

Evaluasi Kerentanan Seismik Pada Bangunan Sekolah Di Kabupaten Lingga Menggunakan *Rapid Visual Screening* (RVS)

¹Aldrin Dhio Pratama, ²Reni Suryanita, ³Alex Kurniawandy

¹Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru

²Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru

³Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru

E-mail: ¹aldrin.dhio6342@grad.unri.ac.id, ²reni.suryanita@eng.unri.ac.id,
³alexkurniawandy@eng.unri.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Lingga merupakan wilayah kepulauan dengan karakteristik pembangunan di kawasan pesisir yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur akibat terpapar garam air laut dan juga berada di wilayah zona gempa tingkat rendah. Meskipun berada di zona gempa tingkat rendah, pelaksanaan dilapangan cenderung mengabaikan bahaya gempa. Kondisi ini meningkatkan kerentanan bangunan akibat lingkungan pesisir dan gempa. Oleh karena itu, perlu dilakukan antisipasi dengan menguji struktur bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kerentanan struktur bangunan menggunakan metode Inspeksi Visual, *Rapid Visual Screening*, dan *Non-destructive test* menggunakan *hammer test* berdasarkan FEMA 154. Metode ini dilakukan dengan cara melihat kondisi struktur, bentuk, waktu dibangun, dan menguji kekuatan materialnya. Objek penelitian terdiri dari tiga tipe bangunan diantaranya rangka beton 2 lantai dengan ketidakberaturan horizontal (C1-2TBH), rangka semi-permanen 1 lantai dengan ketidakberaturan horizontal (WC1 – 1TBH), dan rangka beton 3 lantai dengan ketidakberaturan vertikal (C1-3TBV). Hasil evaluasi menunjukkan bangunan tipe WC1-1TBH tidak memenuhi ketentuan yang disyaratkan didalam FEMA 154 dibandingkan dua tipe lainnya pada gempa tingkat sedang sehingga bangunan dengan tipe tersebut rentan terhadap gempa. Selanjutnya *hammer test* pada elemen sloof tipe bangunan C1-2TBH tidak memenuhi syarat mutu beton berdasarkan SNI 2847:2019 dan didukung dengan inspeksi visual adanya kerusakan pada balok dan plat lantai berupa pengelupasan selimut beton yang dapat menyebabkan degradasi akibat garam air laut. Sementara itu, pada tipe bangunan lainnya tidak menunjukkan kerusakan secara visual dan kondisi struktur masih tergolong baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan kerentanan bangunan tidak hanya ditentukan oleh faktor gempa, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas material, kondisi lingkungan pesisir, serta waktu berdirinya bangunan.

Kata kunci : *Rapid Visual Screening*, *Non-Destructive Test*, Inspeksi visual, FEMA 154, Kerentanan

ABSTRACT

Lingga Regency is an archipelagic region with coastal development characteristics that can cause structural damage due to exposure to seawater salt and is also located in a low-seismic-risk zone. Although it is in a low-seismic-risk zone, on-site construction practices tend to overlook seismic hazards. This situation increases the vulnerability of buildings due to environmental factors seawater and seismic. Therefore, it is necessary to take preventive measures by testing building structures. This study aims to evaluate the vulnerability of building structures using the Visual Inspection, *Rapid Visual Screening*, and *Non-destructive testing methods*, specifically the *hammer test* based on FEMA 154. These methods involve assessing the structural condition, form, construction date, and testing the material strength. The study subjects consist of three building types: a two-story reinforced concrete frame with horizontal irregularities (C1-2TBH), a one-story semi-permanent frame with horizontal irregularities (WC1-1TBH), and a three-story reinforced concrete frame with vertical irregularities (C1-3TBV). The evaluation results indicate that the WC1-1TBH building type does not meet the requirements specified in FEMA 154 compared to the other two types during a moderate-intensit

earthquake, making this building type vulnerable to earthquakes. Furthermore, the hammer test on the tie beam elements of the CI-2TBH building type did not meet the concrete quality requirements based on SNI 2847:2019, and this was supported by a visual inspection revealing damage to the beams and floor slabs in the form of concrete spalling, which could lead to degradation caused by seawater salts. Meanwhile, other building types showed no visible damage, and their structural conditions were still considered good. Thus, it can be concluded that a building's vulnerability is not determined solely by seismic factors but is also influenced by material quality, coastal environmental conditions, and the building's age.

Keyword : *Rapid Visual Screening, Non-Destructive Test, Visual Inspection, FEMA-154, Vulnerability*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Lingga merupakan wilayah kepulauan dengan karakteristik pembangunan yang berada di kawasan pesisir. Hal ini menempatkan struktur bangunan dapat beresiko terpapar garam air laut yang secara teknis memicu degradasi pada material bangunan. Menurut (Chi dkk., 2023) struktur bangunan yang berada di daerah pesisir dapat menyebabkan pengelupasan lapisan permukaan beton. Selain itu (Yong dkk., 2023) menyatakan bahwa struktur bangunan yang berdiri di daerah pesisir terutama struktur beton rentan terhadap degradasi akibat pengaruh suhu, iklim dan lingkungan. Kabupaten Lingga juga termasuk dalam zona wilayah dengan tingkat gempa rendah. Namun demikian, dalam pelaksanaan di lapangan bahaya gempa cenderung diabaikan (BSN, 2019). Kondisi ini meningkatkan kerentanan bangunan terhadap kerusakan, baik yang disebabkan oleh faktor lingkungan pesisir maupun bahaya gempa.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan evaluasi untuk mengantisipasi kerentanan bangunan dengan metode *Rapid Visual Screening* (RVS) yang berasal dari Federal Emergency Management (FEMA) 154, uji mutu struktur dengan *Non-Destructive Test* (NDT) berupa *hammer test*, serta inspeksi visual kondisi eksisting struktur. Menurut (Muhammad dkk., 2023) *Rapid Visual Screening* merupakan prosedur evaluasi kualitatif yang digunakan dalam penilaian kerentanan bangunan terhadap gempa. (Agustin dkk., 2020). Prosedur *Rapid Visual Screening* (RVS) menggunakan penilaian yang dilakukan oleh pengguna untuk mengidentifikasi sistem penahan gaya lateral pada struktur utama bangunan dan bagian – bagian pada bangunan seperti bentuk bangunan yang dapat mengubah kinerja gempa. Hasil yang didapat dicatat kedalam formulir survei yang sesuai dengan zona gempa pada wilayah tersebut dan dilakukan evaluasi (FEMA, 2015). Dari studi literatur terdahulu penggunaan RVS untuk bangunan juga dilakukan di daerah Bandung

Jawa Barat yang memiliki resiko gempa tinggi dan tujuan untuk memprioritaskan rehabilitasi dan rekonstruksi bangunan dengan pertimbangan yang komprehensif (Roi dkk., 2023). Adapun penggunaan RVS dilakukan pada daerah Indragiri Hulu dengan resiko gempa sedang dengan tujuan menganalisis tingkat resiko bangunan pemerintah di daerah indragiri hulu akibat bahaya gempa (Agustin dkk., 2020).

Penelitian serupa juga dilakukan di Universitas Jendral Sudirman terletak di Purbalingga, RVS digunakan untuk merumuskan prioritas mengenai keamanan struktural pada bangunan di Universitas Jendral Soedirman (Haryanto dkk., 2020). Penelitian selanjutnya RVS dapat digunakan sebagai evaluasi kerentanan bangunan dan melihat kondisi kerusakan pada bangunan tersebut (Sari dkk., 2020). RVS juga dapat digunakan dengan bantuan aplikasi *smartphone* yang dilakukan di Universitas Teknologi Yogyakarta tujuannya untuk menentukan hasil evaluasi menggunakan metode formulir RVS manual dan dengan aplikasi ArGis (Kurniati dkk., 2022). Adapun evaluasi kerentanan menggunakan ASCE 41-13 yang merupakan evaluasi secara cepat agar dapat menjadi acuan untuk evaluasi ke tahap berikutnya (Adeswastoto dkk., 2017). Penelitian selanjutnya membahas Uji *Non-destructive test* (NDT) dengan *hammer test* merupakan pengujian untuk mengetahui mutu atau kualitas pada beton dengan tidak merusak sampelnya (Ichsan dkk., 2021).

Berdasarkan studi terdahulu banyak penelitian lebih membahas penggunaan RVS di daerah dengan resiko gempa tinggi dan sedang, sehingga belum pernah dilakukannya evaluasi kerentanan seismik pada bangunan di daerah pesisir dengan kondisi gempa rendah, melakukan pengecekan kualitas dari struktur dan kerusakan yang dapat dilihat secara visual. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan metode *Rapid Visual Screening* FEMA 154 di wilayah pesisir yang memiliki tingkat resiko bahaya gempa rendah dan ditambahkan dengan evaluasi mutu beton menggunakan *Non – Destructive Test* (NDT) serta melakukan inspeksi visual kerusakan akibat garam

air laut. Dengan demikian, studi ini memberikan sudut pandang dalam mitigasi pra-bencana di wilayah yang sering dianggap aman dari gempa. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini ialah untuk mengevaluasi kerentanan struktur bangunan menggunakan metode Inspeksi Visual, *Rapid Visual Screening*, dan *Non-destructive test* menggunakan *hammer test* berdasarkan FEMA 154.

2. LANDASAN TEORI

2.1 *Rapid Visual Screening*

Menurut (Firdaus dkk., 2016) *Rapid Visual Screening* merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi bangunan secara cepat tanpa harus menganalisa bangunan dengan bantuan software. *Rapid Visual Screening* mengikuti standar ketentuan yang dibuat oleh FEMA – 154 dimana skor dasar didapat dari tipe bangunan atau sistem strukturnya dan juga memasukkan penilaian terhadap ketidakberaturan vertikal berat atau sedang, ketidakberaturan, jenis tanah dan lain-lain (Emiral Akbara dkk., 2022).

2.2 *Non – Destructive Test*

Pengujian *Non-Destructive Test* dalam penelitian ini menggunakan *hammer test* sebagai alat untuk mengukur kekerasan permukaan beton, sesuai dengan standar ASTM C805 (Suryanita dkk., 2025). Rentang mutu yang digunakan mengacu kepada standar di dalam SNI 2847:2019 dimana rentang mutu beton untuk beton normal adalah 17 MPa dan untuk beton dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sebesar 21 MPa.

2.3 Inspeksi Visual

Inspeksi visual merupakan evaluasi kondisi bangunan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap elemen-elemen bangunan untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan seperti retak, bocor, dan korosi (Gultom dkk., 2024). Inspeksi visual ini dilakukan dengan cara mengambil dokumentasi/foto kondisi kerusakan yang diterjadi.

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Dabo Singkep Kabupaten Lingga dimana lokasi bangunan berada di daerah pesisir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Dabo Singkep

Terdapat tiga tipe bangunan sekolah yang dievaluasi diantaranya,

- SD IT (C1 – 2TBH) – struktur beton dua lantai dan memiliki ketidakberaturan horizontal
- SD 003 (WC1 -1TBH) – struktur semi permanen satu lantai dan memiliki ketidakberaturan horizontal
- Baitul Qur'an. (C1-3TBV) – struktur beton tiga lantai dan memiliki ketidakberaturan vertikal

Evaluasi inspeksi visual dilakukan dengan cara mendokumentasikan kondisi struktur bangunan sekolah yang mengalami kerusakan.

Tabel 1 Zona gempa percepatan respon spektra

Zona Gempa	Percepatan Respon Spektra, S_s (Periode Pendek)	Percepatan Respon Spektra, S_1 (Periode 1 detik)
Rendah	$S_s < 0,25g$	$S_1 < 0,1g$
Sedang	$0,25g \leq S_s < 0,5g$	$0,1g \leq S_1 < 0,2g$
Sedang Berat	$0,5g \leq S_s < 1,0g$	$0,2g \leq S_1 < 0,4g$
Tinggi	$1,0g \leq S_s < 1,5g$	$0,4g \leq S_1 < 0,6g$
Sangat Tinggi	$S_s \geq 1,5g$	$S_1 \geq 0,6g$

Metode *Rapid Visual Screening* (RVS) dilakukan dengan cara.

- Lakukan survei pada bangunan untuk identifikasi bentuk, jumlah lantai, fungsi, titik koordinat, tahun dibangun, dokumentasi, ketidakberaturan dan tipe struktur bangunan.

- Gunakan titik koordinat dan masukan kedalam rsa.ciptakarya.pu.go.id untuk mendapatkan nilai percepatan respon periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_1).
- Berdasarkan nilai S_s dan S_1 yang diperoleh, pemilihan formulir RVS lakukan sesuai dengan ketentuan FEMA 154 dapat dilihat pada Tabel 1.
- Sesudah formulir RVS dipilih, isi formulir dari hasil identifikasi dan buat sketsa strukturnya. Berikut merupakan formulir RVS dapat dilihat pada Gambar 2

Gambar 2 Formulir *Rapid Visual Screening* (RVS) FEMA 154

- Isi penilaian dalam formulir RVS berdasarkan tipe strukturnya, dan hitung skornya. Jika skor minimal lebih besar dari hasil perhitungan skor, maka ambil skor minimal untuk dijadikan skor akhir tingkat pertama (S_1), begitu juga sebaliknya.
- Jika skor akhir tingkat pertama kurang dari 2 maka dilakukan evaluasi RVS tingkat kedua, dengan cara menambahkan skor akhir tingkat pertama dengan semua nilai yang ada untuk menghasilkan skor akhir tingkat kedua (S_2)
- Buat kesimpulan sesuai dengan hasil yang diperoleh.

Berdasarkan (BSN, 2012) prosedur *hammer test* sebagai berikut:

- Pemilihan permukaan uji angka pantul dimana elemen beton harus memiliki tebal minimum

100 mm dan menyatu dengan struktur dan hindari daerah yang keropos dan tidak rata.

- Pembersihan permukaan beton dengan cara digosok dari permukaan plesteran, acian, finishing agar nilai angka pantul yang di peroleh lebih akurat.
- Penekanan alat dilakukan dengan perlahan ke arah permukaan benda uji sampai terjadi tumbukan palu pantul pada hulu palu yang diikuti dengan penguncian tombol pada sisi alat.
- Pembacaan angka pantul pada skala angka terdekat dengan pengujian 10 titik bacaan pada setiap daerah dengan jarak masing – masing titik bacaan tidak boleh lebih kecil dari 25 mm.
- Pemeriksaan permukaan beton setelah tumbukan dan jika tumbukan terjadi kerusakan atau hancur pada permukaan beton akibat rongga udara pembacaan tersebut dibatalkan dan ambil titik bacaan yang lain.
- Perhitungan hasil bacaan, jika terdapat selisih lebih dari 6 satuan dari nilai rata – rata 10 titik, maka bacaan tersebut diabaikan dan nilai rata – rata dihitung dari pembacaan data yang memenuhi syarat.
- Apabila lebih dari 2 titik bacaan terdapat perbedaan lebih dari 6 satuan dari nilai rata-rata, maka seluruh rangkaian pembacaan harus dibatalkan dan penentuan angka pantul pada 10 titik bacaan baru pada daerah uji.

Berikut merupakan alat uji hammer test dapat dilihat pada Gambar 3.



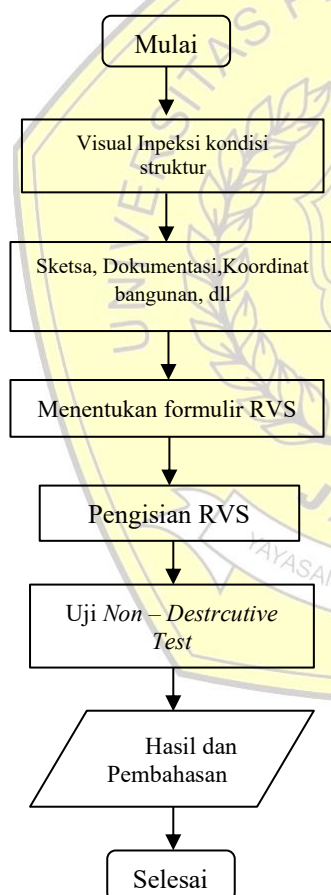
Gambar 3 Alat *Hammer Test*

Penelitian ini juga memiliki keterbatasan yaitu:

- Tidak dilakukannya pengujian tanah

- ## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dari hasil pemilihan formulir RVS merujuk ketentuan FEMA – 154 menunjukkan untuk wilayah Kabupaten Lingga memiliki evaluasi ganda yaitu perolehan dari respon spektra periode pendek (Ss) menggunakan formulir RVS dengan tingkat gempa rendah (*low seismicity*) dan respon spektra periode 1 detik menggunakan formulir RVS dengan tingkat gempa sedang (*Moderate seismicity*). Evaluasi RVS di salah satu sekolah yaitu bangunan tipe WC1 – 1 TBH dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 4 Bagan alir penelitian

[illegible]

Gambar 5 RVS tingkat gempa rendah level 1
type WC1 – 1TBH

[illegible]

Gambar 6 RVS tingkat gempa sedang level 1
tipe WC1 – 1TBH

Berdasarkan hasil analisis penilaian struktur tipe WC1-1TBH termasuk kedalam kategori W1 karena sebagian bangunan menggunakan struktur kayu dengan nilai dasar (*Basic Score*) sebesar 6,2 untuk gempa tingkat rendah dan 5,1 untuk gempa tingkat sedang. Kategori C1 karena sebagian bangunan menggunakan struktur beton dengan nilai dasar (*Basic Score*) sebesar 3,3 untuk gempa tingkat rendah dan 2,1 untuk gempa tingkat sedang. Struktur ini memiliki ketidakberaturan horizontal yaitu *re-entrant corner* berbentuk *L-Shape* kategori W1 sebesar -1,6 untuk gempa tingkat rendah dan -1,4 untuk gempa tingkat sedang. Kategori C1 sebesar -1 untuk gempa tingkat rendah dan -0,8 untuk gempa tingkat sedang. Bangunan ini dibangun pada tahun 1981 sebelum adanya peraturan gempa pertama. Pada formulir di isi pada *Pre-Code* dengan kategori W1 dan C1 sebesar -0,3 untuk tingkat gempa sedang. Dengan demikian skor akhir untuk tingkat pertama diperoleh sebesar 2,3 untuk tingkat gempa rendah dan 1,0 untuk tingkat gempa sedang. Berdasarkan dari peraturan FEMA -154 untuk skor akhir yang berada dibawah 2 maka dilakukan pengecekan RVS pada tingkat kedua dapat dilihat pada Gambar 7.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
 Form RVS - 100 (User Completion Form)
 Level 2
 Moderate Seismicity

Project Name: _____
 Project Location: _____
 Project Date: _____
 Project Engineer: _____
 Project Owner: _____

Building Information:
 Building Type: _____
 Building Height: _____
 Building Area: _____
 Building Age: _____

Seismic Hazard Information:
 Seismicity Level: _____
 Seismicity Category: _____
 Seismicity Zone: _____

Structural Information:
 Structural System: _____
 Structural Analysis: _____
 Structural Design: _____
 Structural Details: _____

Seismic Performance:
 Seismic Performance Level: _____
 Seismic Performance Category: _____
 Seismic Performance Zone: _____

Final Score:
 Final Score Level 1, S_{L1} : _____
 Final Score Level 2, S_{L2} : _____

Gambar 7 RVS tingga gempa sedang level 2 tipe WC1-1TBH

Berdasarkan hasil analisis penilaian struktur RVS tingkat kedua pada bangunan tipe WC1-1TBH pada ketidakberaturan horizontal diperoleh sebesar -0,5, sehingga skor akhir tingkat kedua diperoleh sebesar 1,3. Berdasarkan peraturan dari FEMA - 154 untuk skor akhir yang berada dibawah 2 dapat disimpulkan bangunan tipe WC1-1TBH rentan terhadap resiko gempa.

Berdasarkan penjelasan evaluasi dengan metode Rapid Visual Screening (RVS) pada tipe bangunan WC1-1TBH, maka berikut merupakan rekapitulasi untuk tipe bangunan lainnya dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3

Tabel 2 Rekapitulasi hasil RVS gempa rendah level 1

Uraian	Tipe Bangunan			
	C1 – 2TBH	WC1 – 1TBH		C1 – 3TBV
Tipe Struktur	C1	W1	C1	C1
<i>Basic Score</i>	3,3	6,2	3,3	3,3
<i>Severe Vertical Irregularity, V_{L1}</i>				-1,3
<i>Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}</i>				
<i>Plan Irregularity, P_{L1}</i>	-1	-1,6	-1	
<i>Pre – Code</i>	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>Post - Benchmark</i>	2,3			2,3
<i>Soil Type A or B.</i>				
<i>Soil Type E (1 – 3 Stories)</i>				
<i>Soil Type E (> 3 Stories)</i>				
<i>Minimum Score, S_{MIN}</i>	0,5	2,7	0,5	0,5
<i>Final Score Level 1, S_{L1}</i>	4,6	2,3		4,3

Tabel 3 Rekapitulasi hasil RVS gempa sedang level 1

Uraian	Tipe Bangunan			
	C1 – 2TBH	WC1 – 1TBH		C1 – 3TBV
Tipe Struktur	C1	W1	C1	C1
Basic Score	2,1	5,1	2,1	2,1
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}				-1,1
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}				
Plan Irregularity, P_{L1}	-0,8	-1,4	-0,8	
Pre – Code		-0,3	-0,3	
Post – Benchmark	2			2
Soil Type A or B.				
Soil Type E (1 – 3 Stories)				
Soil Type E (> 3 Stories)				
Minimum Score, S_{MIN}	0,3	1,6	0,3	0,3
Final Score Level 1, S_{L1}	3,3	1		3

Berdasarkan hasil rekapitulasi diatas bangunan dengan tipe C1-2TBH dan C1-3TBV dengan kedua tingkat gempa tidak mengalami kerentanan akibat resiko gempa. Hal ini disebabkan kedua tipe bangunan tersebut memiliki ketidakberaturan tetapi bangunan didirikan sesudah adanya peraturan gempa pertama. Pada tipe bangunan WC1 – 1TBH perolehan skor akhir sebesar 2,3 untuk tingkat gempa rendah dan 1 untuk tingkat gempa sedang, sehingga untuk tingkat gempa

sedang perlu dilanjutkan ke tahap RVS level dua. Perbedaan ini disebabkan karena nilai dasar (*Basic score*) menurun setiap kenaikan tingkat gempa ditambah dengan bangunan memiliki ketidakberaturan dan bangunan ini dibangun sebelum adanya peraturan gempa pertama. Berikut merupakan rekapitulasi RVS level 2 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi hasil RVS gempa sedang level 2

Uraian	Tipe Bangunan		
	C1 – 2TBH	WC1 – 1TBH	C1 – 3TBV
Level 1 Score, S_{L1}	-	1,3	-
Vertical Irregularity, V_{L1}	-	-	-
Plan Irregularity, P_{L1}	-	-0,8	-
Adjusted Baseline Score $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1})$	-	2,1	-
Vertical Irregularity, V_{L2}	-	-	-
Plan Irregularity, P_{L2}	-	-0,5	-
M	-	-	-
Final Score Level 2, S_{L2}	-	1,6	-

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 4 bangunan dengan tipe WC1-1TBH mendapatkan skor akhir level 2 sebesar 1,6. Hal ini disebabkan karena evaluasi ketidakberaturan horizontal pada level 2 terjadi *re-entrant corner* dari kedua proyeksi melebihi 25% dari dimensi arah denah tersebut. Dari evaluasi ketiga tipe bangunan ini dapat mewakili bangunan lainnya yang serupa untuk mencegah resiko kerentanan struktur akibat gempa. Hal lainnya juga dapat diminimalisir yaitu biaya kerugian dari kerusakan bangunan akibat gempa (Habieb dkk., 2022). Penelitian serupa juga

dilakukan pada bangunan Universitas dengan fungsi bangunan untuk pendidikan, penelitian ini mengevaluasi struktur C1 di daerah Yogyakarta dengan RVS tingkat gempa tinggi sehingga didapat skor akhir sebesar 2,3 pada level 1 sehingga bangunan tersebut aman terhadap gempa (Kurniati dkk., 2022). Dari perbandingan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perbedaan daerah memiliki tingkat gempa yang berbeda. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi skor akhir dari RVS.

Tabel 5 Rekapitulasi hasil hammer test bangunan sekolah

Tipe Bangunan	Struktur		Batas Izin	Keterangan
	Sloof	Kolom		
C1 – 2TBH	14,5	29,9	17	Sloof tidak memenuhi
WC1 – 1TBH	53,1	45,65	17	Memenuhi
C1 – 3TBV	22,4	29,45	17	Memenuhi

Berdasarkan hasil pada Tabel 5, pada struktur bangunan dengan tipe C1-2TBH tidak memenuhi syarat mutu beton pada SNI 2847:2019 sebesar 17 MPa pada elemen sloof. Faktor penyebab mutu beton sloof dan kolom berbeda karena saat proses pengecoran yang dilakukan terpisah dan kualitas material yang kurang baik. Hal ini perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dengan dilakukannya inspeksi visual kondisi struktur bangunan sekolah. Menurut (Iram dkk., 2012) penelitian menguji penggunaan *hammer test*, uji kuat tekan dan *ultrasonic pulse velocity* (UPV). Dari hasil yang didapat untuk pengujian *hammer test* perlu dikorelasikan dengan uji kuat tekan beton sebelum dilakukan pada elemen struktur dan pengujian kuat tekan beton tidak bisa hanya dengan menggunakan *hammer test* perlu dilakukan juga dengan menggunakan *ultrasonic pulse velocity* (UPV) agar hasil kuat tekan beton mendekati kondisi aktual. Dari penelitian selanjutnya menurut (Elrazek dkk., 2022) melakukan pengujian dengan melakukan uji kuat tekan, core drill dan *hammer test* sehingga didapat hasil *hammer test* yang lebih tinggi pada uji C450 dan C600 dan yang lebih rendah pada pengujian C250 sedangkan untuk core drill dan uji kuat tekan hasilnya makin meningkat dari C250, C450, dan C600, sehingga untuk pengujian *hammer test* memiliki batasan pengujian dan juga pengujian tidak selalu dijadikan keputusan akhir pada pengujian struktur. Dari penelitian – penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil dari *hammer test* hanya bisa dijadikan sebagai evaluasi awal dalam pengujian mutu beton. Berikut merupakan dokumentasi *hammer test*.

Gambar 9 Dokumentasi *hammer test*

Gambar 10 Area kerusakan pada balok dan plat lantai bangunan C1-2TBH

Dari Gambar 10 kondisi balok dan plat lantai terlihat pecah pada bagian selimut beton sehingga kerusakan seperti ini dapat menimbulkan korosi pada tulangan. Hal ini perlu dilakukan rehabilitasi pada struktur bangunan agar aman terhadap keselamatan pengguna bangunan. kondisi lingkungan yang berada di daerah pesisir dapat berpotensi terjadinya degradasi pada beton. Hasil yang diperoleh dari ketiga evaluasi untuk bangunan dengan tipe WC1-1TBH dengan skor akhir *Rapid Visual Screening* untuk tingkat gempa sedang pada level 2 dibawah batas yang ditetapkan oleh FEMA-154 sebesar 2, hal ini disebabkan bangunan tersebut berdiri sebelum adanya peraturan gempa pertama dan memiliki ketidakberaturan horizontal. Akan tetapi bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan dan mutu beton memenuhi syarat yang ditetapkan pada SNI 2847:2019 sebesar 17 MPa, sehingga beton tidak mengalami degradasi. Bangunan tipe C1-2TBH dan C1-3TBV memperoleh skor akhir *Rapid Visual Screening* untuk kedua tingkat gempa berada diatas batas yang ditetapkan oleh FEMA 154 sehingga bangunan tidak rentan terhadap gempa, hal ini disebabkan bangunan berdiri setelah adanya peraturan gempa pertama, untuk kondisi struktur beton hanya bangunan tipe C1-2TBH yang

tidak memenuhi syarat yang ditetapkan didalam SNI 2847:2019 dan diperparah oleh lingkungan pesisir dengan potensi degradasi pada material beton

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kerentanan bangunan sekolah di Kabupaten Lingga yang dilakukan dengan metode *Rapid Visual Screening*, *Non-Destructive Test* dengan *Hammer Test*, serta inspeksi visual dapat disimpulkan bahwa hasil evaluasi dengan metode RVS menunjukkan tipe bangunan WC1-1TBH yang memiliki ketidakberaturan tetapi dibangun sebelum adanya regulasi gempa pertama (*pre-code*), maka bangunan rentan terhadap gempa sebaliknya bangunan dengan tipe C1-2TBH dan C1-3TBV yang memiliki ketidakberaturan tetapi dibangun sesudah adanya regulasi gempa pertama (*post-benchmark*), maka bangunan tidak akan rentan terhadap gempa.

Dari uji mutu material beton menggunakan *hammer test*, pada tipe bangunan C1-2TBH, elemen sloof tidak memenuhi batas minimum kuat tekan beton yang disyaratkan didalam SNI 2847:2019 dan juga hasil inspeksi visual mengidentifikasi adanya kerusakan berupa pengelupasan selimut beton pada elemen balok dan plat lantai yang dapat korosi pada tulangan didalamnya. Kondisi ini menunjukkan adanya degradasi material akibat paparan garam air laut. Sementara itu, pada tipe bangunan lainnya tidak menunjukkan kerusakan secara visual dan kondisi struktur masih tergolong baik.

Secara keseluruhan, ketiga metode evaluasi menunjukkan bahwa kerentanan bangunan tidak hanya ditentukan oleh faktor gempa saja, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas material, kondisi lingkungan pesisir, serta waktu berdirinya bangunan. Sehingga, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar dalam penyusunan mitigasi pra-bencana di daerah Kabupaten Lingga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H., Djauhari, Z., dan Suryanita, R. (2017). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Berdasarkan Asce 41-13. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 86–99. <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.383>
- Agustin, S., Djauhari, Z., dan 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>
- BNPB. (2012). Tanggap tangkas tangguh menghadapi bencana (Vol. 22). <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2016.10.002>
- BSN. (2012). Metode uji angka pantul beton keras. In *SNI ASTM C805:2012*. www.bsn.go.id
- BSN. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
- Chi, X., Xu, A., Liu, Y., dan Lun, P. (2023). *Engineering vulnerability evaluation of building structures in coastal areas considering the effects of corrosion*. *Frontiers in Materials*, 9(January), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.1107378>
- Elrazek, M. A., Rashwan, M. M., dan Ahmed, M. H. M. (2022). *Experimental Study for the Comparison between Core, Schmidt and Cubic Concrete Compressive Strength After Durability Test*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1269(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1269/1/012005>
- Emiral Akbara, Djauhari, Z., dan Kurniawandy, A. (2022). Perbandingan Penilaian Visual Cepat Antara Metode Pendekatan Makroseismik Dengan Metode Fema P-154 (Level-1 Dan Level-2). *Aptek*, 14(2), 83–86. <https://doi.org/10.30606/aptek.v14i2.1124>
- FEMA. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A Handbook FEMA 154* (3rd ed., Issue January). <https://doi.org/10.4231/D3M90238>
- Firdaus, R., Kurniawandy, A., dan Djauhari, Z. (2016). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Dengan Rapid Visual Screening (RVS) Berdasarkan FEMAP 154. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1–7.
- Gultom, N. C. O., Angin, S. P. P., Yazid, M. H., Siagian, I. A., dan Lubis, H. (2024). Evaluasi Kondisi Bangunan Gedung Berdasarkan Metode Matriks *Condition Survey Protocol 1* (CSP 1) (Studi Kasus: SMK Al- Fattah Medan). *Journal of Accounting Law Communication and Technology*, 2(1), 788–802. <https://doi.org/10.57235/jalakotek.v2i1.4899>
- Habieb, A. B., Iranata, D., Nurlaela, S., Anggoro, R., dan Syafitri, R. A. W. D. (2022). *Physical Vulnerability of Surabaya due to Earthquake*

- Based on Rapid Visual Screening. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1091(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1091/1/012014>
- Hartanty, D. W. D. (2015). Analisis Kerentanan Suatu Bangunan Terhadap Resiko Gempa Menggunakan Metode Rapid Visual Screening (RVS) Fema 154 Pada Zona Gempa Sedang. <http://repository.its.ac.id/62424/>
- Haryanto, Y., Hu, H.-T., Han, A. L., Hidayat, B. A., Widyaningrum, A., dan Yulianita, P. E. (2020). *Seismic Vulnerability Assessment Using Rapid Visual Screening: Case Study of Educational Facility Buildings of Jenderal Soedirman University, Indonesia. Civil Engineering Dimension*, 22(1), 13–21. <https://doi.org/10.9744/ced.22.1.13-21>
- Ichsan, M., Tanjung, D., Husni, M., dan Hasibuan, M. (2021). Analisa Perbandingan Hammer Test Dan Compression Testing Machine Terhadap Uji Kuat Tekan Beton. Cetak) Buletin Utama Teknik, 17(1), 1410–4520.
- Iram, R., Nadim, A., Sayyed, V., Mandalkar, S., dan Ingle, B. (2012). *A Comparative Analysis of the Rebound Hammer and Ultrasonic Pulse Velocity in Testing Concrete. Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, 31(1), 31–39.
- Kurniati, D., Eka Faisal Nurhidayatullah, dan Samsul A Rahman Sidik Hasibuan. (2022). *Rapid Assessment of Earthquake Threat Vulnerability in Campus 3 of University of Technology Yogyakarta Based on Android Application. International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences*, 4(2), 119–127. <https://doi.org/10.46923/ijets.v4i2.178>
- Muhammad, D. F., Alfianto, I., Santoso, E., dan Djatmika, B. (2023). *Seismic Vulnerability Evaluation of Existing Structures Using the Rapid Visual Screening Method in Malang City. E3S Web of Conferences*, 445, 1–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344501024>
- Rahman, M. J., Hasrul, M. R., Ashad, H., Yusuf, F. A., dan Hasrul, N. R. (2024). *An Assessment Of Derelict Building Constructions Situated In Coastal Regions. Journal of the Civil Engineering Forum*, 10(3), 229–238. <https://doi.org/10.22146/jcef.10433>
- Roi, M., Asriwiyanti, D., Hendry, W., Deni, S., dan Ginardy, H. (2023). *Assessment of Seismic Vulnerability of School Buildings: A case study in Bandung, West Java, Indonesia. Disaster Advances*, 16(9), 49–59. <https://doi.org/10.25303/1609da049059>
- Sari, S. N., Prastowo, R., Junaidi, R., dan Machmud, A. (2020). *Rapid Visual Screening of Building for Potential Ground Movement in Kalirejo, Kulonprogo, Yogyakarta. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 9(1), 51–59. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v9i1.5190>
- Suryanita, R., Lyona, V., Saily, R., Maizir, H., dan Harnedi, R. A. (2025). Evaluasi Kondisi Struktur Beton Bertulang Pada Bangunan Eksisting Menggunakan Metode NDT dan Penyusunan Strategi Pemeliharaan Berbasis Klasifikasi Mutu. *Jurnal Infrastruktur*, 11(2), 109–114.
- Yong, V., Savitri, A., dan Rifai, A. I. (2023). Inspeksi *Non - Destruktif* Pada Pondasi Bangunan Pesisir: Studi Kasus Gedung Pasar Pulau Belakang Padang. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(2), 247. <https://doi.org/10.31602/jk.v6i2.13040>