan majemuk

ABSTRACT

Indonesia is located in the volcanic belt area where indicates some active volcanoes. This makes Indonesia vulnerable to disasters such as volcanic eruptions, tsunamis, floods, landslides, and earthquakes. However, the residential infrastructure in Indonesia is not in accordance with the regulations. To determine the strength of residential buildings to withstand the earthquake forces that occur, this study compares the characteristics of the material from research that has been done before with the current stress that occurs. In this research, dynamic analysis is done with the multiple degree of freedom method with spectrum response data taken from the center of research and settlement of Indonesia by 2011. With the influence of 2 different bricks from Kediri and Tulungagung, also found the difference of center of stiffness and center of weight that caused eccentricity. The existence of eccentricity causes the distribution of earthquake forces on the wall is increases with the force due to the moment of eccentricity and calculated the shear stress by then. The result of this research is that the shear stress that occurs on the 1st floor of Kediri is larger than Tulungagung's, but the same thing does not happen on the 2nd floor which has reverse ratio. This can occur due to the influence of elasticity modulus, shear modulus, brick dimension, and geographical position of the wall. On the 1st floor, Kediri brick walls have greater stiffness than Tulungagung brick which leads to receive a larger earthquake forces. But the moment force due to the eccentricity make Tulungagung's have a greater value which is 698.45 kg compared to the Kediri brick with total value 694.149 kg. But due to wider brick from Tulungagung, causing the shear stress that occurs smaller with a value of 1.50 kg/cm². While Kediri brick has value of 1.81 kg/cm².

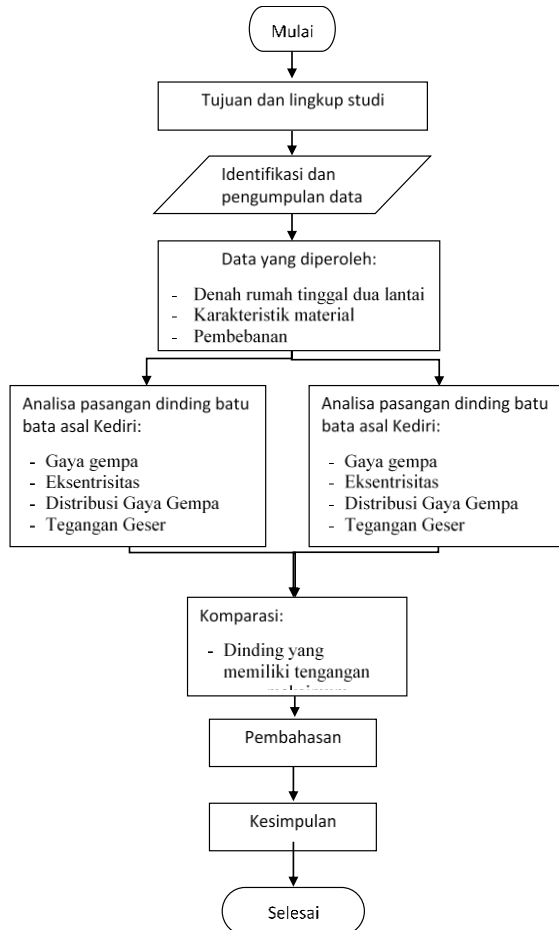
Keywords: residential, masonry brick, eccentricity, shear stress, multi degree of freedom

PENDAHULUAN

Bencana alam seringkali tak terduga dan memberikan dampak kerusakan yang besar. Bencana alam terjadi dengan alamiah di seluruh bumi. Besarnya dampak bencana alam diukur dari banyaknya korban, kerugian ekonomi, dan lama waktu yang dibutuhkan suatu daerah untuk membangun kembali setelah terjadi bencana alam. Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa dan diapit oleh dua samudera besar dan merupakan pertemuan antara 4 lempeng tektonik. Hal ini menyebabkan Indonesia menjadi daerah rawan bencana salah satunya gempa bumi. Namun, banyaknya infrastruktur rumah tinggal di Indonesia yang tidak sesuai dengan peraturan. Untuk mengetahui kekuatan bangunan rumah tinggal untuk menahan gaya gempa yang terjadi.

METODE

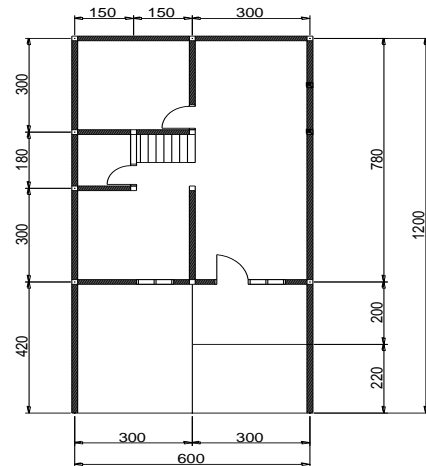
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



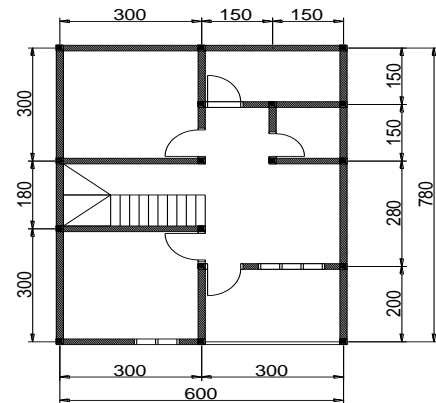
Gambar 1 Diagram alir penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan teori dan penelitian yang telah dilakukan untuk menganalisa tegangan geser yang terjadi pada bangunan rumah tinggal dua lantai akibat perbedaan jenis bata merah dengan metode respon

spektrum dan MDOF. Berikut gambar denah rumah dua lantai:

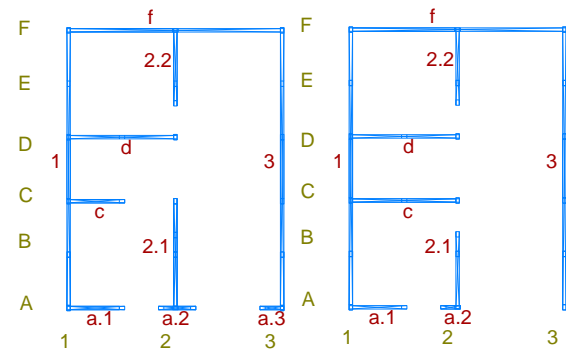


Gambar 2 Denah rumah lantai 1



Gambar 3 Denah rumah lantai 2

Setelah mendapatkan gambar denah, dilakukan penamaan pada dinding pada tiap arah portal (X dan Y) sebagai berikut:



Gambar 4 Penamaan dinding

Setelah penamaan dinding dilakukan pengumpulan data material seperti lebar batu bata, modulus elastisitas, rasio Poisson, berat jenis, dan modulus geser. Berikut tabel karakteristik dari masing-masing bata:

P_k = partisipasi faktor *mode* pada *mode shape-k*
 m_i = massa pada lantai-i

$$A_k = \frac{I_e \times S_a(g)}{R} \dots \dots \dots (2-4)$$

dengan:

I_e = factor keutamaan gempa
 $S_a(g)$ = koefisien percepatan spektral
 R = faktor modifikasi respons

Untuk menentukan nilai koefisien percepatan spektral $S_a(g)$, digunakan SNI-1726-2012. Berdasarkan SNI-1726-2012, kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada ketentuan dibawah ini:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \times \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0}\right) \dots \dots \dots (2-5)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari satau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}

3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (2-6)$$

dengan:

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{DS}}{S_{D1}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Partisipasi faktor *mode* pada *mode shape-k* dapat dihitung berdasarkan rumus (2-7) berikut:

$$P_k = \frac{\sum m_i \cdot \phi_{ik}}{\sum m_i \cdot (\phi_{ik})^2} \dots \dots \dots (2-7)$$

dengan:

m_i = massa pada lantai-i (kg)

ϕ_{ik} = perpindahan pada lantai-i dan *mode shape-k*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas beban yang didapat digunakan selanjutnya untuk menghitung volume dan dengan dikalikan berat jenis masing-masing elemen didapatkan berat bagian yang ditinjau. Dengan kombinasi beban maksimum $U = 1.2DL + 1.6LL$, didapatkan beban ultimate pada bata Kediri dan Tulungagung. Berikut tabel beban ultimate pada kedua bata:

Tabel 4 Beban ultimate

Lokasi	Beban Lantai 1 (kg)	Beban Lantai 2 (kg)
Kediri	45992.12	15590.46
Tulungagung	47032.88	16349.03

Sehingga didapatkan total kekakuan pada masing-masing dinding lantai 1 dan 2 untuk masing-masing bata yang direkap pada tabel 5

Tabel 5 Rekap kekakuan bata

Lokasi	Lantai 1 (kg/cm)	Lantai 2 (kg/cm)
Kediri	55060.13	59499.70
Tulungagung	68096.19	74212.95

Tabel 6 Kekakuan dinding bata Kediri lantai 1

Dinding	k dinding (kg/cm)	k kolom (kg/cm)	k tiap portal (kg/cm)	Keterangan
A-1	1351.19		1985.94	Arah X
A-2	485.71			
A-3	149.05			
B		27.77	27.77	
C	1351.19	18.51	1369.70	
D	4416.89	9.26	4426.14	
E		27.77	27.77	
F	10877.76		10877.76	
		total	18715.08	
1	14711.94		14711.94	Arah Y
2-1	4474.91	22.00	6921.17	
2-2	2424.27			
3	14711.94		14711.94	
		total	36345.05	

Tabel 7 Kekakuan dinding bata Kediri lantai 2

Dinding	k dinding (kg/cm)	k kolom (kg/cm)	k tiap portal (kg/cm)	Keterangan
A-1	1515.45	9.26	1622.95	Arah X
A-2	98.24			
B		27.77	27.77	
C	4795.19	9.26	4804.44	
D	4795.19	9.26	4804.44	
E		27.77	27.77	
F	11585.76		11585.76	Arah Y
		total	22873.13	
1	15614.52		15614.52	
2-1	2676.77	43.99	5397.52	
2-2	2676.77			
3	15614.52		15614.52	
		total	36626.57	

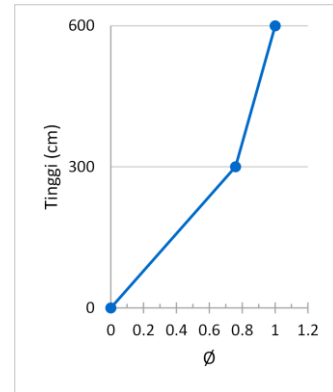
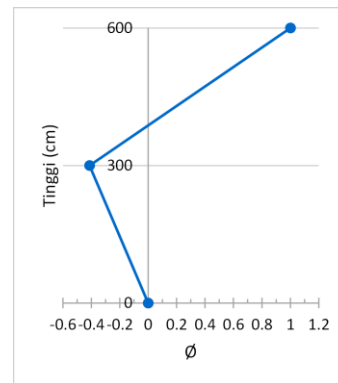
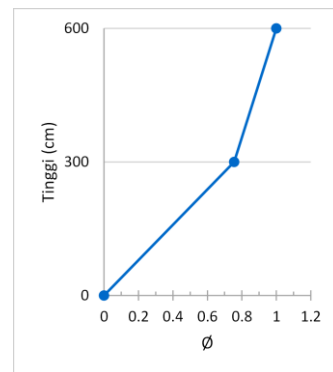
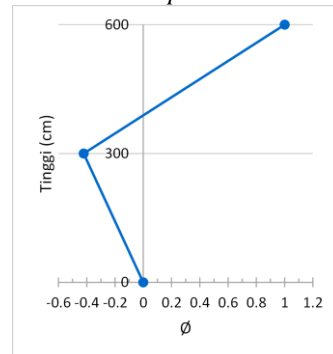
Tabel 8 Kekakuan dinding bata Tulungagung lantai 1

Dinding	k dinding (kg/cm)	k kolom (kg/cm)	k tiap portal (kg/cm)	Keterangan
A-1	1178.57		1661.58	Arah X
A-2	374.42			
A-3	108.60			
B		33.81	33.81	Arah Y
C	1178.57	22.54	1201.11	
D	4824.10	11.27	4835.37	
E		33.81	33.81	
F	13987.69		13987.69	
		total	21753.36	
1	19545.91		19545.91	Arah Y
2-1	4891.25	23.49	7251.01	
2-2	2336.27			
3	19545.91		19545.91	
		total	46342.83	

Tabel 9 Kekakuan dinding bata Tulungagung lantai 2

Dinding	k dinding (kg/cm)	k kolom (kg/cm)	k tiap portal (kg/cm)	Keterangan
A-1	1345.58	11.27	1426.41	Arah X
A-2	69.56	0.00		
B	0.00	33.81	33.81	
C	5329.16	11.27	5340.43	
D	5329.16	11.27	5340.43	
E	0.00	33.81	33.81	
F	15019.51	0.00	15019.51	Arah Y
		total	27194.39	
1	20855.50	0.00	20855.50	
2-1	2630.29	46.98	5307.56	
2-2	2630.29	0.00		
3	20855.50	0.00	20855.50	
		total	47018.56	

Dengan memasukkan semua variable ke persamaan (2-2) dengan asumsi perpindahan lantai 2 adalah 1, maka didapatkan *mode shape* 1 dan 2 sebagai berikut

**Gambar 7** Mode shape 1 bata Kediri**Gambar 8** Mode shape 2 bata Kediri**Gambar 9** Mode shape 1 bata Tulungagung**Gambar 10** Mode shape 2 bata Tulungagung

Dilanjutkan dengan memasukkan *mode shape* pada persamaan (2-3). Parameter-parameter respon spektral yang didapat berdasarkan Puskim PU (2017) pada tabel 10 dan koefisien desain seismik berdasarkan SNI 1726-2012 pada tabel 11,

gaya gempa yang didapat lalu dibagi berdasarkan nilai kekakuan arah X dan Y dengan nilai kekakuan total. Sehingga didapatkan gaya *mode shape* pada tiap lantai dan arah pada tabel 13.

Tabel 10 Parameter-parameter respons spektral percepatan Kota Blitar pada tanah sedang

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.439
SS (g)	0.870
S1 (g)	0.369
CRS	1.005
CR1	0.944
FPGA	1.064
FA	1.152
FV	1.662
PSA (g)	0.464
SMS (g)	1.002
SM1 (g)	0.613
SDS (g)	0.668
SD1 (g)	0.409
T0 (detik)	0.122
TS (detik)	0.612

Sumber: <http://puskim.pu.go.id/>

Tabel 11 Faktor keutamaan dan koefisien seismik untuk struktur non gempa tidak serupa gedung

I_e	1
R	1.25

Tabel 12 Gaya gempa tiap arah, lantai, dan *mode shape* bata Kediri

	Gaya arah X (kg)	Gaya arah Y (kg)	Mode shape
Lantai 1	7612.89	14784.39	Mode 1
	411.81	799.75	Mode 2
Lantai 2	3840.07	6149.07	Mode 1
	-382.54	-612.55	Mode 2

Tabel 13 Gaya gempa tiap arah, lantai, dan *mode shape* bata Tulungagung

	Gaya arah X (kg)	Gaya arah Y (kg)	Mode shape
Lantai 1	7286.457	15522.89	Mode 1
	378.691	806.7541	Mode 2
Lantai 2	3845.265	6648.386	Mode 1
	-357.703	-618.462	Mode 2

Dengan menentukan titik 0,0 (X,Y) pada masing-masing denah, didapatkan pusat kekakuan dan pusat beban. Didapatkan tabel koordinat pusat kekakuan dan beban pada kedua bata sebagai berikut:

Tabel 14 Koordinat pusat kekakuan bata Kediri

Koordinat pusat kekakuan (cm)	Keterangan
X 300	Lantai 1
Y 589.721305	
X 300	Lantai 2
Y 559.6825526	

Tabel 15 Koordinat pusat beban bata Kediri

Koordinat pusat beban (cm)	Keterangan
X 300	Lantai 1
Y 384.4059	
X 289.9936	Lantai 2
Y 412.3157	

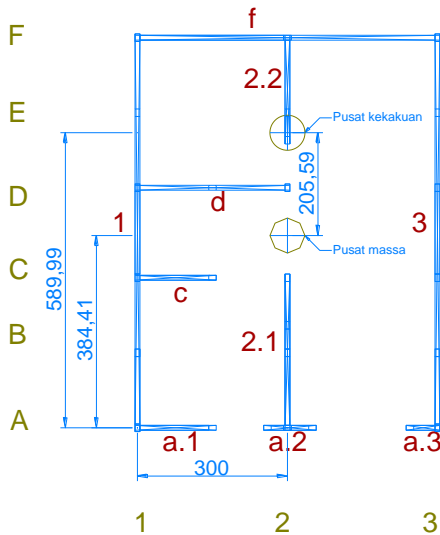
Tabel 16 Koordinat pusat kekakuan bata Tulungagung

Koordinat pusat kekakuan (cm)	Keterangan
X 300	Lantai 1
Y 626.022	
X 300	Lantai 2
Y 584.941	

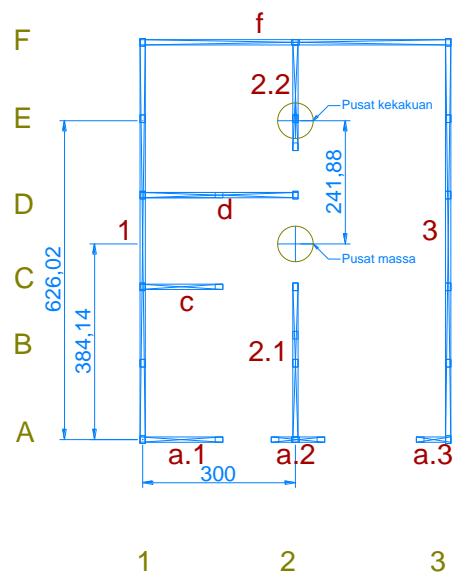
Tabel 17 Koordinat pusat beban bata Tulungagung

Koordinat pusat beban (cm)	Keterangan
X 300	Lantai 1
Y 384.1408	
X 290.4742	Lantai 2
Y 403.5826	

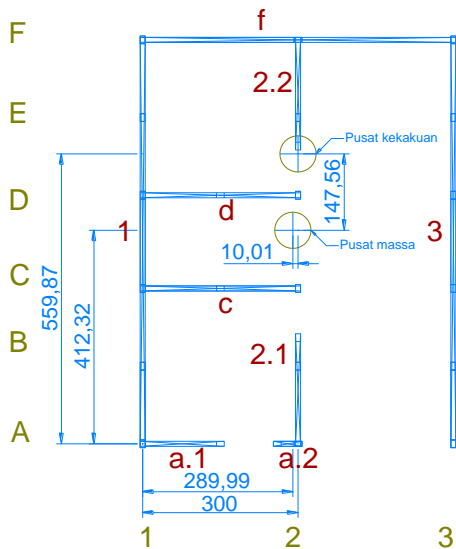
Tabel yang didapat digambarkan untuk mempermudah pembacaan, berikut gambar pusat kekakuan dan pusat beban pada masing-masing bata:



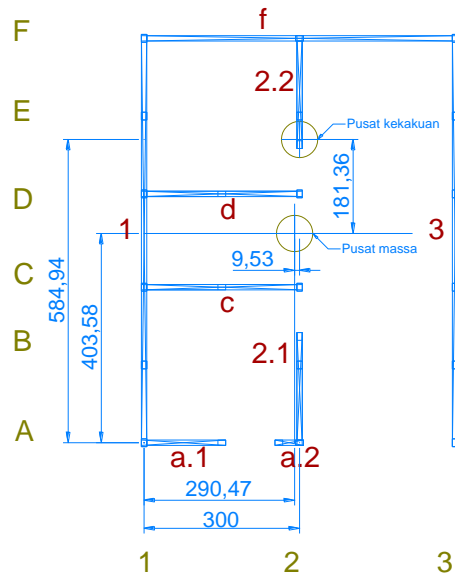
Gambar 11 Koordinat pusat kekakuan dan beban bata Kediri lantai 1



Gambar 13 Koordinat pusat kekakuan dan beban bata Tulungagung lantai 1



Gambar 12 Koordinat pusat kekakuan dan beban bata Kediri lantai 2



Gambar 14 Koordinat pusat kekakuan dan beban bata Tulungagung lantai 2

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada tabel 6 dan 7, dikombinasi dengan adanya gaya akibat momen eksentrisitas antara pusat kekakuan dan pusat beban dan dengan persamaan (2-8) didapatkan gaya gempa total yang diterima oleh tiap dinding. Untuk mencari tegangan geser yang terjadi menggunakan persamaan (2-9).

$$(P + Pe) = P + Pe \dots \dots \dots (2-8)$$

dengan:

$(P + Pe)$ = gaya gempa total (kg)

P = gaya gempa (kg)

Pe = gaya gempa akibat momen (kg)

$$\tau = \frac{(P + P_e)}{b \times h} \dots \dots \dots (2-9)$$

dengan:

- τ = tegangan geser (kg/cm²)
- b = tebal dinding (cm)
- h = panjang dinding (cm)

Berikut distribusi gaya dan tegangan yang diterima oleh bata Kediri:

Tabel 18 Distribusi gaya bata Kediri lantai 1

Portal	P (kg)	Pe (kg)	P + Pe (kg)
A-1	549.64	633.52	1183.16
A-2	197.58	633.52	831.10
A-3	60.63	633.52	694.15
B			
C	549.64	311.39	861.02
D	1796.70	118.11	1914.80
E			
F	4424.84	-204.03	4220.81
1	5984.50	214.75	6199.25
2-1	1820.30	472.45	2292.75
2-2	986.14	-92.55	893.59
3	5984.50	214.75	6199.25

Tabel 19 Distribusi tegangan bata Kediri lantai 1

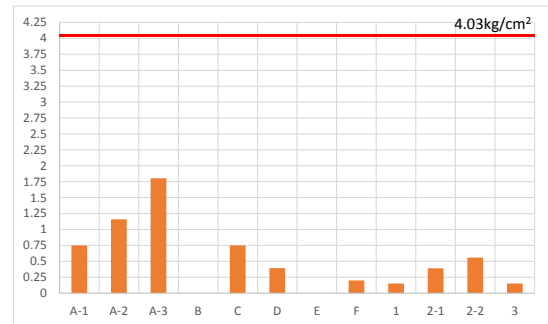
Portal	b (cm)	h (cm)	τ (kg/cm ²)
A-1	9.73	162.37	0.748899
A-2		105.00	1.158084
A-3		67.37	1.804939
B			
C		162.37	0.748899
D		309.73	0.392596
E			
F		609.73	0.199431
1		795.00	0.152954
2-1		312.37	0.389278
2-2		217.37	0.559409
3		795.00	0.152954

Tabel 20 Distribusi gaya bata Kediri lantai 2

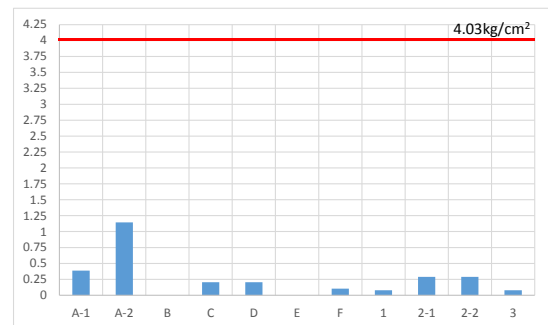
Portal	P (kg)	Pe (kg)	P + Pe (kg)
A-1	254.42	358.41	612.84
A-2	16.49	312.91	329.41
B			
C	805.04	176.68	981.72
D	805.04	77.51	882.55
E			
F	1945.08	-121.27	1823.81
1	2621.45	160.60	2782.06
2-1	449.39	251.25	700.64
2-2	449.39	-64.08	385.31
3	2621.45	26.57	2648.02

Tabel 21 Distribusi tegangan bata Kediri lantai 2

Portal	b (cm)	h (cm)	τ (kg/cm ²)
A-1	9.73	162.37	0.387906
A-2		55.00	1.14517
B			
C		309.73	0.203353
D		309.73	0.203353
E			
F		609.73	0.103299
1		795.00	0.079226
2-1		217.37	0.289757
2-2		217.37	0.289757
3		795.00	0.079226



Gambar 15 Tegangan geser lantai 1 bata Kediri



Gambar 16 Tegangan geser lantai 2 bata Kediri

Berikut distribusi gaya dan tegangan yang diterima oleh bata Tulungagung:

Tabel 22 Distribusi gaya bata Tulungagung lantai 1

Portal	P (kg)	Pe (kg)	P + Pe (kg)
A-1	394.77	662.08	1056.85
A-2	125.41	662.08	787.49
A-3	36.38	662.08	698.45
B			
C	394.77	344.80	739.57
D	1615.87	154.43	1770.30
E			
F	4685.28	-162.85	4522.43
1	6547.05	249.61	6796.67
2-1	1638.36	502.22	2140.58
2-2	782.55	-53.23	729.32
3	6547.05	249.61	6796.67

Tabel 23 Distribusi tegangan bata Tulungagung lantai 1

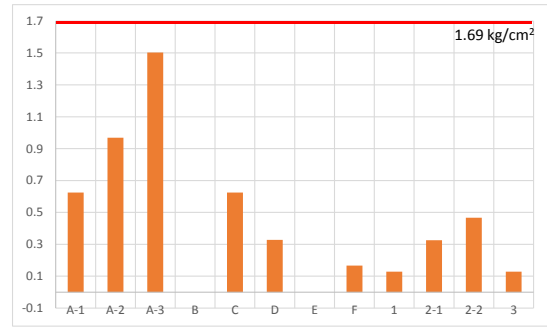
Portal	b (cm)	h (cm)	τ (kg/cm ²)
A-1	10.39	162.70	0.625187
A-2		105.00	0.968742
A-3		67.70	1.502480
B			
C		162.70	0.625187
D		310.39	0.327710
E			
F		610.39	0.166644
1		795.00	0.127947
2-1		312.70	0.325289
2-2		217.70	0.467239
3		795.00	0.127947

Tabel 24 Distribusi gaya bata Tulungagung lantai 2

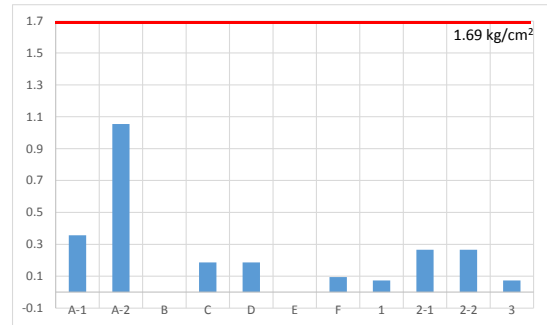
Portal	P (kg)	Pe (kg)	P + Pe (kg)
A-1	190.26	412.27	602.53
A-2	9.84	365.41	375.25
B			
C	753.54	210.24	963.78
D	753.54	99.21	852.75
E			
F	2123.75	-120.32	2003.43
1	2948.95	189.21	3138.16
2-1	371.92	296.88	668.80
2-2	371.92	-56.39	315.54
3	2948.95	51.29	3000.24

Tabel 25 Distribusi tegangan bata Tulungagung lantai 2

Portal	b (cm)	h (cm)	τ (kg/cm ²)
A-1	10.39	162.70	0.356433
A-2		55.00	1.054393
B			
C		310.39	0.186835
D		310.39	0.186835
E			
F		610.39	0.095007
1		795.00	0.072945
2-1		217.70	0.266383
2-2		217.70	0.266383
3		795.00	0.072945



Gambar 17 Tegangan geser lantai 1 bata Tulungagung



Gambar 18 Tegangan geser lantai 2 bata Tulungagung

Berdasarkan tabel 17 dan 19 untuk bata Kediri dan tabel 21 dan 23 untuk bata Tulungagung serta gambar 15 dan 16 untuk bata Kediri dan gambar 17 dan 18 untuk bata Tulungagung, dapat ditentukan dinding yang mengalami tegangan geser terbesar dengan membuat tabel rekap sebagai berikut:

Tabel 26 Tegangan geser maksimum

Dinding	Kediri (kg/cm ²)	Tulungagung (kg/cm ²)	
A-3	1.804939	1.50248	Lantai 1
A-2	1.14517	1.05439	Lantai 2

Hal ini dibuktikan dengan hasil tegangan geser pada lantai 1 dan lantai 2 bata Kediri yang lebih besar daripada bata Tulungagung. Pada lantai 1 tegangan geser pada dinding A-3 bata Kediri lebih besar dikarenakan kekakuan yang terdapat pada dinding A-3 bata Kediri lebih besar daripada bata Tulungagung. Namun gaya gempa akibat momen yang berasal dari eksentrisitas pusat kekakuan dan beban pada dinding A-3 bata Tulungagung lebih besar dengan total gaya gempa dan gaya akibat momen sebesar 698.45 kg dibanding dengan bata Kediri dengan total sebesar

694.15 kg. Tetapi, total gaya gempa yang terjadi tidak dapat dijadikan kesimpulan dikarenakan terdapat pengaruh dimensi bata untuk mencari tegangan geser yang terjadi. Dengan lebar 10.39 cm dan panjang dinding 67.7 cm, bata Tulungagung memiliki tegangan geser 1.50 kg/cm². Sedangkan bata Kediri dengan lebar 9.73 cm dan panjang dinding 67.37 cm didapatkan tegangan geser 1.81 kg/cm². Tegangan geser yang dimiliki model Tulungagung lebih kecil akibat dimensi bata.

Berikut tabel perbandingan karakteristik bata yang berpengaruh terhadap besarnya gaya dan tegangan yang terjadi pada dinding rumah tinggal:

Tabel 27 Perbandingan karakteristik bata

Lokasi	Modulus elastisitas (kg/cm ²)	Modulus geser (kg/cm ²)	Dimensi h (cm)
Kediri	1307.69	572.5438	9.73
Tulungagung	828.16	753.23	10.39

KESIMPULAN DAN SARAN

Dinding yang memiliki tegangan terbesar pada lantai 1 untuk bata Kediri dan Tulungagung Tulungagung terdapat pada dinding A-3 dengan tegangan geser = 1.81 kg/cm² untuk bata Kediri dan tegangan geser = 1.50 kg/cm² untuk bata Tulungagung. Sedangkan pada lantai 2 untuk bata Kediri dan Tulungagung terdapat pada dinding A-2 dengan tegangan geser = 1.15 kg/cm² untuk bata Kediri dan tegangan geser = 1.05 kg/cm² untuk bata Tulungagung. Karakteristik yang berpengaruh terhadap kekuatan bangunan rumah tinggal adalah modulus elastisitas, modulus geser, dimensi bata, dan letak geografis dinding.

Setelah seluruh proses dalam penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya mengenai karakteristik dinding yang telah diplester baik dengan semen atau ubin baik satu sisi maupun kedua sisi agar dapat menghasilkan hasil penelitian yang lebih akurat. Melakukan studi

lapangan terhadap beberapa rumah yang terdapat di Indonesia untuk mengetahui proses pembangunan baik di lapangan maupun izin mendirikan bangunan yang telah di terima oleh pihak yang berwenang apakah telah sesuai dengan syarat dan ketentuan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- FEMA 356 (2000). *Pre-standard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Federal Emergency Management Agency.
- Paz, Mario. (1990). *Dinamika Struktur Teori & Perhitungan*. Jakarta: Erlangga
- PPIUG 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan1
- Puskim PU. (2017). *Desain Spektra Indonesia*. http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. (diakses 2 Oktober 2017)
- SNI 1726-2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Wisnumurti, Dewi, S. M., & Soehardjono, A. M. D. (2013). Investigation of Elasticity, Compression, and Shear Strength of Masonry Wall from Indonesian Clay Brick. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 3 (1): 259-263.