

# EVALUASI SEISMIK BANGUNAN EKSISTING DENGAN METODE FEMA P-154 DAN FEMA 310

Satria Putra Negara<sup>1,\*</sup>, Ridwan, Zulfikar Djauhari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya, Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293

E-mail : \*satriaputranegara@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan prosedur FEMA P-154 dan FEMA 310 dengan tinjauan Peta Gempa Indonesia Tahun 2017 berdasarkan SNI 1726-2019 yang berlokasi di Kota Bagansiapiapi Provinsi Riau. Penelitian dilakukan sesuai dengan tipe bangunan berdasarkan FEMA yaitu C1 (*Concrete moment resisting frames*), W2 (*Wood frame commercial and industrial buildings*). Bangunan objek terdiri dari bangunan kantor, fasilitas ibadah, kesehatan dan peninggalan sejarah yang ada di Kota Bagansiapiapi. Kota Bagansiapiapi berada di zona gempa sedang-tinggi (*moderate high*). Pada pemeriksaan RVS tingkat 2, bangunan yang memiliki skor di bawah batas minimal atau perlu analisis lanjut berjumlah 6 objek bangunan antara lain Kantor Bappeda, Kantor DPRD, Dinas Kesehatan, Kantor Inspektorat, Masjid Al-Ihsan dan Masjid Al-Ikhlas. Berdasarkan hasil pemeriksaan *Tier 1*, Kantor Bupati merupakan objek bangunan yang memiliki paling banyak ketidaksesuaian. Berdasarkan hasil analisis respons spektrum yang telah dilakukan pada objek penelitian Kantor Bupati menunjukkan perilaku struktur terhadap beban gempa memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam peraturan bangunan gempa SNI 1726-2019.

Kata Kunci : *rapid visual screening, FEMA P-154, evaluasi seismik FEMA 310, respons spektrum*

## ABSTRACT

*This research studies how to apply the FEMA P-154 and FEMA 310 procedures to Indonesian Earthquake Map based on SNI 1726-2019 located in Bagansiapiapi City, Riau Province. The study conducted in accordance with the type of building based on FEMA, namely C1 (Concrete moment resisting frames), W2 (Wood frame commercial and industrial buildings). The object building consists of office buildings, religious facilities, health and historical relics in the City of Bagansiapiapi. Bagansiapiapi City is in a moderate-high earthquake zone (moderate high). At level 2 RVS, there are 6 buildings that have scores below the minimum limit or need further analysis, including Bappeda Office, DPRD Office, Health Office, Inspectorate Office, Al-Ihsan Mosque and Al-Ikhlas Mosque. Based on the results of Tier 1, the Regent's Office is the building object that has the most discrepancies. Based on the results of the spectrum response analysis that has been carried out on the research object the Regent's Office shows the structural behavior towards earthquake loads fulfilling the requirements stipulated in the earthquake building regulations SNI 1726-2019.*

*Keywords : rapid visual screening, FEMA P-154, seismic evaluation FEMA 310, respons spectrum*

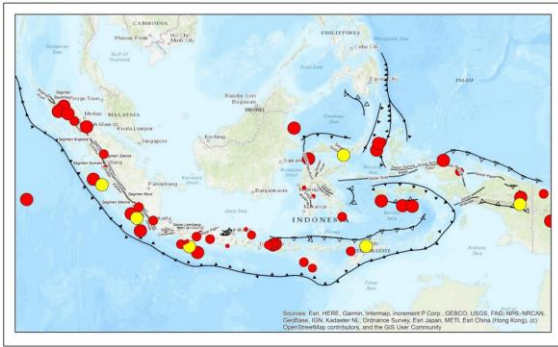
## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Risiko akibat bencana gempa yang terjadi di Indonesia meningkat dengan pesat dalam beberapa tahun terakhir. Wilayah Indonesia yang berada di kawasan *ring of fire* (Lailasari, Wibowo, & Nuralinah, 2012) atau cincin api Pasifik yang aktif akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik

mengakibatkan guncangan dan berdampak pada ancaman gangguan kehidupan serta kerusakan infrastruktur bangunan. Peta sumber gempa BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), seperti yang terlihat pada Gambar 1, tercatat dari tahun 2010 sampai tahun 2018, gempa yang terjadi di bagian paling barat Pulau Sumatra bahkan mencapai lebih dari 8,5 magnitudo pada ke dalam kurang dari 60 Km. Kondisi gempa semacam ini

dapat menyebabkan kerusakan besar karena gempa yang cukup dekat dengan permukaan tanah.



**Gambar 1. Peta Sumber Gempa Tahun 2010-2018 (BMKG, 2019)**

*Rapid Visual Screening (RVS)* adalah sebuah program yang dipublikasikan oleh *The Federal Emergency Management Agency (FEMA)* di mana bertujuan untuk menyediakan metodologi evaluasi ketahanan bangunan terhadap beban gempa dengan cepat dan biaya sedikit, akses yang minimal dan menentukan perlu atau tidak pemeriksaan yang lebih detail. Dasar teknis metodologi yang digunakan dalam program RVS adalah sistem skoring yang dikembangkan untuk meneliti, mengumpulkan dan menyaring bangunan apakah berpotensi terhadap bahaya gempa. Ketika skoring bangunan berpotensi, maka langkah selanjutnya adalah evaluasi lanjutan yang dilaksanakan

kekuatan getaran yang ditimbulkan dan sumber profesional yang memiliki pengalaman di bidang kegempaan. Program RVS akan memudahkan proses evaluasi seismik bangunan dengan cakupan yang luas, misalnya skala perkotaan, karena akan menghasilkan data bangunan yang dilengkapi dengan potensi kerusakan akibat gempa sehingga proses analisis yang lebih detail hanya akan dilakukan pada bangunan-bangunan tersebut (*Federal Emergency Management Agency (FEMA)*, 2015).

Berdasarkan Tabel 1.1, tahapan yang ideal untuk proses evaluasi pada bangunan baru atau bangunan yang belum rusak akibat gempa, terbagi atas 4 tahap, yaitu: *rapid visual screening*, analisis *Tier 1*, analisis *Tier 2* dan analisis *Tier 3*. Analisis *Tier 1*, 2 dan 3 merupakan analisis struktur lanjut yang merupakan bagian dari proses evaluasi seismik struktur pada bangunan. FEMA telah merangkum tahapan tersebut menjadi sebuah laporan FEMA-310 yang selanjutnya oleh *American Society of Civil Engineers (ASCE)* menjadikan laporan tersebut sebagai standar evaluasi seismik untuk bangunan eksisting. FEMA 310 merangkum proses evaluasi menjadi tiga tingkat, tingkat pertama yaitu tahap *screening*, tingkat kedua tahap evaluasi dan tingkat ketiga tahap evaluasi detail.

**Tabel 1. Perbandingan metode evaluasi seismik di Amerika Serikat**

Bangunan yang belum ada kerusakan akibat gempa	FEMA P-154	ASCE/SEI 41 <i>Tier 1</i>	ASCE/SEI 41 <i>Tier 2</i>	ASCE/SEI 41 <i>Tier 3</i> FEMA P-807 FEMA P-58 HAZUS
Bangunan rusak akibat gempa	ATC-20 Rapid	ATC-20 Detailed	FEMA 352 ATC 52-4	FEMA 306 ATC-52-4
Waktu yang dibutuhkan	< 60 menit	< 24 jam	< 1 minggu	< 30 hari
Kebutuhan biaya	Rendah	Sedang	Besar	Sangat besar
Kebutuhan sumber daya manusia	Tenaga profesional yang telah dilatih	Insinyur struktur yang berpengalaman dibidang seismik		

Sumber: (FEMA, 2015)

Bangunan tinggi yang ada di kota Bagansiapiapi belum begitu banyak apabila dibandingkan dengan kota lainnya yang ada di Indonesia. Gedung perkantoran dan bangunan fasilitas umum didominasi oleh kantor milik pemerintah yang ada di Kawasan Batu Enam dan Kota Bagansiapiapi. Tempat tinggal masyarakat masih menggunakan bahan konstruksi kayu dengan bentuk rumah panggung dan beberapa lainnya sudah menggunakan beton. Tidak banyak bangunan

sejarah yang ada di kota Bagansiapiapi, hanya ada beberapa bangunan lama yang masih terjaga yaitu Gereja Tua St. Patrik dan Gedung BRI cabang kedua di Indonesia (*Badan Pusat Statistik Kabupaten Rokan Hilir*, 2017). Kawasan perkantoran pemerintah daerah kabupaten Rokan Hilir Batu 6 terletak 8,3 kilometer dari pusat ibu kota Bagansiapiapi dan sebagian berada di tepian muara Sungai Rokan. Beberapa kantor kedinasan yang berada di kawasan tersebut antara lain Kantor

Bupati Rokan Hilir, Kantor Kejaksaan, Inspektorat, Bappeda, Dinas Kesehatan, Dinas Perikanan dan Kelautan, Koramil dan Gedung DPRD Rokan Hilir. Bangunan-bangunan ini memiliki perencanaan yang memadai sesuai dengan ketentuan perencanaan gedung di Indonesia

Metode FEMA P-154, FEMA 310 dan SNI 1726-2019 menggunakan zonasi peta percepatan spektrum respons untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun. Untuk percepatan spektrum respons 0,2 detik, kota Bagansiapiapi berada pada rentang nilai 0,3 – 0,4g. Sedangkan untuk percepatan spektrum respons 1 detik, kota Bagansiapiapi berada pada rentang nilai 0,2 - 0,25g. Berdasarkan FEMA P-154, wilayah seismisitas dikelompokkan menjadi 5 zona menurut nilai spektrum respons pada periode 0,2 dan 1 detik. Dengan rentang nilai respons spektrum kota Bagansiapiapi yang telah disebutkan di atas berdasarkan nilai spektrum respons periode pendek (0,2 detik) masuk ke dalam zona sedang (*moderate*) dan pada periode 1 detik masuk ke dalam kelompok zona sedang-tinggi (*moderate high*).

Wilayah Seismik Rendah	Wilayah Seismik Sedang	Wilayah Seismik Sedang Tinggi	Wilayah Seismik Tinggi	Wilayah Seismik Sangat Tinggi
< 0.05 g	0.1 - 0.15 g	0.2 - 0.25 g	0.4 - 0.5 g	0.6 - 0.7 g
0.05 - 0.1 g	0.15 - 0.2 g	0.25 - 0.3 g	0.5 - 0.6 g	0.7 - 0.8 g
		0.3 - 0.4 g		0.8 - 0.9 g
				0.9 - 1.0 g
				1.0 - 1.2 g
				1.2 - 1.5 g
				> 1.5 g

**Gambar 2. Klasifikasi wilayah gempa berdasarkan FEMA dan Peta Gempa Indonesia 2017**

### Rapid Visual Screening (RVS)

Prosedur RVS menggunakan sistem penilaian yang mengharuskan pengguna untuk: 1) identifikasi sistem penahan beban lateral struktur utama, 2) mengidentifikasi karakter bangunan yang mengubah kinerja seismik yang diharapkan dari sistem penahan beban lateral. Formulir pengumpulan data mencakup ruang untuk mendokumentasikan informasi identifikasi bangunan, termasuk penggunaan dan ukurannya, foto bangunan, sketsa dan dokumentasi data terkait yang berkaitan dengan kinerja seismik, termasuk pengembangan skor bahaya seismik numerik. Nilai tersebut didasarkan pada tingkat getaran rata-rata yang diharapkan untuk wilayah gempa serta desain seismik dan praktik konstruksi untuk wilayah tersebut.

### Data collection form

Terdapat lima formulir pengisian data untuk membedakan wilayah gempa yaitu: rendah (*low*),

sedang (*moderate*), sedang-tinggi (*moderately high*), tinggi (*high*) dan sangat tinggi (*very high*). Kelima formulir memiliki penilaian yang berbeda untuk setiap skor dasar dan skor tambahan, nilai-nilai ini tergantung kepada beberapa faktor, yaitu: 1) desain seismik dan praktik konstruksi; 2) karakter bangunan yang menurunkan atau meningkatkan kapasitas resistensi seismik; dan 3) gerakan tanah maksimum yang dipertimbangkan untuk wilayah gempa yang diteliti.

### Prosedur analisis (FEMA 310, 1998)

Evaluasi berdasarkan prosedur FEMA 310 melalui tiga tahapan (*Tier*) (Latinović, 2018), untuk setiap zona seismik. Tahapan prosedur evaluasi antara lain:

*Tier 1*, tahap skrining

*Tier 2*, tahap evaluasi

*Tier 3*, tahap evaluasi lanjut

Jika hasil RVS merekomendasikan analisis lanjut, maka analisis struktur dilakukan dengan analisis respons dinamik menggunakan respons spektrum dengan mengacu pada SNI 1726-2019. Evaluasi tahap 1 dan tahap 2 lebih bersifat konservatif karena menggunakan asumsi dalam analisisnya. Pada tahap 3, menunjukkan kemampuan struktur bangunan terhadap kriteria defisiensi bangunan yang telah diidentifikasi pada tahap 1 dan tahap 2. Hal utama pada prosedur evaluasi ini adalah menentukan jenis dan cakupan evaluasi berdasarkan tingkat performa bangunan. Bangunan dievaluasi berdasarkan 2 tingkat performa, yaitu:

1. *Life safety (LS)* : Saat gempa terjadi, pada struktur timbul kerusakan yang cukup signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, komponen-komponen struktur utama tidak runtuh dan struktur masih stabil mampu menahan gempa kembali, bangunan masih dapat digunakan jika dilakukan perbaikan.
2. *Immediate occupancy (IO)* : Bila terjadi gempa struktur masih aman, hanya terjadi sedikit kerusakan minor dimana untuk memperbaikinya tidak mengganggu pengguna, kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa, sistem pemikul gaya vertikal dan lateral pada struktur masih mampu memikul gaya gempa yang terjadi (Ertanto, Satyarno, & Suhendro, n.d.).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Data lokasi dan objek penelitian

Penelitian dilakukan di kabupaten Rokan Hilir

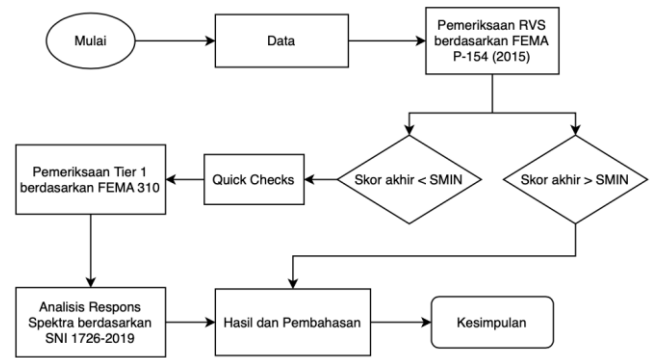
tepatnya di Kota Bagansiapiapi dan Kawasan Batu Enam. Bangunan objek penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

**Metode analisis**

Tahapan metode pada penelitian ini dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan zona wilayah gempa berdasarkan FEMA dan menyesuaikan dengan Peta Gempa Indonesia. (Pusat Studi Gempa Nasional Pusat, 2017)
2. Menentukan jenis dan klasifikasi tanah untuk lokasi bangunan objek penelitian.
3. Tinjauan data bangunan objek penelitian.
4. Menggunakan sumber dari internet dan program yang tersedia.
5. Studi lapangan. Peralatan yang perlu dipersiapkan antara lain: kamera, binokular untuk bangunan tinggi, papan klip, laporan FEMA P-154, referensi dan panduan RVS, alat tulis, lampu senter, alat ukur.
6. Laporan hasil evaluasi RVS. Pada objek bangunan yang memiliki skor akhir di bawah skor minimal yang ditentukan harus dievaluasi lebih lanjut..
7. Analisis Tier 1 berisi pernyataan yang bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan struktur berdasarkan kriteria yang ada dalam laporan FEMA 310. Perhitungan cepat yang tersedia dilakukan sebelum analisis yang lebih detail.
8. Analisis Tier 2 bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan struktur yang dianggap tidak sesuai atau perlu investigasi lebih lanjut. Pada tahap ini, analisis respons spektrum dengan bantuan aplikasi ETABS 2016 digunakan untuk membuktikan kekuatan struktur yang diidentifikasi pada Tier 1.
9. Laporan hasil evaluasi struktur. Evaluasi struktur adalah tahapan akhir dari evaluasi seismik terhadap bangunan objek penelitian. Apabila kekuatan bangunan tidak terpenuhi terhadap persyaratan gempa SNI 1726-2019, maka mitigasi bangunan perlu dilakukan untuk mengurangi kerusakan akibat gempa.

Secara umum, *flow chart* untuk tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Bagan alir penelitian**

**Tabel 2. Nilai percepatan batuan dasar objek penelitian**

No.	Bangunan	$S_s$	$S_I$
1	Gedung Bappeda Kab. Rokan Hilir	0,3461	0,2457
2	Gedung DPRD Kab. Rokan Hilir	0.3468	0.2460
3	Gedung Kejaksaan Kab. Rokan Hilir	0.3478	0.2472
4	Kantor Bupati Kab. Rokan Hilir	0.3476	0.2463
5	Dinas Kesehatan Kab. Rokan Hilir	0.3470	0.2461
6	Inspektorat Kab. Rokan Hilir	0.3460	0.2457
7	Dinas Perikanan Kab. Rokan Hilir	0.3456	0.2455
8	Kodim 0321/ROKAN HILIR	0.3458	0.2456
9	Mesjid Al-Ihsan Kab. Rokan Hilir	0.3434	0.2441
10	RSUD Pratomo Kab. Rokan Hilir	0.3432	0.2440
11	Gereja St. Petrus Kab. Rokan Hilir	0.3433	0.2440
12	Gedung BRI Kab. Rokan Hilir	0.3432	0.2439
13	Mesjid Al-Ikhlas Kab. Rokan Hilir	0.3445	0.2444
14	Gedung Pelabuhan Kab. Rokan Hilir	0.3515	0.2478

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Jenis dan karakteristik tanah**

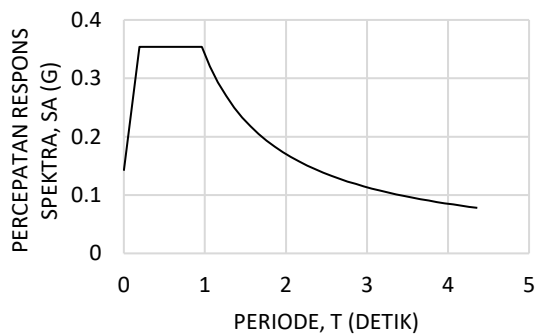
Berdasarkan pengujian sondir pada Kawasan Batu Enam menghasilkan data sebagai berikut:

**Tabel 3. Hasil pengujian sondir Kota Bagansiapiapi**

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Tahanan Konus, $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Jenis Tanah
1	30	40	SD (tanah sedang)
2	30	35	SD (tanah sedang)

### Desain respons spektrum

Respons spektrum rencana yang dibuat berdasarkan pada peta percepatan batuan dasar periode 0,2 detik ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar periode 1 detik ( $S_1$ ). Nilai respons spektrum sesuai dengan lokasi gedung diperoleh nilai  $S_s$  sebesar 0,349g dan  $S_1$  sebesar 0,241g. Kurva respons spektrum desain dibuat berdasarkan nilai-nilai yang telah diperoleh sebelumnya dan didapatkan kurva respons spektrum desain seperti Gambar 4.



Gambar 4. Kurva respons spektrum desain

### Laporan hasil pengamatan cepat (RVS)

Tabel 4. Hasil skor evaluasi dengan metode RVS

No.	Bangunan	Tipe	Skor awal	Form 1			Form 2			S <sub>MIN</sub>	Ket	
				Modif.	S <sub>L1</sub>	V <sub>L2</sub>	P <sub>L2</sub>	M	Modif.			S <sub>L2</sub>
1	Bappeda	C1	1,7	-2,3	-0,6	-1,3	-1,2	0,3	-2,2	-0,5	0,3	tidak aman
2	DPRD	C1	1,7	-2,3	-0,6	-2,8	-1,6	0,3	-4,1	-0,6	0,3	tidak aman
3	Kejaksaan	C1	1,7	-2,3	-0,6	-0,8	-0,4	0,3	-0,9	0,8	0,3	aman
4	Bupati	C1	1,7	-2,3	-0,6	-1,3	-0,4	0,3	-1,4	0,3	0,3	deterioration
5	Dinkes	C1	1,7	-2,3	-0,6	-1,8	-1,6	0,3	-3,1	-0,6	0,3	tidak aman
6	Inspektorat	C1	1,7	-2,3	-0,6	-1,3	-1,2	0,3	-2,2	-0,5	0,3	tidak aman
7	Dinper	C1	1,7	-1,6	0,1	-0,8	0	0,3	-0,5	0,3	0,3	aman
8	Kodim	C1	1,7	-1,6	0,1	-1,3	0	0,3	-1	0,7	0,3	aman
9	Al-Ihsan	C1	1,7	-2,3	-0,6	-1,3	-1,9	0,3	-2,9	-0,6	0,3	tidak aman
10	RSUD	C1	1,7	-0,7	1	0	-0,4	-0,7	-1,1	0,6	0,3	aman
11	Gereja	W2	3,2	-1,7	1,5	-0,9	0	0,3	-0,6	2,6	0,8	aman
12	BRI	W2	3,2	-3	0,2	-1,1	0	0,3	-0,8	2,4	0,8	aman
13	Al-Ikhlas	C1	1,7	-2,3	-0,6	-1,3	-1,5	0,3	-2,5	-0,6	0,3	tidak aman
14	Pelabuhan	C1	1,7	-1,6	0,1	-0,8	0	0,3	-0,5	1,2	0,3	aman

Tabel 4 memperlihatkan rangkuman hasil penelitian cepat metode RVS terhadap bangunan objek penelitian ini. Untuk tipe bangunan yang diteliti terdiri dari dua tipe yaitu bangunan rangka beton penahan momen (C1) dan bangunan rangka kayu untuk bangunan komersial dan industri dengan luas lantai lebih dari 5.000 kaki persegi (W2).

Ketidak beraturan vertikal merupakan ketidakberaturan yang paling banyak diidentifikasi dan jenis ketidakberaturan vertikal “*In-plan setback*” merupakan ketidakberaturan yang paling banyak dimiliki pada objek penelitian hal ini berkaitan erat dengan struktur kubah di setiap objek bangunan. Sedangkan “*Sloping slide*”, “*Addition*” dan “*Post-code*” tidak diidentifikasi pada objek bangunan karena tidak ada kontur perbukitan atau perubahan dari bangunan asli. Bangunan yang memiliki paling banyak kriteria pemeriksaan yaitu Kantor DPRD dan Masjid Al-Ihsan sedangkan bangunan paling sedikit yaitu Dinas Perikanan, Kantor Kodim, RSUD Pratomo dan Pelabuhan.

Berdasarkan hasil pemeriksaan metode RVS tingkat 1, untuk wilayah gempa sedang-tinggi, hanya RSUD Pratomo dan Gereja Santo Petrus Paulus yang memiliki skor di atas batas yang ditentukan. Pada pemeriksaan tingkat 2, bangunan yang memiliki skor di bawah batas minimal atau perlu analisis lanjut berjumlah 6 objek bangunan antara lain Kantor Bappeda, Kantor DPRD, Dinas Kesehatan, Kantor Inspektorat, Masjid Al-Ihsan dan Masjid Al-Ikhlas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 5.

**Laporan hasil analisis Tier 1 FEMA 310**

Berdasarkan hasil pemeriksaan Tier 1, Kantor Bupati merupakan bangunan dengan ketidaksesuaian paling banyak. Bappeda dan Inspektorat nihil ketidaksesuaian. Kantor DPRD memiliki 4 kriteria yang perlu di analisis antara lain tingkat lemah, geometri, massa dan torsi. Dinas Kesehatan hanya di identifikasi ketidakberaturan torsinya saja, sedangkan untuk objek Masjid Al-Ihsan dan Masjid Al-Ikhlash menurut peneliti tidak perlu di analisis lanjut karena objek hanya memiliki satu lantai dan keterbatasan data perencanaan. Untuk lebih jelas dapat di lihat pada Tabel 6.

Berdasarkan hasil pemeriksaan Tier 1, beberapa memiliki kesamaan dengan prosedur RVS FEMA P-154. Misalnya pada kriteria *weak story*, *soft story* dan *torsion* terdapat pada kedua prosedur pemeriksaan. Dan kriteria lainnya memiliki perbedaan istilah penyebutan namun memiliki maksud dan tujuan yang sama dan selebihnya tidak di miliki satu sama lainnya. Hasil pemeriksaan Tier 1 pada objek bangunan dengan perbandingan menurut hasil pemeriksaan prosedur RVS FEMA P-154 dapat disimpulkan bahwa kriteria yang diidentifikasi pada saat pemeriksaan cepat RVS juga teridentifikasi dalam prosedur Tier 1.

**Tabel 5. Hasil identifikasi kriteria pengamatan visual**

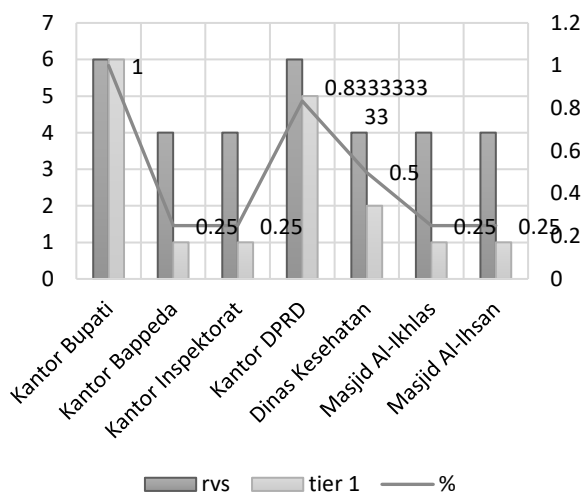
No.	Bangunan	Tipe bangunan	Ketidakberaturan vertikal							Ketidakberaturan horizontal				Pounding	Addition	Precode	Postcode
			Sloping	Cripple	Weak/soft	Outboard	Inboard	Inplan	Short	Split	Torsi	Non-paralel	Re-entrant				
1	Bappeda	C1			•			•	•		•			•			
2	DPRD	C1			•	•	•	•			•		•		•		
3	Kejaksaan	C1			•				•						•		
4	Bupati	C1			•		•	•	•						•		
5	Dinkes	C1					•		•		•		•		•		
6	Inspektorat	C1					•		•			•			•		
7	Dinper	C1						•	•								
8	Kodim	C1					•		•								
9	Al-Ihsan	C1						•	•	•		•	•		•	•	
10	RSUD	C1													•	•	
11	Gereja	W2			•				•								•
12	BRI	W2			•			•									•
13	Al-Ikhlash	C1						•	•	•		•	•		•		
14	Pelabuhan	C1					•		•								

**Tabel 6. Hasil pemeriksaan Tier 1 FEMA 310**

No.	Bangunan	Tipe	Screening Data								
			Weak	Soft	Geometry	Mass	Torsi	Det.	Anchor	Int. wall	Con. Col
1	K. Bupati	C1	•	•	•	•		•	•		
2	Bappeda	C1									
3	Dinkes	C1			•						
4	DPRD	C1	•		•	•	•				
5	Inspektorat	C1									
6	Al-Ihsan	C1							•	•	
7	Al-Ikhlash	C1							•	•	

Berbeda dengan pemeriksaan cepat RVS FEMA P-154, dalam pemeriksaan Tier 1 FEMA 310, perhitungan cepat berdasarkan dimensi struktur dan respons spektrum desain dilakukan agar memberikan penilaian yang lebih baik dalam mengisi lembaran data pemeriksaan. Data komponen struktur diperlukan pada analisis Tier 1. Kekurangannya adalah analisis objek bangunan akan memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan prosedur RVS. Selain itu, prosedur analisis Tier 1 di rekomendasikan dilakukan oleh ahli struktur bangunan atau

bangunan seismik. Sistem penilaian berdasarkan batas skor akhir dalam prosedur RVS memberikan pandangan kerentanan bangunan terhadap bencana gempa, sedangkan dalam prosedur Tier 1 FEMA 310, bangunan diharapkan memiliki kekuatan struktur yang mampu menahan beban gempa berdasarkan tingkat kinerja struktur bangunan. Apabila dalam pemeriksaan, kekuatan stuktur tidak sesuai yang diharapkan, maka harus dibuktikan dengan perhitungan cepat berdasarkan data komponen struktur yang tersedia.



**Gambar 5. Kurva perbandingan prosedur RVS dan Tier 1**

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan keakuratan analisis prosedur RVS dan prosedur Tier 1 dengan 6 objek bangunan berdasarkan kriteria penilaian yang memiliki kesamaan dalam kedua prosedur. Ketidakberaturan berat atau *inplan irregular* dan ketidakberaturan torsi merupakan kriteria dengan tingkat keakuratan paling kecil yaitu 29% dari 6 objek penelitian hanya 2 yang sama-sama diidentifikasi dalam kedua prosedur, sedangkan objek lainnya tidak di temukan dalam prosedur Tier 1. Ketidakberaturan geometri atau *setback irregular*, tingkat lemah dan tingkat lunak masing-masing memiliki tingkat keakuratan 57%, 71% dan 86%. Selanjutnya, kriteria lantai mezzanin, singgungan, kerusakan dan redudansi memiliki keakuratan penuh. Hal ini karena kriteria tersebut bukan kriteria kuantitatif atau tanpa perlu perhitungan.

## KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan informasi bagaimana tahapan evaluasi bangunan dan panduan untuk mengurangi risiko kerusakan yang diakibatkan bencana gempa di masa yang akan datang. Untuk konstruksi bangunan yang memiliki risiko yang

lebih besar, langkah mitigasi dapat dilakukan terhadap struktur bangunan agar menjadi lebih aman dan tetap bertahan dalam kondisi gempa selanjutnya. Adapun evaluasi kerentanan bangunan dapat lebih akurat apabila data perencanaan dan informasi detail mengenai bangunan tersedia. Analisis yang lebih detail dapat diterapkan berdasarkan hasil rekomendasi dari evaluasi RVS dan Tier 1 yang menunjukkan potensi kerusakan besar akibat gempa. Selanjutnya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat kepada pengguna bangunan, para perancang bangunan dan pihak yang berkepentingan dalam proses perancangan dan pengembangan wilayah untuk di masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Rokan Hilir. (2017). *Kabupaten Rokan Hilir Dalam Angka 2017*.
- BMKG. (2019). Kumpulan Gempa Bumi Signifikan & Merusak di Indonesia Berdasarkan Tahun. *Katalog Gempa Bumi Signifikan Dan Merusak 1821-2018*, 13–98.
- Ertanto, B. C., Satyarno, I., & Suhendro, B. (n.d.). *PERFORMANCE BASED DESIGN BANGUNAN GEDUNG*. 189–204.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2015). Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook (FEMA P-154). *Federal Emergency Management Agency*, (January), 388. <https://doi.org/10.4231/D3M90238V>
- FEMA 310. (1998). *Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Prestandard*. 288pp.
- Lailasari, D. N., Wibowo, A., & Nuralinah, D. (2012). Studi Komparasi Perencanaan Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012. *Teknik Universitas Brawijaya*, 1–9.
- Latinović, M. (2018). Seismic Evaluation of Existing Buildings According To Document Fema 310. *Савремена Теорија И Пракса У Градитељству*, 13(1), 664–678. <https://doi.org/10.7251/stp1813664I>
- Pusat Studi Gempa Nasional Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017* (M. T. Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE, Ph.D. Prof. Sri Widiantoro, M.Sc, Ph.D. Dr. Danny Hilman Natawidjaja Dr. Irwan Meilano, ST, M.Sc. Ariska Rudyanto, S.Si, Dipl.Tsu, Msc. Dr. Sri Hidayati Dr. Wahyu Triyoso Dr. Nuraini Rahma Hanifa Dr. Didiek Djarwadi Ir. Lut, ed.). Retrieved from <http://litbang.pu.go.id/puskim/berita/detail/1355/peta-sumber-dan-bahaya-gempa-indonesia-tahun-2017>.