

PENGGUNAAN METODE *RAPID VISUAL SCREENING* DALAM MENENTUKAN KERENTANAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA BUMI

Indra Birawaputra ¹⁾, Yoga C. V. Tethool ²⁾

¹⁾²⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Papua

¹⁾²⁾ Jl. Gunung Salju Amban Manokwari

Email: ¹⁾ indrabp2009@gmail.com

Abstract

Sorong is a city located at the junction of three tectonic plates. Thus, makes the city vulnerable to earthquake hazards. Evaluation on building vulnerability is needed to determine the damage mitigation due to an earthquake. As a populous area, Moyo residential area requires building vulnerability evaluation of earthquake hazard. Rapid Visual Screening according to FEMA P-154 2015 is used to evaluate the building vulnerability. This method requires input data such as seismic location, building occupancy, soil type, building typology, number of story, vertical irregularities, plan irregularities and code. The analysis result showed that the level of vulnerability for building typologies W1, RM1 and C3 were 0.09%, 1.01% and 32.62%.

Keywords: *building vulnerability, earthquake, rapid visual screening*

Abstrak

Kota Sorong terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik. Hal ini menyebabkan Kota Sorong rentan terhadap bahaya gempa bumi. Evaluasi kerentanan bangunan di Kota Sorong diperlukan untuk mengetahui kemungkinan kerusakan yang akan terjadi akibat gempa bumi. Sebagai kawasan padat penduduk, Perumahan Moyo di Kota Sorong memerlukan evaluasi kerentanan bangunan. Evaluasi kerentanan bangunan akibat gempa bumi dilakukan dengan menggunakan metode Rapid Visual Screening (RVS) sesuai FEMA P-154 tahun 2015. Metode ini membutuhkan data masukan yang berupa: lokasi seismik, tingkat hunian, tipe tanah, tipologi bangunan, jumlah lantai, ketidakberaturan bangunan dalam arah vertikal, ketidakberaturan denah bangunan dan peraturan yang digunakan saat membangun. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kerentanan untuk tipologi bangunan W1, RM1 dan C3 masing-masing adalah 0,09%, 1,01% dan 32,62%.

Kata Kunci: kerentanan bangunan, gempa bumi, rapid visual screening

PENDAHULUAN

Gempa bumi tektonik terjadi akibat adanya energi yang dilepaskan saat terjadinya patah lempeng bumi. Energi yang dilepaskan dirambatkan oleh pusat gempa berupa gelombang getaran ke permukaan tanah (Hasmar, 2013). Sebagai daerah yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia, menyebabkan Indonesia akan sering diguncang gempa tektonik. Wilayah utara Pulau Papua berada pada jalur patahan lempeng tektonik Pasifik. Hal ini menyebabkan gempa bumi sering dirasakan oleh masyarakat di utara Pulau Papua, salah satunya di Kota Sorong.

Setiap peristiwa alam, termasuk gempa bumi, memiliki akibat entah baik atau buruk. Dampak buruk yang terjadi antara lain apabila ada korban jiwa. Pada dasarnya, gempa bumi tidak bersifat membunuh, tetapi pengaruh dari gempa bumi itulah yang akan membuat jatuhnya korban jiwa. Pengaruh dari gempa bumi yang dimaksud seperti: kegagalan konstruksi bangunan/ keruntuhan gedung, tanah longsor, tsunami dan lainnya.

Beberapa penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa perilaku suatu bangunan saat terjadi gempa sangat dipengaruhi oleh konfigurasi bangunan tersebut. Bangunan yang memiliki konfigurasi kurang baik seperti adanya *soft storey*, *bad mass distribution*, *set back* dan lain sebagainya cenderung memiliki perilaku yang kurang memuaskan saat terjadi gempa bumi (Widodo, 2007). Selain itu, penggunaan material berkualitas rendah pada perumahan masyarakat mengakibatkan kekuatan dari elemen bangunan tersebut menjadi sangat rendah dan rentan mengalami kegagalan konstruksi saat terjadi gempa bumi (Satyarno, 2011).

Kota Sorong sebagai salah satu kota besar di Provinsi Papua Barat mengalami kemajuan pesat dalam bidang pembangunan. Namun keberadaan bangunan-bangunan tersebut perlu dievaluasi kerentanannya ketika gempa bumi terjadi, terutama pada kawasan padat penduduk. Dengan mengetahui tingkat kerentanan suatu bangunan terhadap gempa bumi, maka dapat diambil langkah-langkah mitigasi ketika terjadi bencana gempa bumi. Hal ini merupakan salah satu bentuk kesiapan dalam menghadapi bencana gempa bumi yang dapat terjadi di masa datang (Perdana, 2017).

Rapid visual screening (RVS) dapat digunakan sebagai langkah awal untuk mengevaluasi kerentanan bangunan akibat gempa bumi secara cepat dan tanpa menggunakan perangkat lunak khusus. Hasil RVS akan

memberikan gambaran terkait bangunan mana saja yang memiliki tingkat risiko tinggi akibat gempa bumi dan memerlukan evaluasi lanjutan yang lebih detail (Kurniawandy, 2015).

Oleh sebab itu, pelaksanaan penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kerentanan bangunan di Kota Sorong. Lokasi penelitian berada pada Komplek Perumahan Moyo Kelurahan Klamana yang termasuk kawasan pemukiman padat penduduk. Metode RVS digunakan pada penelitian ini dan bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan bangunan pada Perumahan Moyo akibat ancaman bencana gempa bumi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode berupa survei yang menggunakan data primer meliputi kegiatan pengamatan, pencatatan dan pengambilan titik sampel, serta menggunakan data sekunder sebagai informasi lokasi kejadian bencana gempa bumi.

The image shows a complex form for Rapid Visual Screening (RVS) according to FEMA 154 (2015). It includes a grid for structural analysis, various input fields for building characteristics, and a table for recording screening results. The form is divided into several sections, including a header for project information, a central grid for structural assessment, and a bottom section for data entry and summary.

Gambar 1. Formulir *Rapid Visual Screening* (FEMA 154, 2015)

Evaluasi tingkat kerentanan bangunan akibat gempa bumi dilakukan menurut metode *rapid visual screening* (RVS), sesuai FEMA P-154 tahun 2015. Data masukan yang dibutuhkan dalam metode RVS ini berupa; tipologi bangunan, ketidakberaturan bangunan dalam arah vertikal,

ketidakberaturan bangunan dalam arah horisontal dan jenis tanah. Kemudian data tersebut dimasukan kedalam formulir khusus yang disediakan menurut FEMA P-154 tahun 2015. Formulir yang digunakan ditampilkan pada Gambar 1. Hasil perhitungan akhir menggunakan metode RVS akan menunjukkan probabilitas keruntuhan bangunan akibat gempa bumi.

RAPID VISUAL SCREENING (RVS)

Metode *Rapid Visual Screening* (RVS) adalah sebuah metode pengamatan secara cepat yang dikembangkan oleh FEMA untuk mengidentifikasi, menginventarisir suatu bangunan secara tampak yang berpotensi berbahaya secara seismik (Zulfiar, 2018). Beberapa data masukan yang dibutuhkan untuk menghitung nilai akhir tingkat kerentanan bangunan dijelaskan sebagai berikut.

Tingkat Hunian

Metode RVS membedakan tingkat hunian bangunan menjadi 9 kategori yaitu: bangunan umum, bangunan komersial, bangunan pelayanan darurat, bangunan industri, bangunan pemukiman, bangunan pendidikan, bangunan utilitas dan bangunan gudang (FEMA 154, 2015).

Tipe Tanah

Tipe tanah dibedakan menjadi 6 bagian: A (*Hard Rock*), B (*Avg. Rock*), C (*Dense Soil*), D (*Stiff Soil*), E (*Soft Soil*), F (*Poor Soil*). Apabila dalam proses evaluasi tipe tanah tidak dapat diklasifikasikan, maka dapat diasumsikan sebagai tipe tanah D (FEMA 154, 2015).

Tipologi Bangunan

Berdasarkan FEMA 154 (2015), tipologi bangunan diklasifikasi menjadi 17 tipe bangunan. Masing-masing tipologi bangunan tersebut diklasifikasikan berdasarkan pada sistem struktur yang digunakan.

Jumlah lantai

Jumlah lantai diukur dari bagian bangunan paling bawah yang menyentuh tanah hingga atap (Zulfiar, 2018).

Lokasi Seismik

Lokasi seismik terbagi menjadi lima tingkatan yaitu rendah, sedang, agak tinggi, tinggi dan amat tinggi yang ditampilkan pada Tabel 1 (FEMA 154, 2015). Untuk menentukannya, diperlukan nilai akselerasi respon spektrum S_s dan S_1 pada lokasi yang ditinjau.

Tabel 1. Pembagian Lokasi Seismik

Lokasi Seismik	Akselerasi Respon Spektrum, S_s (periode pendek, 0.2 detik)	Akselerasi Respon Spektrum, S_1 (periode panjang, 0.2 detik)
Rendah	$S_s < 0,25g$	$S_1 < 0,10g$
Sedang	$0,25g \leq S_s < 0,50g$	$0,10g \leq S_1 < 0,20g$
Agak tinggi	$0,50g \leq S_s < 1,00g$	$0,20g \leq S_1 < 0,60g$
Tinggi	$1,00g \leq S_s < 1,50g$	$0,40g \leq S_1 < 0,60g$
Amat tinggi	$S_s \geq 1,50g$	$S_1 > 0,60g$

(Sumber: FEMA 154, 2015)

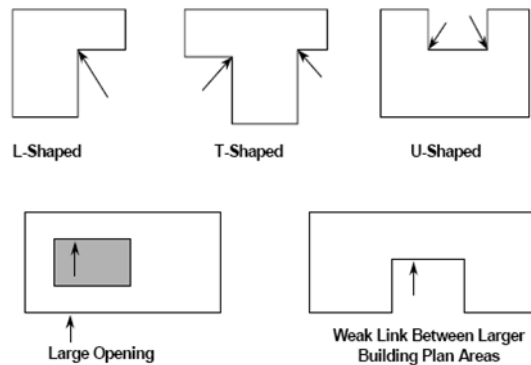
Vertical irregularity

Vertical Irregularity adalah penampakan bangunan secara vertikal yang tidak beraturan. Beberapa hal yang tergolong *vertical irregularity* (Zulfiar, 2018) antara lain:

- *Sloping Site*, bangunan yang berada diatas bukit yang curam;
- *Soft story*, kondisi dimana sebuah lantai bangunan memiliki kekuatan yang lebih kecil daripada lantai diatas atau dibawahnya;
- *Out of plane seatback*, suatu lantai tidak selaras secara vertikal dengan sistem penahan gaya seismik di atas atau di bawahnya;
- *In plane seatback*, gaya seismik di tingkat atas diimbangi dengan elemen-elemen dari sistem penahan gaya seismik pada tingkat yang lebih rendah;
- *Short coloumn*, bila beberapa kolom lebih pendek daridapa kolom pada umumnya;
- *Splif level*, kondisi terjadi dimana lantai atap atap di salah satu bagian bangunan.

Plan irregularity

Plan Irregularity yaitu ketidakberaturan bentuk denah (tidak simetris). Contoh *plan irregularity* ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh *plan irregularity* (FEMA 154, 2015)




Peraturan yang digunakan saat membangun

Code (peraturan) bisa diketahui dengan melihat tahun ketika bangunan tersebut didirikan. Menurut Zulfiar (2018), untuk peraturan yang berlaku di Indonesia, disebut *pre-code* apabila dibangun sebelum tahun 1971 (PBI 1971), dan disebut *Post-Benchmark* apabila dibangun setelah tahun 1992 (SNI 1992).

Skor akhir

Skor akhir (S) dari sebuah bangunan dapat diperoleh dengan cara menjumlahkan setiap angka dari kriteria-kriteria yang disebutkan sebelumnya pada formulir RVS yang tersedia. Apabila nilai $S \leq 2$, maka bangunan yang dievaluasi tersebut memiliki resiko yang tinggi akibat gempa bumi sehingga diperlukan evaluasi yang lebih detail (FEMA 154, 2015).

Tabel 2. Penjelasan Tipologi Bangunan

No	Tipologi Bangunan	Gambar	Uraian Singkat	Karakteristik
1	W1		Struktur berbahan kayu, bertingkat satu atau banyak	<ul style="list-style-type: none"> Berbahan dinding kayu. Bangunan-bangunan jenis ini berkinerja sangat baik ketika terjadi gempa karena ringan. Akibat gempa, kerusakan dapat terjadi pada plesteran, tetapi diklasifikasi sebagai kerusakan non-struktural. Kerusakan struktural yang paling sering terjadi akibat sambungan yang kurang baik pada struktur atas dan struktur bawah (pondasi).
2	C3		Struktur Rangka Beton Pemikul Momen dengan dinding bata tanpa perkuatan	<ul style="list-style-type: none"> Kolom dan balok beton dapat memiliki ketebalan setebal dinding dan atau dapat diekspos untuk dilihat pada samping dan belakang bangunan. Dinding pengisi cenderung melengkung dan jatuh keluar dari bidang ketika mengalami gaya lateral luar bidang yang kuat. Hubungan pasangan bata di sekitar kolom atau balok biasanya kurang baik dan mudah lepas.
3	RM1		Bangunan bata dengan perkuatan	<ul style="list-style-type: none"> Berbahan dinding bata. Ketebalan dinding biasanya 10cm hingga 20cm. Rangka atap kayu atau baja ringan. Praktek konstruksi yang buruk dapat menghasilkan dinding yang tidak diperkuat, akan mengalami kegagalan dengan mudah.

(Sumber: Hasil Penelitian, 2018)

Hasil RVS terhadap 60 (enam puluh) sampel bangunan yang berada di Kompleks Perumahan Moyo Kelurahan Klamana di Kota Sorong disajikan pada Tabel 3. Sebagai contoh, untuk tipologi bangunan RMI1-3 (no.7) pada Tabel 3, diketahui *basic score* tipologi bangunan ini sebesar

1,1. Kriteria penilaian yang termasuk pada bangunan yang ditinjau antara lain : *plan irregularity* bernilai -0.4 karena denah bangunan menunjukkan ketidakberaturan, *post-benchmark* bernilai 1,6 karena bangunan dibangun setelah tahun 1992 dan *soil type* bernilai -0.2 karena jenis

tanah pada lokasi bangunan termasuk tanah lunak. Nilai-nilai ini merupakan ketetapan yang diambil berdasarkan pada formulir isian RVS seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Selanjutnya, perhitungan *final score* diperoleh dengan cara menjumlahkan *basic score* dan angka pada masing-masing kriteria penilaian tersebut:

$$FS = 1.1 + (-0.4) + 1.6 + (-0.2) = 2.1$$

Apabila nilai *final score* (S) kurang atau sama dengan 2, maka bangunan tersebut tergolong berisiko terhadap ancaman gempa bumi dan perlu dilakukan evaluasi yang lebih detail (Zulfiar, 2018). Prosedur ini dilakukan untuk semua bangunan yang akan dievaluasi tingkat kerentanannya. Hasil perhitungan *final score* ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Akhir dengan RVS

No	Tipologi Bangunan	Basic score	Kriteria Penilaian								Minimum score	Final score (S)
			Severe vertical irregularity	Moderate vertical irregularity	Plan irregularity	Pre - code	Post - benchmark	Soil Type A or B	Soil Type E (1-3 stories)	Soil Type E (>3 stories)		
1	W1	1	2.1			-0.7		1.9		0	0.7	3.3
2	W1	2	2.1			-0.7		1.9		0	0.7	3.3
3	W1	3	2.1			-0.7		1.9		0	0.7	3.3
4	W1	4	2.1		-0.6	-0.7		1.9		0	0.7	2.7
5	RM1	1	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
6	RM1	2	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
7	RM1	3	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
8	RM1	4	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
9	RM1	5	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
10	RM1	6	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
11	RM1	7	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
12	RM1	8	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
13	RM1	9	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
14	RM1	10	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
15	RM1	11	1.1		-0.4	-0.4		1.6		-0.2	0.3	1.7
16	RM1	12	1.1		-0.4	-0.4		1.6		-0.2	0.3	1.7
17	RM1	13	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
18	RM1	14	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
19	RM1	15	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
20	RM1	16	1.1		-0.4	-0.4		1.6		-0.2	0.3	1.7
21	RM1	17	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
22	RM1	18	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
23	RM1	19	1.1		-0.4	-0.4		1.6		-0.2	0.3	1.7
24	RM1	20	1.1		-0.4	-0.4		1.6		-0.2	0.3	1.7
25	RM1	21	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
26	RM1	22	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
27	RM1	23	1.1		-0.4	-0.4		1.6		-0.2	0.3	1.7

No	Tipologi Bangunan	Basic score	Kriteria Penilaian							Minimum score	Final score (S)	
			Severe vertical irregularity	Moderate vertical irregularity	Plan irregularity	Pre - code	Post - benchmark	Soil Type A or B	Soil Type E (1-3 stories)			Soil Type E (>3 stories)
28	RM1	24	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
29	RM1	25	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
30	RM1	26	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
31	RM1	27	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
32	RM1	28	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
33	RM1	29	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
34	RM1	30	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
35	RM1	31	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
36	RM1	32	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
37	RM1	33	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
38	RM1	34	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
39	RM1	35	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
40	RM1	36	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
41	RM1	37	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
42	RM1	38	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
43	RM1	39	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
44	RM1	40	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
45	RM1	41	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
46	RM1	42	1.1			-0.4		1.6		-0.2	0.3	2.1
47	RM1	43	1.1					1.6		-0.2	0.3	2.5
48	RM1	44	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
49	RM1	45	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
50	RM1	46	1.1	-0.4	-0.4			1.6		-0.2	0.3	1.7
51	C3	1	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6
52	C3	2	0.9	-0.3	-0.3			NA		0	0.3	0.3
53	C3	3	0.9	-0.3	-0.3			NA		0	0.3	0.3
54	C3	4	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6
55	C3	5	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6
56	C3	6	0.9	-0.3	-0.3			NA		0	0.3	0.3
57	C3	7	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6
58	C3	8	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6
59	C3	9	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6
60	C3	10	0.9			-0.3		NA		0	0.3	0.6

(Sumber: Hasil Penelitian, 2018)

Tabel 4. Perhitungan Probabilitas Keruntuhan Bangunan

No	Tipologi Bangunan	Final score (S)	Rata-rata Final score (S)	Probabilitas Keruntuhan		Rata - rata Probabilitas Keruntuhan	
				Desimal	Persentase		
1	W1	1	3.3	3.15	0.00050	0.05%	0.09%
2	W1	2	3.3		0.00050	0.05%	
3	W1	3	3.3		0.00050	0.05%	
4	W1	4	2.7		0.00200	0.20%	
5	RM1	1	2.1	2.13	0.00794	0.79%	1.01%
6	RM1	2	2.1		0.00794	0.79%	
7	RM1	3	2.1		0.00794	0.79%	
8	RM1	4	2.1		0.00794	0.79%	
9	RM1	5	2.5		0.00316	0.32%	
10	RM1	6	2.5		0.00316	0.32%	
11	RM1	7	2.5		0.00316	0.32%	
12	RM1	8	2.1		0.00794	0.79%	
13	RM1	9	2.5		0.00316	0.32%	
14	RM1	10	2.5		0.00316	0.32%	
15	RM1	11	1.7		0.01995	2.00%	
16	RM1	12	1.7		0.01995	2.00%	
17	RM1	13	2.5		0.00316	0.32%	
18	RM1	14	2.5		0.00316	0.32%	
19	RM1	15	2.5		0.00316	0.32%	
20	RM1	16	1.7		0.01995	2.00%	
21	RM1	17	2.5		0.00316	0.32%	
22	RM1	18	2.5		0.00316	0.32%	
23	RM1	19	1.7		0.01995	2.00%	
24	RM1	20	1.7	0.01995	2.00%		
25	RM1	21	2.1	0.00794	0.79%		
26	RM1	22	2.5	0.00316	0.32%		
27	RM1	23	1.7	0.01995	2.00%		
28	RM1	24	1.7	0.01995	2.00%		
29	RM1	25	2.5	0.00316	0.32%		
30	RM1	26	1.7	0.01995	2.00%		
31	RM1	27	2.5	0.00316	0.32%		
32	RM1	28	1.7	0.01995	2.00%		
33	RM1	29	2.5	0.00316	0.32%		
34	RM1	30	2.5	0.00316	0.32%		
35	RM1	31	2.1	0.00794	0.79%		

No	Tipologi Bangunan	Final score (S)	Rata-rata Final score (S)	Probabilitas Keruntuhan		Rata - rata Probabilitas Keruntuhan
				Desimal	Persentase	
36	RM1	32	2.1	0.00794	0.79%	32.62%
37	RM1	33	2.5	0.00316	0.32%	
38	RM1	34	1.7	0.01995	2.00%	
39	RM1	35	2.5	0.00316	0.32%	
40	RM1	36	2.5	0.00316	0.32%	
41	RM1	37	2.1	0.00794	0.79%	
42	RM1	38	1.7	0.01995	2.00%	
43	RM1	39	2.1	0.00794	0.79%	
44	RM1	40	1.7	0.01995	2.00%	
45	RM1	41	1.7	0.01995	2.00%	
46	RM1	42	2.1	0.00794	0.79%	
47	RM1	43	2.5	0.00316	0.32%	
48	RM1	44	1.7	0.01995	2.00%	
49	RM1	45	1.7	0.01995	2.00%	
50	RM1	46	1.7	0.01995	2.00%	
51	C3	1	0.6	0.25119	25.12%	
52	C3	2	0.3	0.50119	50.12%	
53	C3	3	0.3	0.50119	50.12%	
54	C3	4	0.6	0.25119	25.12%	
55	C3	5	0.6	0.25119	25.12%	
56	C3	6	0.3	0.50119	50.12%	
57	C3	7	0.6	0.25119	25.12%	
58	C3	8	0.6	0.25119	25.12%	
59	C3	9	0.6	0.25119	25.12%	
60	C3	10	0.6	0.25119	25.12%	

(Sumber: Hasil Penelitian, 2018)

Dari Tabel 3 diketahui bahwa untuk tipologi bangunan W1 *final score* tertinggi dan terendah masing-masing adalah 3,3 dan 2,7, untuk tipologi RM1 adalah 2,5 dan 2,1, sedangkan untuk tipologi C3 adalah 0,6 dan 0,3.

Selanjutnya untuk mengetahui kemungkinan/ probabilitas suatu bangunan untuk mengalami kegagalan/ keruntuhan adalah dengan Persamaan 1 (FEMA 154, 2015).

$$\text{Probabilitas keruntuhan} = \frac{1}{10^s} \quad (1)$$

dimana: S = *final score*

Sebagai contoh, bila hasil perhitungan *final score* sebesar 2, maka probabilitas keruntuhan bangunan tersebut adalah $1/10^2$ atau sebesar 0.01. Artinya saat terjadi gempa bumi, maka kemungkinan 1 bangunan rentan atau berpotensi roboh dari 100 bangunan yang ada. Perhitungan probabilitas keruntuhan saat terjadi gempa bumi besar untuk masing-masing-bangunan dan tipe bangunan disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa, untuk tipologi bangunan W1 memiliki rata-rata nilai akhir (S) 3,15 dan rata-rata probabilitas keruntuhan bangunan tipe ini adalah

0,09%. Tipologi bangunan RM1 memiliki rata-rata nilai akhir (S) sebesar 2,13 dan rata-rata probabilitas keruntuhan bangunan tipe ini adalah 1,01%, sedangkan untuk tipologi bangunan C3 diperoleh rata-rata nilai akhir (S) sebesar 0,51 dan rata-rata probabilitas keruntuhan bangunan tipe ini adalah 32,62%.

Dari ketiga tipologi bangunan yang ditinjau, maka tipe C3 memiliki tingkat kerentanan yang paling tinggi bila terjadi gempa bumi. Hal ini disebabkan karena *basic score* tipe C3 adalah yang paling kecil diantara ketiganya. Selain itu bangunan-bangunan tipe C3 memiliki beberapa kriteria penilaian yang memberikan nilai negatif terhadap *basic score*. Kriteria penilaian seperti: *vertical irregularity*, *plan irregularity*, dan tipe tanah merupakan parameter yang sangat menentukan dalam mengevaluasi menggunakan FEMA 154 karena komponen tersebut sebagai faktor nilai pengurang (Kurniawandy, 2015). Dari pengamatan dilapangan beberapa bangunan tipe C3 memiliki ketidakberaturan arah vertikal disebabkan letak rumah yang berada pada kondisi tanah lereng, selain itu juga terdapat beberapa bangunan yang memiliki ketidakberaturan denah disebabkan bentuk denah bangunan tidak simetris.

Selanjutnya apabila hasil evaluasi tahap awal dengan menggunakan metode RVS suatu bangunan dinyatakan rentan atau berisiko terhadap ancaman gempa bumi, maka perlu dilakukan evaluasi lanjutan yang lebih detail. Evaluasi lanjutan tersebut perlu melibatkan evaluator yang handal yang tentunya berkonsekuensi terhadap pembiayaan. Sehingga kesadaran dari para pemilik bangunan untuk melakukan evaluasi lanjutan sangat dibutuhkan demi keselamatan pengguna bangunan maupun orang-orang yang berada disekitarnya (Amir, 2012).

KESIMPULAN

Ketidakberaturan arah vertikal dan bentuk denah bangunan yang tidak simetris dapat menyebabkan kerentanan bangunan akibat gempa bumi menjadi meningkat.

Saat gempa bumi terjadi, tipologi bangunan W1 dan RM1 masih tergolong aman sedangkan tipologi C3 memiliki tingkat kerentanan yang tinggi.

Perlu dilakukan kajian yang lebih detail terhadap tipologi bangunan C3 karena hasil analisis skor akhir kurang dari 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, Fatmawati. (2012). Evaluation of Building Vulnerability From Earthquake by Rapid Visual Screening Based On FEMA 154. *Jurnal Infrastruktur*, Vol 2, 9-15.
- ATC Project. 2015. FEMA P-154 – Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Washington DC: Federal Emergency Management Agency.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012). Bandung: BSN
- Hasmar, H. A. Halim. (2013). *Dinamika Tanah & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: UII Press.
- Kurniawandy, Alex, Andy H, Rahmatul F. (2015). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Dengan Rapid Visual Screening (RVS) Berdasarkan FEMA 154. *Prosiding Annual Civil Engineering Seminar 2015*, Pekanbaru.
- Perdana, Intan Putra. (2017). Evaluasi Kerentanan Bangunan Rumah Masyarakat Terhadap Gempabumi di Desa Wisata Bugisan Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Satyarno, Iman. (2011). Vulnerability of Indonesian Community Houses to Earthquake Disaster. *Prosiding The Ninth International Symposium on Mitigation of Geo-disasters in Asia*, Yogyakarta.
- Widodo. (2007). Kerusakan Bangunan Pada Gempa Yogyakarta 27 Mei 2006 : Akibat Kebelumjelasan Code, Sosialisasi Atau Pelaksanaan. *Prosiding Seminar HAKI 2007*, Surabaya.
- Zulfiar, M. H., Jayady, A., Saputra, N. R. J. (2018). Kerentanan Bangunan Rumah Cagar Budaya Terhadap Gempa di Yogyakarta. *Jurnal Karkasa*, Vol 4, 1-7.