

Analisa Kerentanan Seismik pada Struktur Eksisting Menggunakan Metode *Rapid Visual Screening* di Kota Malang

Dzul Fikri Muhammad^{1✉}, Syahidah Fani Nastiti², Agil Fitri Handayani³,
Gading Chempakadewi⁴, Muhammad Hamza⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 23-08-2023
Direvisi : 02-09-2023
Diterima : 05-09-2023

Kata Kunci:

Rapid Visual Screening,
Peraturan Gempa,
Kerentanan Gempa

Keywords :

*Rapid Visual Screening,
Earthquake Regulations,
Seismic Vulnerability,*

ABSTRAK

Wilayah Indonesia dikelilingi oleh beberapa lempeng tektonik dan barisan pegunungan berapi aktif. Menjadikan sebagian wilayah Indonesia berpotensi terjadi gempa tektonik maupun vulkanik. Badan Standardisasi Nasional Indonesia telah mengeluarkan peraturan gempa terbaru di tahun 2019 yang menggantikan peraturan gempa di 2012. Dimana terjadi penambahan nilai PGA, Ss, dan S1 di peta gempanya dibandingkan dengan peta gempa tahun 2010. Dengan bertambahnya nilai tersebut, maka wilayah di Indonesia akan semakin rentan terhadap gempa. Peraturan terbaru dapat langsung diimplementasikan kepada bangunan baru. Namun bangunan lama juga harus diteliti, apakah bangunan lama tersebut masih dapat menahan beban gempa baru. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kerentanan bangunan lama terhadap beban gempa sesuai peraturan terbaru. Penelitian ini menggunakan metode *Rapid Visual Screening* berdasarkan peraturan FEMA-154. Bangunan yang diperiksa adalah bangunan gedung perkuliahan yang berada di Kota Malang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gedung yang diperiksa masih tergolong dapat menahan beban gempa sesuai dengan peraturan gempa terbaru.

ABSTRACT

The Indonesian territory is surrounded by several tectonic plates and a chain of active volcanic mountain ranges, making a significant part of Indonesia susceptible to both tectonic and volcanic earthquakes. The Indonesian National Standardization Body issued the latest earthquake regulations in 2019, replacing the 2012 regulations. This led to an increase in the values of PGA, Ss, and S1 on its seismic map compared to the 2010 map. With these increased values, the regions in Indonesia have become more vulnerable to earthquakes. The latest regulations can be directly applied to new buildings. However, existing structures also need to be assessed to determine if they can withstand the new seismic loads. Therefore, this research aims to investigate the vulnerability of old buildings to the new seismic loads in accordance with the latest regulations. This study utilizes the Rapid Visual Screening method based on FEMA-154 regulations. The examined buildings are lecture halls located in the city of Malang. The research results indicate that the examined buildings are still considered capable of withstanding the seismic loads as per the latest earthquake regulations.

Corresponding Author :

Dzul Fikri Muhammad
Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang,
Indonesia
Jl. Semarang No.5, Kota Malang
Email: dzulfikrimuhammad.ft@um.ac.id

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia dikelilingi oleh beberapa lempeng tektonik. Lempeng Pasifik, Lempeng Hindia-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng India-Australia adalah beberapa lempeng yang ada. Batas daerah lempeng sekitarnya dapat diperkirakan dengan menggunakan zona gempa aktif, zona pergerakan massa di pegunungan, zona vulkanis, zona magmatis, dan zona dengan kandungan hidrokarbon (Irawan et al., 2020). Zona gempa aktif sudah klasifikasi yang dilakukan oleh Indonesia oleh badan pencatat kejadian gempa yaitu Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika dan telah dipaparkan di situs webnya. Sehingga wilayah Indonesia rentan terhadap gempa tektonik maupun vulkanik.

Badan Standarisasi Nasional Indonesia telah mengeluarkan peraturan gempa terbaru di tahun 2019 yang menggantikan peraturan gempa di 2012. Dimana terjadi penambahan nilai PGA, Ss, dan S1 di peta gempanya dibandingkan dengan peta gempa tahun 2010. Dengan bertambahnya nilai tersebut, maka wilayah di Indonesia akan semakin rentan terhadap gempa. Pada peta gempa 2017 Kota Malang memiliki nilai respon akselerasi spektral periode panjang (S1) 0,4 g dan periode pendek (Ss) sebesar 0,9 g (Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman, 2017). Berdasarkan FEMA P-154 Kota Malang sudah tergolong daerah *Moderate Seismicity Region* (Lizundia et al., 2014). Sementara itu di perbatasan Kota Surabaya dan Sidoarjo yang letaknya tidak jauh dari Kota Malang, telah ditemukan sesar aktif/*fault* terbaru (Irawan et al., 2020). Kota Malang telah terdampak beberapa gempa besar, menurut data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Sehingga perlu adanya pengecekan kerentanan terhadap bahaya gempa pada bangunan yang telah terbangun di Kota Malang yang dibangun menggunakan peraturan gempa tahun 2012 dan 2002.

Tabel 1. Gempa yang Telah Terjadi di sekitar Kota Malang

No.	Tanggal	Lokasi	Magnitude (SR)
1	21 Desember 2022	Kabupaten Malang	4,8
2	6 Desember 2022	Jember	6
3	10 April 2021	Malang Selatan	6,1
4	15 April 2020	Kabupaten Malang	4,3
5	19 Februari 2019	Kabupaten Malang	5,6
6	10 Maret 2019	Kabupaten Malang	5,2
7	8 Agustus 2018	Kabupaten Malang	5,1
8	8 April 2017	Kota Malang	3,7
9	16 November 2016	Kabupaten Malang	6,1
10	26 Juli 2016	Kabupaten Malang	6,3

Tabel 2. Perbandingan parameter SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 untuk Gempa

Peraturan	PGA	Ss	S1
SNI 1726 2012	0,3 – 0,4 g	0,7 – 0,8 g	0,3 – 0,4 g
SNI 1726 2019	0,4 – 0,5 g	0,8 – 0,9 g	0,4 – 0,5 g

Pemeriksaan kerentanan pada bangunan yang telah terbangun dibagi menjadi dua yaitu pengecekan secara menyeluruh dan pengecekan secara cepat menggunakan Rapid Visual Screening (RVS). Pengecekan kerentanan bangunan secara menyeluruh membutuhkan tenaga ahli di bidang teknik sipil struktur, membutuhkan biaya banyak, dan memerlukan waktu yang tidak sedikit. Sementara pemakaian RVS memberikan waktu pengecekan lebih cepat, biaya yang lebih sedikit (Danish et al., 2014; Rojahn et al., 2002).

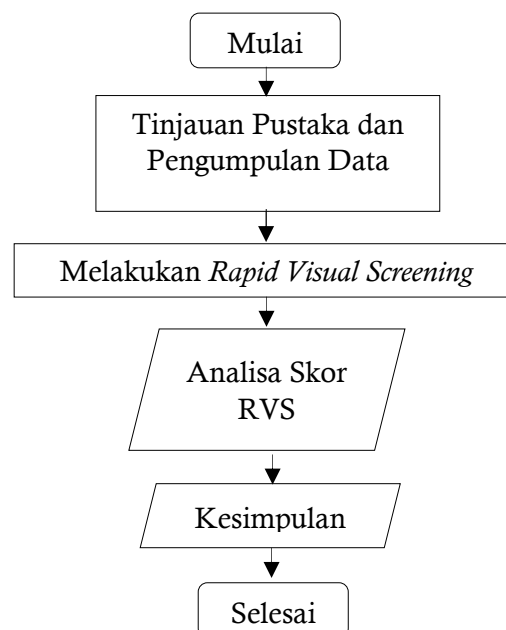
Pemakaian asesmen RVS telah dilakukan berbagai peneliti untuk pengecekan kerentanan bangunan (Wahyuni et al., 2017; Scawthorn et al., 1989; Hartanty, 2015; Agustin et al., 2020). RVS dapat digunakan untuk metode awal untuk mengevaluasi keruntuhan bangunan terhadap gempa

bumi tanpa menggunakan tenaga ahli atau perangkat lunak khusus (Scawthorn et al., 1989). Hasil akhir dari RVS akan memberikan gambaran awal bangunan tersebut masih kuat dalam menerima gempa atau perlu perkuatan struktur. Namun pemeriksaan bangunan menggunakan RVS masih jarang digunakan di Indonesia, jadi perlu ada penelitian lebih lanjut tentang penerapan RVS di bangunan.

Sehingga penelitian ini berfokus dengan pemeriksaan bangunan eksisting menggunakan RVS. Penelitian ini akan menghasilkan kondisi kerentanan bangunan terhadap gempa. Jika bangunan tersebut tidak terqualifikasi menurut RVS, maka perlu diadakan tindak lanjut berupa analisa numerik dengan tenaga ahli.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan metode asesmen bangunan *Rapid Visual Screening* berdasarkan FEMA 154. Gambar 1 ini menunjukkan alur pelaksanaan penelitian ini



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Rapid Visual Screening (RVS) dirancang untuk menemukan, mengumpulkan, dan menyaring struktur yang berpotensi berbahaya secara seismik (Lizundia et al., 2014). Apabila telah ditemukan bahwa bangunan tersebut berpotensi berbahaya, maka perlu dilakukan evaluasi tambahan oleh ahli desain bangunan seismik untuk mengetahui apakah benar-benar berbahaya secara seismik. Metodologi survei langsung dan formulir pengumpulan data digunakan dalam proses RVS. *Surveyor* akan mengumpulkan data dari observasi visual eksterior dan, jika memungkinkan, interior bangunan. Formulir koleksi data terdiri dari informasi gedung, foto gedung, sketsa, dan data yang berhubungan dengan gempa. Berdasarkan data yang diambil saat survei, nilai akhir dikalkulasikan sehingga menghasilkan kondisi kerentanan gempa.

Metode RVS dapat digunakan di lapangan secara cepat dan biaya sedikit untuk pendataan bangunan dengan potensi mengalami bahaya seismik dan melakukan analisis menyeluruh pada setiap bangunan tanpa biaya yang tinggi (Bhalkikar & Pradeep, 2021). Apabila sebuah bangunan menerima nilai yang tinggi di atas nilai yang ditentukan, maka dapat disimpulkan bahwa bangunan tersebut memiliki ketahanan seismik yang memadai untuk mencegah keruntuhan akibat gempa bumi. Skor bangunan tidak menunjukkan bahwa bangunan masih dapat digunakan setelah gempa bumi, tetapi hanya menunjukkan kemungkinan runtuh atau runtuh sebagian. Bangunan

harus dievaluasi oleh ahli desain seismic jika nilainya rendah. Hasilnya akan dievaluasi secara teknis, penentuan akhir, dan apakah bangunan perlu diperkuat atau diperbarui berdasarkan pemeriksaan ahli.

Level 1
MODERATELY HIGH Seismicity

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

PHOTOGRAPH

SKETCH

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

Ss: _____ Sr: _____

Screener(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ EST

Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____

Additions: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
 Industrial Office School Government
 Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A B C D E F DNK
 Hard Avg Dense Stiff Soft Poor
 Rock Rock Soil Soil Soil Soil
 If DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/severity) _____
 Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS: _____

Additional sketches or comments on separate page

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}		-1.3	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L2}		-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	NA
Plan Irregularity, P_{L1}		-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	NA
Pre-Code		-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3
Post-Benchmark		1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.1	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.3	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9
Soil Type E (1-3 stories)		0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5
Soil Type E (> 3 stories)		-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	NA	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	NA	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	NA
Minimum Score, S_{MIN}		7.6	7.2	6.8	6.5	6.5	6.9	6.5	6.5	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2	6.3	6.3	6.2	6.4

FINAL LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{MIN}$:

EXTENT OF REVIEW	OTHER HAZARDS	ACTION REQUIRED
Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____	Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless $S_{L2} >$ cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	Detailed Structural Evaluation Required? <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one) <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm
 BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Gambar 2 Contoh Form Isian RVS FEMA-154

Skor akhir bangunan berkisar antara angka 0 – 7, dengan skor semakin tinggi maka kinerja seismic semakin baik dan potensi keruntuhan bangunan lebih rendah. Skor final yang disarankan sebagai batas adalah angka 2(Lizundia et al., 2014). Sehingga bangunan yang mendapat skor akhir 2 atau kurang harus diselidiki lebih lanjut dengan analisa yang terperinci oleh ahli desain struktur gempa.

Tabel 3. Pembagian Kekuatan Gempa Berdasarkan Nilai Percepatan Respon (Lizundia et al., 2014)

<i>Seismicity Region</i>	<i>Spectral Acceleration Response, S_s (Short-period, or 0,2 seconds)</i>	<i>Spectral Acceleration Response, S_1 (long-period, or 1,0 seconds)</i>
Rendah	Lebih kecil dari 0,25 g	Kurang dari 0,1 g
Sedang	Lebih besar atau sebanding dengan 0,25 g tetapi kurang dari 0,5 g	Lebih dari atau sama dengan 0,1 g tetapi kurang dari 0,2 g
Sedang ke Tinggi	Lebih besar atau sebanding dengan 0,5 g tetapi kurang dari 1,0 g	Lebih dari atau sama dengan 0,2 g tetapi kurang dari 0,4 g
Tinggi	Lebih besar atau sebanding dengan 1,0 g tetapi kurang dari 1,5 g	Lebih dari atau sama dengan 0,4 g tetapi kurang dari 0,6 g
Sangat Tinggi	Lebih besar dari atau sama dengan 1,5 g	Lebih dari atau sama dengan 0,6 g

Catatan: g = *acceleration of gravity in horizontal direction*

Tabel 4. Tipe Bangunan Berdasarkan FEMA 154 (Lizundia et al., 2014)

Tipe Bangunan FEMA	
W1	Kerangka kayu untuk satu keluarga atau lebih dengan 1 lantai atau lebih
W1A	Bangunan hunian residensial berlantai banyak dengan kerangka kayu ringan, dengan area rencana di setiap lantai lebih dari 3.000 kaki persegi
W2	Bangunan komersial dan industri dengan kerangka kayu, memiliki luas lantai lebih dari 5.000 kaki persegi.
S1	Bangunan Baja Rangka Penahan Momen
S2	Bangunan dengan kerangka baja yang diperkuat dengan sistem penyangga
S3	Bangunan Baja Ringan
S4	Bangunan Rangka Baja dengan Dinding Geser Beton
S5	Bangunan dengan kerangka baja yang dilengkapi dinding pengisi dari batu bata tanpa penguatan
C1	Bangunan Beton Rangka Penahan Momen
C2	Bangunan Dinding Geser Beton
C3	Bangunan dengan kerangka beton yang dilengkapi dinding pengisi dari batu bata tanpa penguatan
PC1	Bangunan Tilt-up
PC2	Bangunan dengan kerangka beton pracetak
RM1	Bangunan dengan struktur masonry yang diperkuat, dengan diafragma lantai dan atap yang fleksibel.
RM2	Bangunan dengan struktur masonry yang diperkuat, dengan diafragma lantai dan atap yang kaku.
URM	Bangunan dengan dinding penahan dari batu bata tanpa penguatan.
MH	Perumahan prefabrikasi.


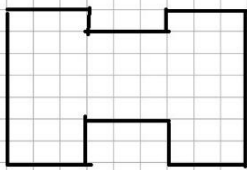
Dalam Analisa RVS terdapat beberapa langkah-langkah sebagai berikut(Hartanty, 2015):

1. Memverifikasi informasi bangunan
2. Survei konstruksi dilakukan untuk menentukan bentuk, jumlah lantai, dan sketsa denah bangunan.
3. Mengambil foto bangunan tersebut
4. Mengidentifikasi fungsi bangunan
5. Mereview data tanah
6. Mengidentifikasi situasi di dekat lokasi bangunan, irregularities bangunan, dan potensi

- jatuhnya bagian eksterior
7. Menambahkan catatan apabila ada kondisi yang dapat mempengaruhi survey
 8. Menentukan bahan konstruksi, sistem pemikul beban, dan sistem penahan gaya gempa untuk menentukan jenis konstruksi FEMA dan melingkari skor dasar dari formulir survey
 9. Menghitung jumlah skor final pada bangunan tersebut untuk menentukan kerentanan bangunan

Bangunan eksisting yang akan diperiksa adalah 4 gedung yang berada di Kota Malang. Gedung tersebut adalah Laboratorium Departemen Teknik Sipil, Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi, Gedung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan Gedung Sekolah Dasar Laboratorium Universitas Negeri Malang.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards **Level 1**
FEMA P-154 Data Collection Form **MODERATELY HIGH Seismicity**

SKETCH

Address: **Jl. Semarang No. 5, Malang** Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: **D19**

Use: **Gedung Perkuliahan dan Lab**

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screener(s): _____ Date/Time: **12-07-2023**

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: EST

Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____

Additions: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
 Industrial Office School Government
 Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A B C D E F DNK
 Hard Avg Dense Stiff Soft Poor
 Rock Rock Soil Soil Soil Soil // DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/severity) _____
 Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS: _____

Additional sketches or comments on separate page

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S _{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM NF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FO)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	2.0	1.0	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2
Severe Vertical Irregularity, V ₁	-1.3	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8	NA
Moderate Vertical Irregularity, V ₂	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	NA
Plan Irregularity, P ₁	-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	NA	NA
Pre-Code	-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3	NA
Post-Benchmark	1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	NA	NA	2.1	NA	2.1	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	NA
Soil Type A or B	0.3	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9	0.9
Soil Type E (1-3 stories)	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5	NA
Soil Type E (≥ 3 stories)	-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	NA	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	NA	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	NA	NA
Minimum Score, S _{MIN}	1.6	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.4	1.4

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{MIN}: 2,9

EXTENT OF REVIEW

Exterior: Partial All Sides Aerial

Interior: None Visible Entered

Drawings Reviewed: Yes No

Soil Type Source: **D**

Geologic Hazards Source: _____

Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?

Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} _____ No

Nonstructural hazards? Yes No

OTHER HAZARDS

Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?

Pounding potential (unless S_{L2} > cut-off, if known)

Falling hazards from taller adjacent building

Geologic hazards or Soil Type F

Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED

Detailed Structural Evaluation Required?

Yes, unknown FEMA building type or other building

Yes, score less than cut-off

Yes, other hazards present

No

Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)

Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated

No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary

No, no nonstructural hazards identified DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame BR = Braced frame RC = Reinforced concrete SW = Shear wall URM INF = Unreinforced masonry infill TU = Tilt up MH = Manufactured Housing LM = Light metal FD = Flexible diaphragm RD = Rigid diaphragm

Gambar 3 Contoh Hasil Form RVS FEMA-154

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan nilai S_s dan S₁ dengan penilaian tabel berasal dari FEMA-154 menunjukkan bahwa Kota Malang termasuk daerah dengan klasifikasi *Moderate Seismicity*. Hasil analisis gedung diklasifikasikan berdasarkan fungsinya, kategori tanahnya, dan bahaya non-strukturalnya. Hasil peninjauan gedung dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 5. Fungsi Gedung dan Tipe Tanah

No	Gedung	Jenis Hunian	Tipe Tanah
1	Laboratorium Departemen Teknik Sipil	Sekolah	SD (Tanah Sedang)
2	Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi	Sekolah	SD (Tanah Sedang)
3	Gedung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	Sekolah	SD (Tanah Sedang)
4	Gedung Sekolah Dasar Laboratoirum	Sekolah	SD (Tanah Sedang)

Tabel 6. Exterior Falling Hazard

No	Gedung	Unbraced Chimneys	Parapets	Heavy Clading	Other
1	Laboratorium Departemen Teknik Sipil			√	√
2	Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi		√	√	
3	Gedung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam				
4	Gedung Sekolah Dasar Laboratoirum				

Tabel 7. Analisa Asesmen Bangunan

Penilaian Rapid Visual Screening													
No	Gedung	Tipe Gedung	Basic Score	Severe Vertical Irregularity	Moderate Vertical Irregularity	Plan Irregularity	Pre-Code	Post-Benchmark	Soil Type	Final Score	Status		
1	Laboratorium Departemen Teknik Sipil	School	1.7			-0.7		1.9		2.9	OK		
2	Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi	School	1.7			-0.7		1.9		2.9	OK		
3	Gedung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	School	1.7			-0.7		1.9		2.9	OK		
4	Gedung Sekolah Dasar Laboratoirum	School	1.7			-0.7		1.9		2.9	OK		

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Menurut FEMA, Kota Malang dianggap berada di zona gempa sedang (*Moderate Seismicity Zone*).
- Semua bangunan yang diasesmen memiliki tingkat resiko yang rendah terhadap runtuhnya bangunan akibat gempa, karena nilai hasil akhir dari asesmen bangunan bernilai diatas angka 2 .
- Faktor irregularity pada bangunan, *Post Benchmark*, dan tipe tanah pada bangunan mempengaruhi kerentanan suatu bangunan.

Saran

Perlu diadakan asesmen lebih banyak lagi terhadap bangunan-bangunan eksisting agar diketahui apakah bangunan tersebut masih kuat dalam menahan beban gempa terbaru

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak yang telah memberikan bantuan pelaksanaan penelitian ini khususnya dari pihak fakultas teknik.

REFERENSI

- Agustin, S., Djauhari, Z., & Suryanita, R. (2020). Aplikasi Metode Rapid Visual Screening (RVS) Dalam Monitoring Kerentanan Bangunan Pemerintahan di Indragiri Hulu. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(1), 38. <https://doi.org/10.25077/jrs.16.1.38-48.2020>
- Bhalkikar, A., & Pradeep, K. R. (2021). A comparative study of different rapid visual survey methods used for seismic assessment of existing buildings. *Structures*, 29(June 2020), 1847–1860. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.12.026>
- Danish, M., Mohammad, Z., Gupta, H., Shariq, M., & Masood, A. (2014). *Importance of Rapid Visual Screening (RVS): An Overview. 1*.
- Hartanty, D. W. D. (2015). *Analisis Kerentanan Suatu Bangunan Terhadap Resiko Gempa Menggunakan Metode Rapid Visual Screening (RVS) Fema 154 Pada Zona Gempa Sedang*. 197.
- Irawan, D., Suswanto, B., Amalia, A. R., & Iranata, D. (2020). Rapid visual assessment of building vulnerability due to earthquake potential hazard in Surabaya. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/930/1/012046>
- Lizundia, B., Durphy, S., Griffin, M., Hortacsu, A., Kehoe, B., Porter, K., & Welliver, B. (2014). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: FEMA 154 and FEMA 155 updates. *NCEE 2014 - 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering, January*. <https://doi.org/10.4231/D3M90238V>
- PUSGEN (Pusat Studi Gempa Nasional) Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. (2017). Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 (Map of Indonesia Earthquake Sources and Hazards in 2017). In *Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Rojahn, C., Scawthorn, C., Anagnos, T., Wong, K., & Poland, C. D. (2002). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards, Handbook, FEMA 154. March*, 1–140.
- Scawthorn, C., Anagnos, T., Wong, K., Rojahn, C., & Poland, C. D. (1989). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards. March*, 62–71.

Wahyuni, E., Aji, P., & Budi, F. (2017). Study of Rapid Visual Screening of Buildings for High Potential Seismic Hazard According to Indonesian Standard. *IPTEK Journal of Proceedings Series, 0(2)*, 19. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2017i2.2273>