

KAJIAN KERENTANAN BANGUNAN SEKOLAH DI KAWASAN GAMBUT PESISIR BERBASIS METODE *RAPID VISUAL SCREENING* (RVS) STUDI KASUS KOTA DUMAI

Fauzan Deni Afra

Magister Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau

*Email: Fdeniafra@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara kuantitatif tingkat kerentanan bangunan sekolah di kawasan gambut pesisir Kota Dumai terhadap paparan banjir rob dan genangan, dengan menekankan interaksi antara faktor lingkungan dan karakteristik struktural bangunan. Kota Dumai memiliki kondisi geoteknik yang didominasi tanah gambut dengan daya dukung rendah ($<0,5 \text{ kg/cm}^2$) serta pH asam (3–5), yang secara signifikan mempercepat degradasi material dan penurunan kinerja struktur. Pendekatan yang digunakan adalah Rapid Visual Screening (RVS) yang dimodifikasi dari FEMA P-154 melalui integrasi parameter lingkungan spesifik, seperti tinggi dan durasi genangan, kondisi tanah gambut, serta sistem drainase. Penilaian kerusakan mengacu pada klasifikasi Permen PUPR No.22 Tahun 2018. Studi ini dilakukan pada 10 bangunan sekolah dasar dan menengah yang merepresentasikan variasi kondisi gambut (dangkal hingga dalam), dengan dukungan data empiris BPBD Kota Dumai (2023–2024) terkait frekuensi dan karakteristik genangan rob. Hasil analisis menunjukkan bahwa 60% bangunan berada pada kategori kerentanan sedang, 30% rendah, dan 10% mendekati tinggi, dengan nilai rata-rata skor RVS sebesar 3,07. Temuan utama mengindikasikan bahwa kerentanan bangunan tidak hanya dipengaruhi oleh umur dan kualitas material, tetapi lebih dominan oleh faktor eksternal berupa frekuensi genangan rob, sifat kimia air gambut, serta fenomena penurunan diferensial pondasi akibat tanah jenuh air. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan pendekatan RVS berbasis lingkungan pesisir gambut yang mampu memberikan evaluasi cepat namun representatif terhadap kondisi kerentanan bangunan pendidikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan prioritas rehabilitasi, penguatan struktur, serta perumusan kebijakan mitigasi bencana berbasis risiko pada kawasan pesisir dengan karakteristik serupa.

Kata kunci: banjir rob, kerentanan bangunan, Kota Dumai, *Rapid Visual Screening*, tanah gambut

Abstract

This study aims to quantitatively evaluate the vulnerability level of school buildings located in the coastal peatland area of Dumai City to tidal flooding (rob) and inundation, with an emphasis on the interaction between environmental factors and structural characteristics. Dumai City is dominated by peat soil with low bearing capacity ($<0.5 \text{ kg/cm}^2$) and high acidity (pH 3–5), which significantly accelerates material degradation and reduces structural performance. The method applied is a modified Rapid Visual Screening (RVS) approach based on FEMA P-154, incorporating site-specific environmental parameters such as flood depth, inundation duration, peat soil conditions, and drainage systems. Damage classification refers to the Indonesian Ministry of Public Works and Housing Regulation (Permen PUPR No. 22/2018). The study was conducted on 10 primary and secondary school buildings representing variations in peat depth (shallow to deep), supported by empirical data from the Dumai Regional Disaster Management Agency (BPBD) (2023–2024) regarding the frequency and characteristics of tidal flooding. The results indicate that 60% of the buildings fall into the moderate vulnerability category, 30% low, and 10% approaching high vulnerability, with an average RVS score of 3.07. The findings reveal that building vulnerability is not solely influenced by age and material quality but is more dominantly affected by external factors, including the frequency of tidal flooding, the chemical properties of peat water, and differential settlement caused by saturated soil conditions. This study contributes to the development of an RVS-based approach tailored to coastal peatland environments, providing a rapid yet representative assessment of building vulnerability. The results are expected to support decision-making in prioritizing rehabilitation, structural strengthening, and risk-based disaster mitigation policies for educational infrastructure in similar coastal regions.

Keywords: building vulnerability, Dumai City, peat soil, *Rapid Visual Screening*, tidal flooding

1. PENDAHULUAN

Kota Dumai merupakan salah satu wilayah pesisir strategis di bagian timur Pulau Sumatera yang secara geoteknik didominasi oleh tanah gambut dan secara geografis berhadapan langsung dengan Selat Rupat.

Karakteristik ini menyebabkan wilayah Dumai memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap fenomena banjir rob dan genangan yang dipicu oleh kombinasi curah hujan tinggi serta dinamika pasang surut air laut. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Dumai (2023), kejadian banjir rob berlangsung secara periodik dengan frekuensi 2 hingga 4 kali per bulan, tinggi genangan mencapai 40–70 cm, serta durasi genangan rata-rata 6–8 jam per kejadian.

Dari perspektif geoteknik, tanah gambut di wilayah Dumai memiliki sifat jenuh air, tingkat keasaman tinggi (pH 3–5), serta daya dukung tanah yang rendah ($<0,5 \text{ kg/cm}^2$). Kondisi tersebut berimplikasi langsung terhadap kinerja struktur bangunan, khususnya dalam bentuk penurunan pondasi (*settlement*), keretakan dinding, serta meningkatnya kelembapan yang bersifat kronis. Dampak ini menjadi lebih signifikan pada bangunan pendidikan seperti sekolah dasar dan menengah yang sebagian besar berada di kawasan pesisir dan dibangun dengan sistem pondasi dangkal serta material konvensional yang relatif rentan terhadap lingkungan agresif.

Kajian terdahulu menunjukkan bahwa faktor lingkungan memiliki kontribusi signifikan terhadap kerusakan bangunan. Kempa (2018) melaporkan bahwa bangunan sekolah di wilayah Maluku mengalami kerusakan ringan hingga sedang akibat genangan air. Dardiri (2012) mengidentifikasi bahwa kerusakan bangunan sekolah di Kota Malang didominasi oleh kerusakan non-struktural. Sementara itu, Yulismawati et al. (2021) menunjukkan bahwa interaksi antara air laut dan air gambut dapat menurunkan kuat tekan beton secara signifikan, sedangkan Harith et al. (2025) menegaskan bahwa tingkat kerentanan bangunan sangat dipengaruhi oleh ketidakberaturan struktural (*structural irregularities*) serta kualitas material konstruksi.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah mengkaji kerusakan bangunan dari aspek lingkungan dan material, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait evaluasi kerentanan bangunan sekolah di kawasan gambut pesisir dengan pendekatan yang bersifat cepat, sistematis, dan berbasis parameter lingkungan spesifik. Secara khusus, penerapan metode *Rapid Visual Screening* (RVS) yang dimodifikasi dari FEMA P-154 untuk konteks banjir rob dan tanah gambut masih belum banyak dikaji dalam literatur.

Berdasarkan data BPBD Kota Dumai (2023–2024), fenomena banjir rob di kawasan pesisir terjadi secara rutin hampir setiap bulan, terutama pada periode puncak pasang tinggi antara bulan Maret–April dan Oktober–Desember. Frekuensi kejadian mencapai 3–4 kali per bulan dengan tinggi genangan berkisar antara 30 hingga 70 cm dan durasi genangan 4–8 jam. Wilayah dengan tingkat paparan tertinggi meliputi Kecamatan Dumai Barat, Dumai Selatan, dan Bukit Kapur, yang sebagian besar merupakan kawasan dengan sebaran tanah gambut dangkal hingga sedang. Selain itu, peta risiko BPBD (2024) menunjukkan bahwa Kelurahan Sukajadi, Teluk Binjai, dan Ratu Sima merupakan area dengan intensitas genangan rob tertinggi, sehingga berpotensi memberikan dampak signifikan terhadap infrastruktur pendidikan yang berada di wilayah tersebut.

Informasi empiris tersebut menjadi dasar dalam penentuan lokasi penelitian sekaligus memperkuat argumentasi bahwa bangunan sekolah di kawasan pesisir Dumai menghadapi tekanan lingkungan yang bersifat berulang dan kumulatif akibat interaksi faktor hidrologis dan geoteknik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan bangunan sekolah terhadap kombinasi faktor banjir rob, sifat kimia air gambut, serta daya dukung tanah rendah dengan menggunakan pendekatan *Rapid Visual Screening* (RVS) yang telah dimodifikasi.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan pendekatan evaluasi cepat berbasis kondisi lingkungan lokal yang mampu memberikan gambaran representatif terhadap tingkat kerentanan bangunan pendidikan di kawasan pesisir gambut. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam penyusunan strategi rehabilitasi bangunan, penguatan struktur, serta kebijakan mitigasi bencana berbasis risiko di tingkat daerah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 10 bangunan sekolah yang tersebar di kawasan pesisir Kota Dumai, yaitu: SDN 003 Sukajadi, SDN 007 Teluk Binjai, SDN 10 Ratu Sima, SDN 014 STDI, SDN 013 Buluh Kasap, SD Binsus Dumai, SD 003 Pangkalan Sesai, SMPN 4 Dumai, SMK Perikanan Dumai, dan MDA Miftahul Jannah.

Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada representasi kondisi geoteknik kawasan gambut pesisir yang dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu:

- a. Gambut dangkal ($<1 \text{ m}$) – umumnya berada di area tengah kota
- b. Gambut sedang ($1\text{--}3 \text{ m}$) – berada di kawasan pesisir
- c. Gambut dalam ($>3 \text{ m}$) – berada di area dekat pantai

Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan bahwa variasi kondisi tanah turut terakomodasi dalam analisis tingkat kerentanan bangunan.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pendekatan observasi langsung dan analisis visual terhadap kondisi fisik bangunan, dengan metode sebagai berikut:

2.2.1. Observasi lapangan

Observasi dilakukan menggunakan form evaluasi kerusakan bangunan (A–G) berdasarkan Permen PUPR No.22 Tahun 2018, yang mencakup identifikasi kerusakan struktural dan non-struktural.

2.2.2. Rapid Visual Screening (RVS)

Metode *Rapid Visual Screening* (RVS) yang diadaptasi dari FEMA P-154 digunakan untuk melakukan penilaian cepat terhadap kerentanan bangunan. Metode ini dimodifikasi dengan memasukkan parameter lingkungan khas kawasan pesisir gambut, meliputi:

- Umur bangunan
- Tinggi genangan
- Durasi genangan
- Kondisi pondasi dan dinding
- Sistem drainase
- Kondisi beton dan plafon

2.2.3. Klasifikasi kerusakan

Klasifikasi tingkat kerusakan mengacu pada Permen PUPR No.22 Tahun 2018, yaitu:

- **Rusak ringan:** retak rambut dan kelembapan ringan
- **Rusak sedang:** dinding mengelupas dan plafon rusak
- **Rusak berat:** penurunan pondasi dan retak struktural

2.2.4. Skoring kerentanan (RVS)

Penilaian dilakukan dengan skala 1–5, dengan kategori:

- 1-2: kerentanan rendah
- 3 : kerentanan sedang
- 4-5: kerentanan tinggi

2.3. Metode Analisis Data

Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif untuk menentukan tingkat kerentanan bangunan. Indeks kerentanan bangunan dihitung menggunakan persamaan:

$$IKB = \sum Si / N \quad (1)$$

dengan:

Si = skor masing-masing parameter

N = jumlah parameter penilaian (10 aspek)

Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh nilai representatif tingkat kerentanan berdasarkan kondisi aktual bangunan di lapangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Umum Lingkungan Bangunan

Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh bangunan sekolah berdiri di atas tanah gambut dengan kedalaman rata-rata 1–2 meter. Tinggi genangan berkisar antara 30–60 cm dengan durasi genangan 4–8 jam per kejadian. Frekuensi kejadian genangan tercatat 2–4 kali per bulan.

Sebagian besar bangunan memiliki usia lebih dari 15 tahun dengan sistem pondasi dangkal tipe batu kali. Material konstruksi yang dominan adalah dinding bata plester dan atap asbes, yang secara umum memiliki ketahanan terbatas terhadap kondisi lingkungan lembab dan asam.

3.2. Pola Kerusakan Bangunan

Hasil identifikasi menunjukkan distribusi kerusakan sebagai berikut:

- 60% mengalami kerusakan sedang (Dinding retak vertikal, Lembab kronis).

- 30% mengalami kerusakan ringan (Plafon bocor, Cat terkelupas).
- 10% mengalami kerusakan mendekati berat (Pondasi turun).

Kerusakan dominan terjadi pada:

- Dinding (80%)
- Plafon (60%)
- Pondasi (40%)

Pola ini menunjukkan bahwa elemen bangunan yang berada pada bagian bawah lebih rentan terhadap paparan genangan air laut.

3.3. Analisis Skor RVS dan Kerentanan

Tabel 1. Rekapitulasi Skor *Rapid Visual Screening* (RVS) dan Faktor Dominan Kerusakan Bangunan Sekolah di Kawasan Gambut Pesisir Kota Dumai

No	Sekolah	Skor RVS (1–5)	Kategori	Faktor Dominan Kerusakan
1	SDN 003 Sukajadi	3.2	Sedang	Banjir rob dan umur bangunan
2	SD 007 Teluk Binjai	2.5	Rendah	Umur bangunan
3	SDN 10 Ratu Sima	3.5	Sedang	Tanah lunak dan genangan
4	SDN 014 STDI	2.8	Rendah	Perawatan rutin
5	SDN 013 Buluh Kasap	2.6	Rendah	Sistem drainase baik
6	SD Binsus Dumai	2.7	Rendah	Elevasi bangunan tinggi
7	SD 003 Pangkalan Sesai	2.9	Rendah	Banjir rob ringan
8	SMPN 4 Dumai	3.4	Sedang	Retak dinding
9	SMK Perikanan Dumai	3.5	Sedang	Tanah jenuh air
10	MDA Miftahul Jannah	3.1	Sedang	Penurunan pondasi

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata skor *Rapid Visual Screening* (RVS) sebesar 3,07, yang termasuk dalam kategori kerentanan sedang. Nilai ini mengindikasikan bahwa secara umum bangunan sekolah di kawasan pesisir Kota Dumai telah mengalami degradasi kinerja struktural dan non-struktural yang signifikan akibat paparan lingkungan.

Analisis lebih lanjut menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara data kejadian banjir rob yang diperoleh dari BPBD Kota Dumai (2024) dengan tingkat kerentanan bangunan sekolah. Sekolah yang berada pada wilayah dengan kategori risiko genangan tinggi cenderung memiliki skor RVS yang lebih besar dan masuk dalam kategori kerentanan sedang hingga tinggi. Sebagai contoh, SDN 003 Sukajadi dan SDN 10 Ratu Sima yang berada pada zona genangan lebih dari 50 cm berdasarkan peta risiko BPBD menunjukkan skor RVS berkisar antara 3,2–3,5. Sebaliknya, sekolah yang berada pada zona genangan sedang, seperti SDN 014 STDI, memiliki skor yang lebih rendah yaitu 2,8.

Temuan ini menunjukkan bahwa intensitas (kedalaman) dan frekuensi genangan memiliki pengaruh langsung terhadap percepatan degradasi material bangunan, khususnya pada elemen dinding dan pondasi yang mengalami kontak langsung dengan air. Paparan genangan yang berulang menyebabkan peningkatan kelembapan, penetrasi air ke dalam pori material, serta mempercepat proses pelapukan dan penurunan kekuatan struktur.

Lebih lanjut, keterpaduan antara data empiris lapangan dan data kebencanaan BPBD mengindikasikan bahwa tingkat kerentanan bangunan tidak hanya ditentukan oleh faktor internal seperti mutu material, usia bangunan, dan jenis pondasi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh paparan lingkungan eksternal yang bersifat

berulang dan kumulatif. Dengan demikian, kerentanan bangunan pada kawasan pesisir gambut dapat dipahami sebagai hasil interaksi kompleks antara faktor struktural dan faktor lingkungan.

Oleh karena itu, integrasi hasil *Rapid Visual Screening* (RVS) dengan peta risiko banjir rob yang disusun oleh BPBD menjadi pendekatan yang strategis dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko (*risk-based decision making*). Pendekatan ini dapat digunakan untuk menentukan prioritas rehabilitasi, perkuatan struktur, serta perencanaan mitigasi bencana pada bangunan sekolah di kawasan pesisir secara lebih efektif dan terarah.

3.4. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor lingkungan memiliki pengaruh lebih dominan dibandingkan faktor internal bangunan. Banjir rob yang terjadi secara berulang menyebabkan peningkatan kelembapan serta mempercepat proses korosi pada material beton dan baja tulangan.

Selain itu, sifat tanah gambut yang elastoplastik menyebabkan terjadinya *differential settlement*, yang memicu retak vertikal pada dinding. Temuan ini konsisten dengan penelitian Yulismawati et al. (2021) dan Harith et al. (2025).

Metode RVS yang dimodifikasi terbukti mampu memberikan evaluasi cepat terhadap kondisi bangunan tanpa pengujian destruktif, sehingga efektif digunakan dalam skala kawasan.

3.5. Analisis Hubungan Faktor Lingkungan

Analisis hubungan antara faktor lingkungan dan tingkat kerusakan menunjukkan adanya **korelasi yang signifikan** antara frekuensi genangan, tinggi muka air, durasi genangan, serta karakteristik tanah gambut terhadap nilai *Rapid Visual Screening* (RVS). Hasil survei lapangan mengindikasikan bahwa bangunan sekolah yang mengalami paparan genangan dengan frekuensi tinggi dan durasi yang lebih lama cenderung memiliki tingkat kerusakan yang lebih besar, baik pada elemen struktural maupun non-struktural.

Secara kuantitatif, bangunan yang mengalami durasi genangan lebih dari 6 jam per kejadian memiliki rata-rata skor RVS sebesar **3,4** yang termasuk dalam kategori **sedang hingga tinggi**, sedangkan bangunan dengan durasi genangan kurang dari 4 jam memiliki rata-rata skor sebesar **2,7** yang termasuk dalam kategori **rendah**. Perbedaan ini menunjukkan adanya **gradien peningkatan kerentanan** yang sejalan dengan bertambahnya durasi paparan air.

Temuan ini mengindikasikan bahwa durasi genangan merupakan salah satu parameter dominan dalam menentukan tingkat degradasi bangunan. Paparan air dalam waktu yang lama meningkatkan proses infiltrasi ke dalam material, memperbesar tingkat kejenuhan pada dinding dan pondasi, serta mempercepat reaksi kimia yang menyebabkan pelapukan material. Dampak tersebut paling signifikan terjadi pada elemen beton dan bata plester di bagian bawah dinding yang berada pada zona kontak langsung dengan genangan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa faktor lingkungan, khususnya durasi dan frekuensi genangan, berperan sebagai **driver utama dalam percepatan degradasi struktural**, yang pada akhirnya meningkatkan nilai kerentanan bangunan secara keseluruhan.

Tabel 2. Hubungan Durasi Genangan terhadap Rata-rata Skor Rapid Visual Screening (RVS) dan Kategori Kerentanan Bangunan Sekolah di Kota Dumai

Durasi Genangan (jam)	Rata-rata Skor RVS	Kategori Kerentanan
< 4 jam	2,7	Rendah
4–6 jam	3,1	Sedang
> 6 jam	3,4	Sedang–Tinggi

Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan durasi genangan, parameter lingkungan lain seperti tinggi muka air dan tingkat keasaman (pH) air gambut juga berperan signifikan terhadap tingkat kerusakan bangunan. Hasil observasi menunjukkan bahwa bangunan sekolah yang mengalami genangan dengan tinggi lebih dari 50 cm dan pH air berkisar antara 4–5 cenderung mengalami kerusakan yang lebih cepat, khususnya pada elemen dinding dan lantai yang berada pada zona kontak langsung dengan air.

Secara mekanisme material, air gambut yang bersifat asam serta mengandung senyawa organik seperti asam humat dan fulvat mempercepat proses degradasi material beton melalui reaksi kimia yang menyebabkan pelapukan pasta semen (*cement paste deterioration*) dan peningkatan porositas. Selain itu, kondisi lingkungan yang agresif ini juga mempercepat proses korosi baja tulangan, yang berkontribusi terhadap penurunan kapasitas struktural. Temuan ini konsisten dengan penelitian Yulismawati et al. (2021), yang menyatakan

bahwa interaksi antara air laut dan air gambut dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 15–25% dalam satu tahun perendaman.

Dari aspek geoteknik, kondisi tanah gambut memberikan kontribusi dominan terhadap kerentanan struktur. Tanah gambut dengan daya dukung rendah ($<0,5 \text{ kg/cm}^2$) menyebabkan terjadinya penurunan pondasi (*settlement*) sebesar 2–5 cm pada beberapa bangunan sekolah. Penurunan ini tidak terjadi secara seragam, melainkan bersifat diferensial (*differential settlement*), sehingga menimbulkan tegangan tambahan pada elemen dinding dan memicu terbentuknya retakan vertikal.

Fenomena ini semakin diperparah oleh siklus basah–kering akibat pasang surut air laut, yang menyebabkan ekspansi dan kontraksi tanah secara berulang. Kondisi tersebut dapat dikategorikan sebagai bentuk ketidakberaturan struktural (*structural irregularities*) sebagaimana dijelaskan oleh Harith et al. (2025), karena menghasilkan distribusi beban yang tidak merata dan meningkatkan potensi terjadinya kerusakan lokal hingga kegagalan parsial struktur.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kerentanan bangunan sekolah di kawasan gambut pesisir Kota Dumai merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor eksternal, seperti banjir rob, tinggi genangan, pH air, dan durasi paparan, dengan faktor internal yang meliputi kondisi tanah, umur bangunan, serta mutu material konstruksi. Interaksi tersebut bersifat kumulatif dan progresif, sehingga secara bertahap menurunkan kinerja struktural bangunan. Temuan ini menegaskan bahwa kerentanan lingkungan memiliki peran dominan sebagai pemicu utama degradasi struktur pada bangunan di kawasan pesisir gambut.

3.6. Implikasi Teknis dan Kebijakan

Temuan penelitian ini memiliki implikasi signifikan terhadap pengelolaan infrastruktur pendidikan di kawasan pesisir dengan karakteristik tanah gambut. Berdasarkan hasil penilaian *Rapid Visual Screening* (RVS) dan klasifikasi kerusakan menurut Permen PUPR No.22 Tahun 2018, sebagian besar bangunan sekolah di Kota Dumai berada pada kondisi yang memerlukan intervensi rehabilitasi struktural secara bertahap dan berbasis prioritas risiko. Fokus utama intervensi meliputi peninggian elevasi lantai, perkuatan sistem pondasi, serta optimalisasi sistem drainase lingkungan.

3.6.1. Rekomendasi teknis bangunan

a. Desain pondasi adaptif

Penggunaan pondasi dalam seperti mini pile atau tiang pancang beton dengan kedalaman minimum 3 m direkomendasikan untuk meningkatkan stabilitas struktur pada tanah gambut yang memiliki daya dukung rendah. Sistem ini bertujuan untuk mengurangi risiko *differential settlement* yang menjadi penyebab utama retak struktural.

b. Material konstruksi tahan lingkungan agresif

Penggunaan beton mutu tinggi dengan bahan tambah (*admixture*) seperti *pozzolan* atau *fly ash* disarankan untuk meningkatkan durabilitas terhadap lingkungan asam dan intrusi klorida. Selain itu, penerapan lapisan *waterproofing* berbasis membran atau *epoxy* pada bagian bawah dinding diperlukan untuk mengurangi penetrasi air dan mencegah kelembapan kronis.

c. Sistem drainase dan pengelolaan air

Setiap bangunan sekolah perlu dilengkapi dengan sistem perimeter drainase serta sumur resapan vertikal guna mempercepat proses penurunan muka air genangan. Saluran drainase harus dirancang dengan kemiringan minimum 2% untuk menjamin aliran air yang efektif menuju saluran pembuangan utama.

d. Desain elevasi bangunan

Elevasi lantai bangunan, khususnya ruang kelas, direkomendasikan berada pada ketinggian minimum 40–60 cm di atas elevasi jalan lingkungan untuk mengurangi risiko genangan langsung ke dalam bangunan.

e. Perawatan berkala dan audit kondisi bangunan

Inspeksi visual serta pengukuran retak struktural perlu dilakukan secara periodik, minimal dua kali dalam satu tahun, terutama setelah periode curah hujan tinggi atau kejadian banjir rob. Pendekatan ini penting untuk mendeteksi kerusakan sejak dini dan mencegah kerusakan yang lebih serius.

3.6.2. Rekomendasi kebijakan

Dari sisi kebijakan, hasil penelitian ini dapat diimplementasikan sebagai dasar dalam perumusan strategi pengelolaan infrastruktur pendidikan berbasis risiko di tingkat daerah, antara lain:

a. Penyusunan peta prioritas rehabilitasi

Pemerintah daerah dapat mengembangkan peta prioritas rehabilitasi bangunan sekolah berbasis tingkat kerentanan untuk menentukan skala intervensi yang lebih efektif dan efisien.

b. Integrasi metode RVS dalam manajemen aset daerah

Metode RVS dapat diintegrasikan ke dalam sistem manajemen aset pendidikan daerah sebagai alat evaluasi cepat yang memungkinkan pemantauan kondisi bangunan secara berkala dan sistematis.

c. Penguatan koordinasi lintas sektor

Diperlukan sinergi antara Dinas PUPR, Dinas Pendidikan, dan BPBD dalam pengawasan, evaluasi, serta penanganan bangunan sekolah yang berada pada zona risiko tinggi terhadap banjir rob dan kondisi tanah gambut.

3.7. Implikasi Strategis

Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil dan manajemen risiko bencana, tetapi juga menghasilkan rekomendasi praktis yang dapat diimplementasikan secara langsung. Pendekatan berbasis data empiris dan analisis kerentanan ini mendukung penerapan kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policy*) dalam meningkatkan ketahanan infrastruktur pendidikan terhadap dampak perubahan iklim dan kondisi hidrologi ekstrem di kawasan pesisir

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Bangunan sekolah di kawasan pesisir Kota Dumai secara umum berada pada kategori **kerentanan sedang**, dengan nilai rata-rata skor *Rapid Visual Screening* (RVS) sebesar 3,07, yang menunjukkan adanya degradasi kinerja struktural dan non-struktural akibat paparan lingkungan.
- b. Faktor dominan yang mempengaruhi tingkat kerusakan bangunan merupakan hasil interaksi antara faktor eksternal dan internal, yaitu **banjir rob berulang, daya dukung tanah gambut yang rendah, serta penurunan mutu material beton akibat paparan air gambut yang bersifat asam**.
- c. Elemen bangunan yang paling rentan terhadap kerusakan adalah **dinding dan pondasi**, yang secara langsung mengalami dampak genangan dan penurunan tanah (*settlement*), sehingga berpotensi menimbulkan retak struktural dan penurunan stabilitas bangunan.
- d. Upaya mitigasi teknis yang direkomendasikan meliputi:
 - Peninggian elevasi lantai ruang kelas sekitar 40–60 cm dari elevasi dasar lingkungan
 - Penggunaan beton dengan bahan tambah waterproof *admixture* serta pelapis tahan air
 - Perbaikan dan optimalisasi sistem drainase lingkungan sekolah
 - Pelaksanaan inspeksi berkala setiap 6 bulan menggunakan metode RVS sebagai alat monitoring kondisi bangunan
- e. Metode *Rapid Visual Screening* (RVS) yang telah dimodifikasi dalam penelitian ini terbukti efektif sebagai alat evaluasi cepat berbasis kondisi lapangan, sehingga dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dalam **pemetaan tingkat kerentanan bangunan sekolah secara sistematis dan berbasis risiko**, khususnya pada kawasan pesisir dengan karakteristik tanah gambut

DAFTAR PUSTAKA

- Kempa, M. (2018, April). Analisis tingkat kerusakan bangunan gedung sekolah menengah pertama (SMP) di Maluku. In *Seminar Nasional "Archipelago Engineering" (ALE)* (pp. 198-203). doi: 10.30598/ale.1.2018.198-203
- Dardiri, A. (2013). Analisis Pola, Jenis, dan Penyebab Kerusakan Bangunan Gedung Sekolah Dasar. *Teknologi dan Kejuruan*, 35(1), 71-80.
- Yulismawati, R., & Saputra, E. (2021). Durabilitas Beton Sekat Kanal Terpapar Air Gambut dan Air Laut. *Jurnal Teknik*, 15(2), 137-147.
- Harith, N. S. H. et al. (2025). Seismic Vulnerability Assessment Of Non-Seismically Designed Buildings In Moderate Earthquake Zone. *Civil Engineering and Architecture*, 13(5), 3495–3513. doi: 10.13189/cea.2025.130504.