

TINJAUAN PENGARUH BUKAAN TERHADAP KAPASITAS KETAHANAN GEMPA RUMAH TINGGAL MENGGUNAKAN METODE “WALL DENSITY INDEX”

(Review of Influence of opening to Earthquake resistance Capability of Residential Home Using Wall Density Index Method)

Muhammad Iqbal, Agoes Soehardjono, Wisnumurti
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email : iqbalyumadris1@gmail.com

ABSTRAK

Rumah tinggal yang tahan terhadap gempa dibutuhkan sehingga kajian terhadap kapasitas ketahanan gempa pada rumah tinggal dibutuhkan. Hasil yang diperoleh dari hasil analisis ini adalah bentuk denah bangunan, tipe 45 dan tipe 45 modifikasi memiliki bentuk *irregular* dengan nilai $3,5 > 1,2$ dan $3,5 > 1,2$ sedangkan perbandingan panjang bangunan dengan lebar bangunan kedua bangunan $1,14 < 4$. Bukaan pada bangunan tipe 45 dan tipe 45 modifikasi 18,5% dan 20% dari luas total dinding. Pada analisis *Wall Density Index* tiap tipe 45 dan 45 modifikasi 5,2 % dan 5,4 % yang syaratnya harus lebih besar dari 2,5% untuk bangunan 1 lantai. Kontrol kapasitas seismic, kontrol kebutuhan *Wall Density Index* terhadap gaya gravitasi dan kontrol daya dukung dinding tipe 45 $4,902 > 1,6$; $16,45 > 2,33$ dan tipe 45 modifikasi $5,147 > 1,6$; $16,33 > 2,33$. Dari hasil analisis ini didapatkan bahwa semua bangunan tersebut memenuhi kapasitas ketahanan gempa berdasarkan metode *Wall Density Index*.

Kata Kunci : *Wall Density Index* , kapasitas ketahanan gempa, beban gravitasi

ABSTRACT

The earthquake-resistant home are needed so that the study of the earthquake resistance capacity in the houses is needed. The results obtained from the results of this analysis is the form of building plan, type 45 and type 45 modification has an irregular shape with a value of $3.5 > 1.2$ and $3.5 > 1.2$ while the ratio of building length to building width of both buildings $1.14 < 4$. Aperture on type 45 building and 45 modified type 18.5% and 20% of total wall area. In the *Wall Density Index* analysis each type 45 and 45 modifications 5.2% and 5.4% whose condition must be greater than 2.5% for 1 floor building. Seismic capacity control, *Wall Density Index* requirement control on gravity and wall carrying capacity of 45 type $4.902 > 1.6$; $16.45 > 2.33$ and 45 modified types $5.147 > 1.6$; $16.33 > 2.33$. From the results of this analysis found that all the buildings meet the capacity of earthquake resistance based on *Wall Density Index* method.

Keywords : *Wall Density Index* , capacity of earthquake resistance, gravity

1. PENDAHULUAN

Gempa Bumi merupakan getaran bumi secara tiba-tiba akibat gesekan lempengan bumi. Gempa bumi tidak dapat diprediksi, dicegah bahkan diketahui kekuatan yang akan muncul. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan yang baik terhadap pembangunan yang akan dilakukan untuk menekan angka kerusakan dan korban jiwa. Namun dari keseluruhan bangunan yang rusak akibat gempa, kerusakan sebagian besar terjadi pada rumah tinggal sederhana yang dibangun tanpa ada perencanaan untuk ketahanan terhadap gempa.

Letak Kota Malang yang berada pada perbatasan lempeng tektonik dan dikelilingi oleh beberapa gunung yang masih aktif. Malang juga dipengaruhi oleh lempeng tektonik Indo-Australia di selatan Malang dan juga dipengaruhi oleh lempeng Eurasia yang ada di sebelah utara Jawa Timur. Hal ini mengakibatkan Kota Malang termasuk salah satu kota yang sering terjadi gempa bumi.

Kota Malang terkenal akan wisata dan kota pendidikan nya, sehingga kebutuhan akan rumah tinggal sangat tinggi. Sehingga dibutuhkan perencanaan yang baik dalam pembangunan rumah tinggal dengan ketahanan terhadap gempa, terutama pada dinding bangunan rumah tinggal.

2. DASAR TEORI

2.1 Rumah Sederhana Tahan Gempa

Rumah sederhana adalah rumah yang tidak bersusun dengan luas bangunan tidak lebih dari 70m² yang dibangun di atas tanah dengan luas Kavling 54-200m². Lokasi terjadinya gempa merupakan hal terpenting dalam menentukan desain konseptual dalam membangun rumah tinggal tahan gempa. Hal tersebut di karenakan tiap lokasi memiliki riwayat gempa yang berbeda.

2.2 Perencanaan Umum dan Aspek Desain

Dalam perencanaan rumah tinggal tahan gempa, harus mengutamakan keselamatan hidup dengan tujuan kerusakan struktur yang diizinkan akibat gempa bumi, akan tetapi keruntuhan harus dihindari sehingga penghuni rumah dapat dengan aman mengevakuasi bangunan. Dengan Perencanaan dan pelaksanaan yang tepat, rumah tahan gempa dengan kepadatan dinding yang cukup diharapkan tidak terjadi kerusakan akibat gempa bumi sedang.

Tipe pasangan bata yang diizinkan untuk rumah tahan gempa dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kuat tekan minimum (f_p') untuk unit pasangan bata berdasarkan luas bruto

Jenis unit pasangan bata	Kuat tekan minimum (f_p') MPa (kg/cm ²)
<i>Solid concrete block</i>	5 (50)
<i>Hollow concrete block</i>	5 (50)
<i>Solid clay bricks</i>	4 (40)
<i>Machine-made clay bricks</i>	10 (100)
<i>Hollow clay tiles</i>	10 (100)
<i>Multi-perforated clay bricks</i>	10 (100)

Pasangan bata memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan seismik dari bangunan tahan gempa dan keselamatan hidup penghuninya. Kuat tekan sangat penting bagi pasangan bata

dan sangat bervariasi tergantung material lokal dan pelaksanaan konstruksi. direkomendasikan nilai empiris untuk desain kuat tekan pasangan bata (f_m') pada

Tabel 2.

Tabel 2. Desain kekuatan tekan dinding bata (f_m')

Jenis unit pasangan bata	Desain kuat tekan (f_m') MPa (kg/cm ²)		
	Jenis mortir		
	I	II	III
<i>Solid clay bricks</i>	1.5 (15)	1.5 (15)	1.5 (15)
<i>Hollow clay tiles</i>	4.0 (40)	4.0 (40)	3.0 (30)
<i>Hollow concrete block</i>	2.0 (20)	1.5 (15)	1.0 (10)
<i>Solid concrete block</i>	2.0 (20)	1.5 (15)	1.5 (15)

Tabel 3 Kekuatan geser dasar bata (v_m).

Jenis unit pasangan bata	Jenis mortar	Kekuatan geser dasar (v_m)
		MPa (kg/cm ²)
<i>Solid clay bricks</i>	I	0,35 (3,5)
	II dan III	0,30 (3.0)
<i>Hollow clay tiles</i>	I	0,30 (3.0)
	II dan III	0,20 (2.0)
<i>Hollow concrete block</i>	I	0,35 (3,5)
	II dan III	0,25 (2.5)
<i>Solid concrete block</i>	I	0,30 (3.0)
	II dan III	0,20 (2.0)

2.3 Pedoman untuk Bangunan Tahan Gempa Non Struktur

Bangunan non struktur biasanya dibangun tanpa adanya perhitungan atau perencanaan oleh para insinyur. Bangunan ini biasanya hanya dibangun berdasarkan pengalaman oleh masyarakat sehingga tidak diketahui kekuatannya dalam menahan gempa.

2.3.1 Komponen bangunan

a. Dinding Pasangan Bata

Kerapatan dinding adalah indikator kunci keamanan untuk ketahanan bangunan terhadap seismic dan gaya gravitasi. Kerapatan dinding dihitung dari indeks kerapatan dinding, d , dimana persamaan:

$$d = A_w/A_p$$

b. Dinding dengan Bukaannya

Bukaan merupakan komponen bangunan yang tidak terpisahkan terkait dengan fungsi bangunan gedung. Pengurangan luasan dinding melalui penambahan bukaan serta letak bukaan itu sendiri secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap perilaku dinding bata terkekang.

2.4 Metode Wall Density Index

Metode ini digunakan untuk menghitung indeks kepadatan dinding, tapi dapat juga digunakan untuk memeriksa kelayakan awal dari sebuah layout dinding dalam bangunan yang tinggi, dan/atau rendah bangunan dengan kompleks layout struktural.

Diasumsikan bangunan akan tetap aman ketika terkena gempa rencana dengan ketentuan :

$$F_R V_R \geq F_C V_U$$

$$\frac{V_R}{V_U} \geq \frac{F_C}{F_R} = FS$$

$$V_R = v AW$$

$$V_U = C_s WT$$

$$WT = AP n w$$

dengan :

V_R = Kekuatan Geser Seismik untuk setiap Story

V_U = gaya Sesimic

F_R = Faktor Reduksi (0,7)

F_C = Faktor beban (1,1)

W_T = Berat bangunan

w = berat untuk satuan luas sistem lantai/
atap

n = Jumlah efek Story

C_s = Koefisien seismik

Berdasarkan persamaan sebelumnya , rasio kuat geser tiap level (V_R) dan gaya seismik (V_U) sebagai berikut

$$\frac{V_R}{V_U} = \frac{V AW}{C_s n w Ap} = \frac{V}{C_s n w} d$$

Dimana Wall density index (d) adalah rasio dari wall area (A_w) di arah ortogonal bangunan rencana (A_p) yaitu

$$d = \frac{A_w}{A_p}$$

Berdasarkan *Simplified Method*, bangunan dikatakan aman terhadap beban seismik ditentukan berdasarkan Wall Density Index (d)

$$d \geq \frac{F_s C_s w n}{v}$$

2.5 Perhitungan Beban Gempa

Berdasarkan SNI-1726-2012, Untuk penentuan respon spektrum percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek

S_1 = parameter respons spektral gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik

2.5.1 Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI-1726-2012, geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W$$

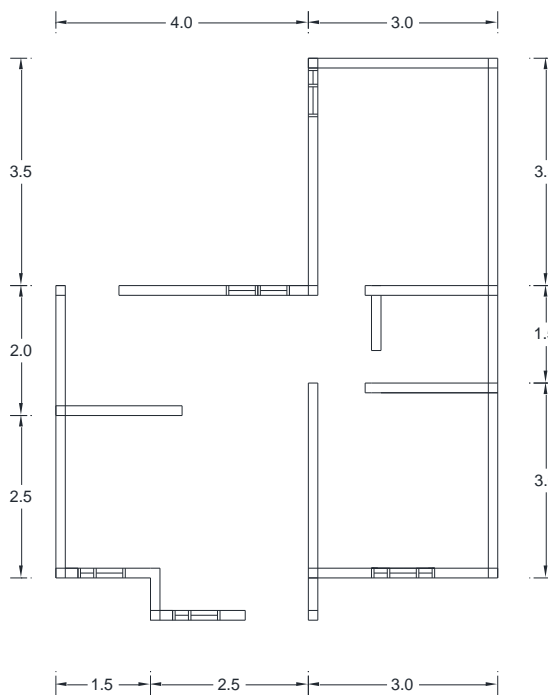
Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

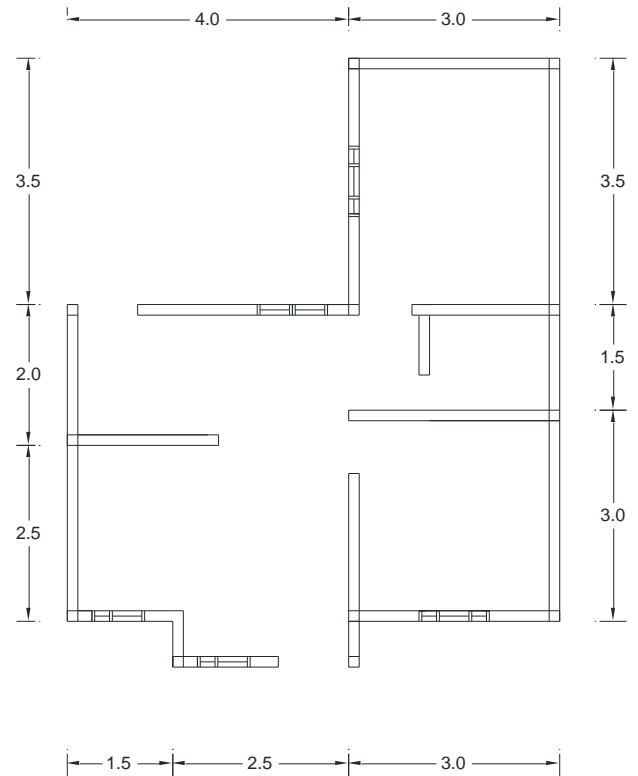
W = berat seismik efektif

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada 2 struktur rumah tinggal dikota Malang dan difokuskan pada analisis struktur dinding. Bangunan yang dimodelkan dalam analisis ini adalah rumah tinggal tipe 45 di Developer A Residence Malang memiliki luas lahan 84m^2 dan struktur utama memiliki luas 45m^2 serta tipe 45 modifikasi dengan ukuran bukaan yang di atur sedemikian rupa mendekati 20 %. Denah rumah tinggal seperti tampak pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Denah rumah tinggal tipe 45



Gambar 2. Denah Rumah tinggal tipe 45 Modifikasi

Langkah-langkah Analisis struktur Adapun langkah-langkah dalam penulisan ini sebagai berikut:

1. Membuat desain awal denah rumah tinggal tipe 45
2. Menghitung beban struktur bangunan sesuai dengan material yang digunakan pada bangunan tersebut.
3. Evaluasi beban gempa dasar struktur yang di hasilkan dari perhitungan beban struktur dengan mempertimbangkan waktu getar alami struktur sesuai dengan peraturan, lalu didapatkan gaya geser seismik.

4. Menghitung kerapatan dinding (d) dengan menggunakan metode *wall density index*.
5. Menghitung kebutuhan kerapatan dinding berdasarkan beban gravitasi.
6. Evaluasi kemampuan daya dukung dinding untuk dinding kritis terhadap beban gempa.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan **Gambar 1** dan **Gambar 2** untuk arah x dengan panjang 7 m dan arah y dengan panjang 8 m. Pada perhitungan arah x, $4\text{ m} > 0,15 \times 7 = 1,05\text{ m}$ dan arah y, $3,5\text{ m} > 0,15 \times 8 = 1,2\text{ m}$ berarti $4\text{ m} > 0,15X$ dan $3,5 > 0,15Y$ memenuhi kriteria *irregular*, sehingga kedua bangunan tipe 45 tersebut dikatakan *irregular*.

Luas bukaan terhadap luas dinding didapat bahwa bukaan pada dinding bangunan rumah tinggal mempengaruhi besar nilai kapasitas bangunan rumah tinggal. Pada rumah tipe 45 memiliki bukaan pada dinding sebesar 18,5% dari total luas dinding sementara pada tipe 45 modifikasi memiliki bukaan sebesar 20% dari total luas dinding.

Menurut Meli,dkk kapasitas *Wall Density Index* untuk kota Malang harus lebih besar dari 2,5% untuk bangunan 1 lantai. Didapat kapasitas *Wall Density Index* tipe 45 dan tipe 45 modifikasi sebesar 5,2% dan 5,4%. Meskipun begitu kedua

tipe bangunan memenuhi syarat *Wall Density Index*.

Untuk Kapasitas seismik harus memenuhi $\frac{V_R}{V_U} \geq 1,6$. Kapasitas setiap bangunan dibagi menjadi arah x dan arah y. Pada tipe 45 kapasitas seismik yang didapat untuk arah x sebesar 4,902 dan arah y 6,647. Serta pada tipe 45 modifikasi kapasitas seismik yang didapat untuk arah x sebesar 5,147 dan arah y sebesar 6,332. Dengan demikian kedua bangunan memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan.

Kontrol *Wall Density Index* terhadap beban gravitasi setiap bangunan dibagi berdasarkan dinding interior dan dinding eksterior. Berdasarkan hasil perhitungan untuk tipe 45 dengan dinding interior dan eksterior sebesar 19,19 dan 16,45 serta tipe 45 modifikasi dengan dinding interior dan eksterior sebesar 19,05 dan 16,33. Jadi kedua bangunan tersebut telah memenuhi syarat kerapatan dinding terhadap beban gravitas

Parameter	Tipe	
	45	45 modifikasi
Bentuk bangunan	<i>Irregular</i>	<i>Irregular</i>
Luas Bukaannya terhadap luas Dinding total	18,5 %	20 %
$\frac{\text{Panjang}}{\text{Lebar}}$	1,14	1,14
Wall Density Index	dx	5,20%
	dy	7,00 %
Kontrol kapasitas seismik menggunakan Wall Density Index	$\frac{V_{Rx}}{V_U}$	4,902
	$\frac{V_{Ry}}{V_U}$	6,647
Kontrol Wall Density Index terhadap beban gravitasi	Interior	19,19
	Eksterior	16,45
		19,05
		16,33

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penulisan ini adalah:

1. Berdasarkan bentuk denah bangunan, tipe 45 dan tipe 45 modifikasi memiliki bentuk *irregular* dengan nilai $3,5 > 1,2$ dan $3,5 > 1,2$ sedangkan perbandingan panjang bangunan dengan lebar bangunan harus kurang dari 4, berdasarkan hasil didapatkan nilai untuk tipe 45 dan tipe 45 modifikasi sebesar 1,14.

2. Berdasarkan hasil analisis, denah tipe 45 didapatkan nilai *Wall Density Index* terkecil pada arah x sebesar $5,2\% > 2,5\%$, kontrol kapasitas seismik terkecil pada arah x sebesar $4,902 > 1,6$ dan kontrol *Wall Density Index* terhadap beban gravitasi terkecil sebesar $16,45 > 2,33$ pada dinding eksterior. Sehingga untuk rumah tipe 45 kapasitas seismik sudah memenuhi. Denah tipe 45 modifikasi didapatkan nilai *Wall Density Index* terkecil pada arah x sebesar $5,40\% > 2,5\%$, kontrol kapasitas seismik terkecil pada arah x sebesar $5,147 > 1,6$ dan kontrol *Wall Density Index* terhadap beban gravitasi terkecil sebesar $16,33 > 2,33$ pada dinding eksterior. Sehingga untuk rumah tipe 45 modifikasi kapasitas seismik sudah memenuhi.
3. Bukaannya pada rumah tipe 45 sebesar 18,5% terhadap total luas dinding dan bukaan rumah tipe 45 modifikasi sebesar 20% terhadap total luas dinding.
4. Berdasarkan nilai *Wall Density Index* semakin besar bukaan pada dinding semakin kecil nilai *Wall Density Index* yang mana jika nilai *Wall Density Index* semakin kecil

maka akan semakin mendekati batas syarat yg ditentukan.

5.2 Saran

Adapun kajian untuk selanjutnya adalah:

1. Menggunakan nilai *compressive strength* dan *basic shear strength* pada umumnya yang digunakan pada rumah tinggal di Indonesia.
2. Perlunya analisis dalam pengaruh eksentrisitas terhadap dinding yang diakibatkan gaya gempa.
3. Penelitian selanjutnya dapat menjadikan penelitian ini sebagai dasar mengenai kapasitas ketahanan gempa rumah tinggal yang menggunakan metode *Wall Density Index* pada lokasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI-1726-2002. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan gedung dan Non Gedung*. SNI-1726-2012. Jakarta.
- Blondet, M. 2005. *Construction and Maintenance of Masonry House for Masons and Craftsman*. Peru : Pontificia Universidad Catolica del Peru.
- Boen, T. 2005. *Constructing Seismic Resistant Confined Masonry House in Indonesia*. United Nations Centre for Regional Development (UNCRD).
- Brzev, S. 2008. *Earthquake-resistant Confined Masonry Construction*. National Information Center of Earthquake Engineering.
- Building Seismic Safety Council. 2009. Washington
- Frick, H. 1980. *Ilmu Konstruksi Bangunan 1*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Fiflowers. (2012). Sumber Gempabumi. Diperoleh Oktober 2017, dari <http://fiflowers.wordpress.com/geofisika/gempabumi/sumber-gempabumi/>
- Keputusan Menteri Keuangan. 1996. No. 393/KMK.04/1996. Jakarta
- Meli, R., Brzev, S., Astroza, M., Boen, T., Crisafulli, F., Dai, J., Farsi, M., Hart, T., Mebarki, A., Moghadam, A.S., Quiun, D., Tomazzevic, M. & Yamin, L. 2011. *Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry*. Gujarat : Gujarat State Disaster Management Authority.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2006. *Pedoman Persyaratan Teknis bangunan Gedung*. Permen PU No : 29/PRT/M/2006. Jakarta
- Suharjanto. 2013. *Rekayasa Gempa*. Yogyakarta : Amara Books.
- Widomoko. 1995. *Konstruksi Bangunan 1 Dasar-dasar Perencanaan dan Bangunan Tidak Bertingkat*. Malang.

