



# Evaluasi Kerentanan Gedung Asrama dengan Metode RVS FEMA 154: Studi Dampak Degradasi Material Atap Baja Akibat Paparan Kelembaban dan Sulfur Tinggi

Citra Sinaulan<sup>1</sup>

Program Studi Magister Terapan Rekayasa Perawatan dan Restorasi Bangunan Gedung  
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri, Manado  
E-mail: [citrakuliahlagi@gmail.com](mailto:citrakuliahlagi@gmail.com)

## Abstrak

*Gedung asrama merupakan fasilitas hunian dengan kepadatan penghuni tinggi yang menuntut tingkat keamanan struktural yang memadai. Penelitian ini mengevaluasi tingkat kerentanan seismik gedung asrama A menggunakan metode Rapid Visual Screening (RVS) sesuai panduan FEMA 154 Edisi 3, dengan fokus khusus pada dampak degradasi material rangka atap baja akibat lingkungan yang lembab dan memiliki kandungan sulfur tinggi. Kondisi lingkungan agresif ini menyebabkan korosi parah pada elemen baja, yang berpotensi mengurangi kekakuan, kapasitas dukung, dan integritas sambungan struktur atap. Metode penelitian meliputi inspeksi visual terstruktur, pemetaan tingkat korosi, dan perhitungan skor RVS dengan menerapkan Score Modifiers untuk mengakomodasi penurunan kinerja material. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa skor dasar (Base Score) gedung mengalami penurunan signifikan setelah faktor modifikasi akibat degradasi material diperhitungkan. Skor akhir yang berada di bawah nilai ambang batas (cut-off score) mengindikasikan bahwa gedung tersebut memiliki kerentanan seismik tinggi dan memerlukan evaluasi detail (detailed evaluation) serta tindakan mitigasi segera, seperti perkuatan atau penggantian elemen rangka atap yang terkorosi. Studi ini menyoroti pentingnya mengintegrasikan faktor degradasi lingkungan non-seismik ke dalam protokol penilaian kerentanan seismik standar.*

**Kata Kunci :** *Rapid Visual Screening, FEMA 154, Kerentanan Seismik, Korosi Baja, Lingkungan Bersulfur, Gedung Asrama*

## 1. PENDAHULUAN

Gedung asrama dikategorikan sebagai bangunan dengan okupansi tinggi, di mana kegagalan struktural dapat mengakibatkan korban jiwa yang besar, terutama di wilayah rawan gempa. Di Indonesia, banyak fasilitas asrama yang berlokasi di daerah dengan kondisi lingkungan spesifik, seperti kawasan industri, dekat area geotermal, atau pesisir tertentu yang memiliki kelembaban tinggi dan konsentrasi gas sulfur (SO<sub>2</sub>) yang signifikan. Kombinasi kelembaban dan sulfur tinggi menciptakan lingkungan korosif yang sangat agresif terhadap material baja, termasuk rangka atap.

Metode Rapid Visual Screening (RVS) yang dikeluarkan oleh FEMA 154 merupakan standar global yang efisien untuk mengidentifikasi bangunan yang berpotensi rentan terhadap bahaya seismik melalui inspeksi visual dari luar dan dalam. Namun, penerapan FEMA 154 secara konvensional seringkali berfokus pada defisiensi seismik bawaan (seperti soft story atau

ketidakaturan denah) dan kurang secara eksplisit mengkuantifikasi dampak degradasi material progresif seperti korosi berat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kerentanan gedung asrama menggunakan RVS FEMA 154 dengan mengintegrasikan dampak degradasi rangka atap baja akibat korosi. Novelitas penelitian ini terletak pada penggunaan Score Modifiers untuk menyesuaikan skor kerentanan berdasarkan tingkat keparahan korosi, sehingga memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai keamanan struktural bangunan di lingkungan agresif.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui studi lapangan yang terintegrasi, dimulai dari pengumpulan data sekunder spesifikasi bangunan dan parameter lingkungan (tingkat kelembaban dan konsentrasi sulfur), dilanjutkan dengan inspeksi visual terstruktur serta pemetaan tingkat korosi pada rangka atap baja untuk mengkuantifikasi reduksi penampang efektif dan degradasi integritas sambungan. Penilaian kerentanan seismik kemudian dilakukan menggunakan metode Rapid Visual Screening (RVS) sesuai panduan FEMA P-154 edisi ketiga, di mana Skor Dasar (Base Score) secara spesifik dimodifikasi dengan menerapkan Score Modifiers untuk mengakomodasi defisiensi akibat deteriorasi material dan kualitas perawatan yang buruk, sebagaimana diadaptasi dalam studi penilaian bangunan eksisting yang mengalami degradasi struktural (Setiawan & Wijaya, 2021). Integrasi dampak korosi ini terhadap penurunan kapasitas daktilitas dan kekakuan struktur baja divalidasi melalui literatur yang menyoroti pengaruh signifikan lingkungan agresif terhadap kinerja seismik rangka baja (Sharifi & Bagheri, 2021; Zhang et al., 2021), sehingga Skor Akhir (Final Score) yang dihasilkan dapat secara akurat dibandingkan dengan nilai ambang batas (Cut-off Score) untuk menentukan klasifikasi kerentanan bangunan dan merumuskan rekomendasi mitigasi struktural yang tepat.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kondisi Gedung dan Tingkat Degradasi


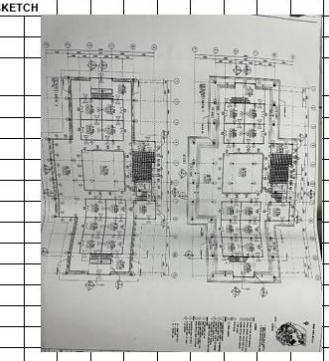
Objek penelitian adalah gedung asrama putri 2 lantai dengan struktur beton bertulang. Hasil inspeksi menunjukkan bahwa rangka atap mengalami korosi merata (uniform corrosion) dan korosi sumuran (pitting corrosion) pada area sambungan dan tumpuan. Paparan konstan terhadap kelembaban >80% dan lingkungan bersulfur tinggi menyebabkan pengurangan ketebalan efektif pelat baja hingga 15-25% di beberapa titik kritis, serta pelapukan pada baut pengikat.

### 3.2 Perhitungan Skor Rapid Visual Screening (RVS) FEMA 154

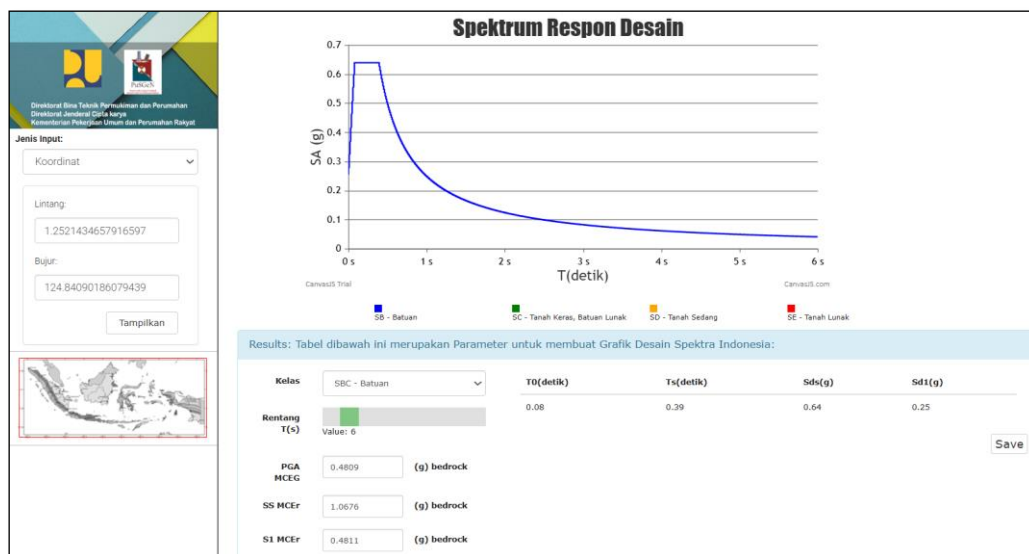
Perhitungan tingkat kerentanan seismik menggunakan metode Rapid Visual Screening (RVS) FEMA 154 pada gedung asrama dengan klasifikasi struktur C3 diawali dengan penetapan Skor Dasar (Basic Score) sebesar 0,9 yang disesuaikan dengan karakteristik wilayah seismik bangunan. Selanjutnya, diterapkan pengurangan skor (Score Modifiers) akibat adanya defisiensi dan ketidakaturan struktur, yaitu ketidakaturan berat (severe irregularity) sebesar -0,6 dan ketidakaturan denah (plan irregularity) sebesar -0,3, yang menghasilkan skor perhitungan sementara sebesar 0,0 ( $0,9 - 0,6 - 0,3$ ). Namun, berdasarkan pedoman FEMA 154 Edisi ke-3, penilaian skor akhir tidak boleh lebih rendah dari parameter Skor Minimum (Minimum Score, SMIN) yang telah ditetapkan untuk setiap tipe struktur guna menghindari estimasi kerentanan yang tidak realistis (Mengacu pada Bab 3.15.6 FEMA P-154 mengenai keberadaan parameter

Minimum Score, SMIN). Dengan nilai SMIN sebesar 0,3 untuk klasifikasi struktur ini, dan karena skor perhitungan sementara (0,0) berada di bawah batas tersebut, maka Skor Akhir Tingkat 1 (Final Level 1 Score) disesuaikan dan ditetapkan mengikuti nilai SMIN, yaitu 0,3 (Mengonfirmasi aturan perhitungan di mana jika skor hasil pengurangan lebih kecil dari SMIN, maka Skor Akhir Tingkat 1 (Final Level 1 Score) langsung disetel ke nilai SMIN). Skor akhir sebesar 0,3 ini mengindikasikan bahwa gedung asrama memiliki tingkat kerentanan seismik yang sangat kritis, tidak lolos dari ambang batas penyaringan (screened out), dan secara otomatis wajib ditindaklanjuti dengan evaluasi struktural yang lebih detail serta tindakan mitigasi segera.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards LEVEL 1  
*(Adopted from FEMA P-154 Data Collection Form)* **VERY HIGH Seismicity**

<b>PHOTOGRAPH</b> 	Address: <b>Dasa, T</b> City: <b>K</b> Other ID: ..... Use: <b>Residential</b>
	Building Name: <b>Asrama</b> Latitude: <b>1.252040256244771</b> $S_2$ : <b>1.0676</b> Longitude: <b>124.8407602035484</b> $S_1$ : <b>0.4811</b> Screener: ..... Date/Time: .....
<b>SKETCH</b> 	#Stories - Above Ground: <b>2</b> Below Ground: ..... Year Built: <b>2011</b> <input type="checkbox"/> Est Total Floor Area (sft): ..... Code Year: <b>Post Benchmark</b> Additions: <input checked="" type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Yes, Years Built: ..... Occupancy: <input type="checkbox"/> Assembly <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Emergency Services <input type="checkbox"/> Historic <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Office <input type="checkbox"/> Schools <input type="checkbox"/> Government <input type="checkbox"/> Utility <input type="checkbox"/> Warehouse <input checked="" type="checkbox"/> Residential.#Units: <input type="checkbox"/> Shelter Soil Type: <input type="checkbox"/> A: Hard Rock <input type="checkbox"/> C: Soft Rock <input type="checkbox"/> E: Soft Soil <input type="checkbox"/> R: Normal Rock <input checked="" type="checkbox"/> D: Hard Soil / DNK <input type="checkbox"/> F: Poor Soil Geohazards: Liquefaction: <input type="checkbox"/> Yes, <input checked="" type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/> DNK Landslide: <input checked="" type="checkbox"/> Yes, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/> DNK Surface Rupture: <input type="checkbox"/> Yes, <input checked="" type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/> DNK Adjacency: <input type="checkbox"/> Pounding <input checked="" type="checkbox"/> Falling Hazards from Taller Adjacent Building Irregularities: <input checked="" type="checkbox"/> Severe Vertical Irregularity <input type="checkbox"/> Plan Irregularity <input type="checkbox"/> Moderate Vertical Irregularity Exterior Framing Hazards: <input type="checkbox"/> Unbraced Chimneys <input type="checkbox"/> Heavy Cladding or Heavy Veneer <input checked="" type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Appendages <input type="checkbox"/> Other: ..... COMMENTS <input type="checkbox"/> Additional sketches or comments on separate page

Gambar 3.1 Informasi Gedung



Gambar 3.2 Spektrum Respon Desain

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, $S_{L1}$																					
BUILDING TYPE	DNK	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH	BN1	BN2	
Basic Score		2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1	0.9	0.8	
Severe Vertical Irregularity, $V_{L1}$		-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA	-0.6	-0.6	
Moderate Vertical Irregularity, $V_{L1}$		-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA	-0.3	-0.3	
Plan Irregularity, $P_{L1}$		-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA	-0.3	0.0	
Pre-Code		-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	0.0	NA	NA	
Post-Benchmark		1.9	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5	NA	NA	
Soil Type A or B		0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	
Soil Type E (1-3 stories)		0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	
Soil Type E (>3 stories)		-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	NA	NA	NA	
Minimum Score, $S_{MIN}$		0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	0.2	0.2	
FINAL LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{MIN}$																					

Gambar 3.3 Skor Final Level 1

### 3.3 Analisis Kerentanan

Berdasarkan hasil perhitungan Rapid Visual Screening (RVS) menggunakan FEMA 154, gedung asrama dengan sistem struktur C3 memperoleh Skor Akhir Tingkat 1 (Final Level 1 Score) sebesar 0,3. Nilai ini berada secara kritis di bawah skor ambang batas (cut-off score) standar, yang mengindikasikan bahwa bangunan memiliki probabilitas tinggi mengalami kerusakan berat atau keruntuhan saat menghadapi beban seismik desain. Rendahnya skor ini tidak hanya disebabkan oleh kapasitas dasar struktur utama, melainkan diperparah secara signifikan oleh defisiensi pada sistem struktur atap akibat degradasi lingkungan. Skor dasar (Basic Score) sebesar 0,3 mencerminkan kapasitas ketahanan gempa intrinsik dari struktur utama C3 (biasanya beton bertulang) di zona seismik lokasi. Namun, penurunan skor yang masif terjadi akibat dua Score Modifiers utama.

Pertama, pengurangan sebesar -0,6 untuk Ketidakaturan Berat (Severe Irregularity). Dalam konteks fisik gedung ini, korosi parah pada rangka atap baja akibat paparan sulfur dan kelembaban tinggi telah menyebabkan hilangnya integritas sambungan dan reduksi penampang secara asimetris. Kondisi ini menciptakan ketidakkekakuan (stiffness) dan ketidakseragaman massa (mass irregularity) yang ekstrem pada elevasi atap. Saat terjadi gempa, atap yang terkorosi tidak dapat berfungsi sebagai diafragma kaku yang mendistribusikan gaya inersia secara merata ke kolom-kolom C3 di bawahnya, melainkan memusatkan beban pada titik-titik kritis yang memicu kegagalan geser (shear failure) atau keruntuhan lokal yang berujung pada keruntuhan progresif.

Kedua, pengurangan sebesar -0,3 untuk Ketidakaturan Denah (Plan Irregularity). Bentuk denah asrama yang memanjang atau tidak beraturan, ketika dikombinasikan dengan degradasi atap yang tidak merata (misalnya, sisi atap yang lebih terekspos angin pembawa gas sulfur mengalami korosi lebih parah), menggeser pusat massa bangunan sehingga tidak berimpit dengan pusat kekakuan. Hal ini membangkitkan gaya puntir (torsional forces) yang sangat besar pada struktur saat guncangan horizontal terjadi.

Secara keseluruhan, analisis ini membuktikan bahwa di lingkungan agresif, degradasi material non-seismik (korosi atap baja) bertransformasi menjadi defisiensi seismik yang fatal. Skor 0,3 memvalidasi bahwa gedung asrama ini sangat rentan, di mana kegagalan tidak hanya diprediksi terjadi pada elemen struktural utama, tetapi juga diawali oleh keruntuhan sistem atap baja yang terkorosi, yang secara langsung mengancam keselamatan jiwa ratusan penghuni asrama.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi kerentanan seismik menggunakan metode Rapid Visual Screening (RVS) FEMA 154, gedung asrama dengan klasifikasi struktur C3 yang berlokasi di lingkungan lembab dan bersulfur tinggi memperoleh Skor Akhir Tingkat 1 sebesar 0,3. Nilai ini berada pada batas skor minimum (Smin) dan jauh di bawah nilai ambang batas (cut-off score), yang mengindikasikan bahwa bangunan memiliki kerentanan seismik yang sangat kritis dan tidak lolos dari tahap penyaringan awal. Penurunan skor yang masif dari Basic Score 0,9 utamanya dipicu oleh transformasi degradasi material non-seismik menjadi defisiensi seismik; di mana korosi parah pada rangka atap baja menyebabkan hilangnya integritas diafragma atap dan direpresentasikan oleh pengurangan skor signifikan pada parameter Ketidakaturan Berat (-0,6) dan Ketidakaturan Denah (-0,3). Mengingat fungsi bangunan sebagai fasilitas hunian dengan okupansi tinggi, kondisi ini menciptakan risiko keruntuhan progresif yang mengancam keselamatan jiwa penghuni saat terjadi guncangan gempa. Oleh karena itu, diperlukan tindakan mitigasi segera yang diawali dengan Evaluasi Teknik Detail (Detailed Engineering Evaluation) dan pengujian material non-destruktif, diikuti dengan penggantian total rangka atap menggunakan material tahan korosi untuk memulihkan kapasitas disipasi energi dan integritas struktural bangunan secara menyeluruh.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yesus Kristus, Keluarga dan Para Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Program Studi Magister Terapan atas dukungan, masukan, serta kontribusi pemikiran yang sangat berharga dalam proses penulisan artikel ini. Kontribusi mereka sangat membantu dalam meningkatkan kualitas penelitian, khususnya dalam aspek akademik dan teknis yang berkaitan dengan regulasi keandalan struktur gedung pascagempa di wilayah rawan gempa. Semoga kolaborasi ini dapat terus berlanjut dalam penelitian berikutnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti, E., & Santoso, B. (2020). Analisis laju korosi baja struktural di lingkungan industri bersulfur tinggi dan implikasinya terhadap keamanan bangunan. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 13(2), 88-97.
- Asisi, G., & Imran, I. (2020). Seismic vulnerability assessment of school and dormitory buildings in Indonesia using FEMA 154 method. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 52(4), 512-528.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2019). SNI 1726:2019 tentang Kriteria Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Struktur Non-Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dewi, S. K., & Rahman, A. (2024). Integrasi faktor degradasi lingkungan dalam penilaian kerentanan seismik bangunan gedung menggunakan pendekatan berbasis kinerja. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(1), 22-35.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (FEMA P-154, 3rd ed.)*. Washington, D.C.: FEMA.
- Feng, R., Li, M., & Young, B. (2021). Seismic performance of corroded cold-formed steel

- structures: Experimental and numerical studies. *Thin-Walled Structures*, 159, 107253.
- Hidayat, R., & Pratama, A. (2022). Rapid visual screening of student dormitory buildings in moderate seismic zones: A case study in Java. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 26(1), 33-42.
- International Organization for Standardization (ISO). (2012). ISO 9223:2012 Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation. Geneva: ISO.
- Morcillo, M., Chico, B., Díaz, I., Cano, H., & de la Fuente, D. (2013). Atmospheric corrosion of steel. In *Intech Open*. (Literatur fundamental mengenai mekanisme korosi atmosferik akibat SO<sub>2</sub> dan kelembaban).
- Nugroho, P. S., & Santoso, A. (2021). Aplikasi Ultrasonic Thickness Measurement untuk evaluasi sisa tebal profil baja pada rangka atap terkorosi. *Jurnal Teknik NDT Indonesia*, 15(2), 45-52.
- Pratama, D. R., & Sulistyono, J. (2023). Dampak korosi terhadap kapasitas ultimit dan perilaku gempa rangka atap baja ringan. *Jurnal Struktur (Asosiasi Universitas Kristen Petra)*, 25(1), 55-64.
- Pribadi, K. S., & Kusumawardaningsih, Y. (2019). Evaluasi kerentanan seismik gedung bertingkat menggunakan metode Rapid Visual Screening (RVS) FEMA 154. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 26(1), 45-56.
- Setiawan, A., & Wijaya, H. (2021). Modifikasi skor RVS FEMA 154 untuk bangunan eksisting dengan kerusakan material dan kurangnya perawatan. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 19(2), 112-120.
- Sharifi, Y., & Bagheri, M. (2021). Seismic vulnerability assessment of corroded steel moment-resisting frames. *Journal of Constructional Steel Research*, 176, 106415.
- Susilawati, E., & Widyawati, A. (2022). Strategi perkuatan (retrofitting) struktur baja terkorosi di lingkungan agresif: Tinjauan literatur dan studi kasus. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 11(1), 12-24.
- Zhang, Y., Wang, L., & Li, H. (2021). Atmospheric corrosion of steel structures in high-sulfur and high-humidity environments: Mechanisms and mitigation. *Construction and Building Materials*, 275, 122145.