



EVALUASI BANGUNAN STRUKTUR SEKOLAH TERHADAP KERENTANAN GEMPA DENGAN ASESMEN CEPAT

EVALUATION OF SCHOOL BUILDINGS TO EARTHQUAKE VULNERABILITY WITH RAPID ASSESSMENT

Talitha Zhafira^{1*}, Trias Widorini², Ngudi Hari Crista³

(^{1,2,3}) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

Abstrak

Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi rawan gempa tepatnya di Tanggunharjo Grobogan. Bangunan sekolah daerah ini perlu dilakukan asesmen terhadap gempa bumi karena masuk dalam kategori risiko IV menurut SNI 1726:2019. Tujuan penelitian ini akan dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui potensi roboh jika suatu saat terjadi gempa. Penilaian cepat (*rapid visual screening*) menggunakan FEMA-154 dinilai efisien sebagai langkah awal pemeriksaan kebencanaan. Sampel yang diambil sebanyak tiga sekolah yaitu SMA Islam Sudirman, SMK Islam Sudirman, MTs Miftahul Ulum. Metode ini membutuhkan survey visual lapangan sebagai data primer. Data sekunder melalui wawancara atau permintaan data kepada salah satu penghuni sekolah. Hasil observasi menunjukkan klasifikasi wilayah gempa *moderately high* dengan tipe tanah batuan. Jenis bangunan sekolah ialah struktur beton bertulang pemikul rangka momen (C1). Ketidakteraturan perencanaan dan vertikal ditemukan pada SMA (*L-T shaped*), (*sloping site*); MTs (*U-shaped*), (*split level*). Final skor menunjukkan bahwa tiga sekolah masih dalam kategori aman dengan nilai skor akhir > 2 . Probabilitas keruntuhan bangunan ialah 0.01% SMK, 0.13% MTs dan 0.32% SMA. Pihak SMA diharapkan dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi robohnya bangunan jika gempa bumi terjadi.

Kata Kunci: Kerentanan bangunan, Sekolah, Pemeriksaan cepat, FEMA-154 2015, Gempa bumi

Abstract

Central Java Province is one of the areas that can potentially be prone to earthquakes in Tanggunharjo Grobogan. The school building in this area needs to be assessed for earthquakes because it is included in risk category IV according to SNI 1726:2019. The purpose of this study will be an examination to determine the potential for collapse if one day an earthquake occurs. Rapid visual screening using FEMA-154 is considered an efficient first step in disaster inspection. Samples were taken from Sudirman Islamic High School, SMK, and MTs. This method requires a visual field survey as primary data. Secondary data through interviews or data requests to one of the school residents. The observation results show classification of moderately high earthquake areas with rocky soil types. The type of school building is a moment-bearing reinforced concrete structure (C1). Planning and vertical irregularities found in SMA (*L-T shaped*), (*sloping site*); MTs (*U-shaped*), (*split level*). Final score shows that the three schools are still in the safe category, with a final score of > 2 . The probability of a building collapse is 0.01%, 0.13%, and 0.32%. The SMA is expected to increase awareness of the potential for a building to collapse if an earthquake occurs.

Keywords: Building vulnerabilities, Schools, Rapid visual screening, FEMA-154 2015, Earthquakes

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kebencanaan cukup tinggi terutama gempa. Hal ini terjadi karena Indonesia berada pada posisi pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan lempeng Pasifik (Zulfiar dkk., 2018). Bencana alam yang terjadi secara tidak terduga dapat memakan korban jiwa dan harta benda, maka perlu adanya kesiapsiagaan untuk menghadapi hal tersebut (Amir, 2012).

Kawasan rawan gempa dan longsor daerah Jawa Tengah adalah kabupaten Grobogan akibat adanya patahan. Penelitian sebelumnya menyatakan

pengukuran geolistrik tahun 2018 dilakukan pada sebagian besar diatas endapan aluvial sehingga patahan tidak terekspos di permukaan. Jenis patahan yang banyak ditemukan adalah patahan turun (normal) dan sebagian patahan geser. BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Grobogan menyebutkan ada tiga kecamatan terdampak tahun 2016 yaitu Tanggunharjo, Karangrayung, Gabus (Mapindo, 2019). Kondisi tersebut menyebabkan bangunan seperti fasilitas pendidikan termasuk kategori IV menurut (SNI 1726, 2012), perlu dilakukan pemeriksaan.

Rapid Visual Screening menggunakan prosedur FEMA 154 berupa formulir yang berisi data primer

(*)Corresponding author

Telp :
E-mail : thalita@usm.ac.id

<http://doi.org/xxx>

Received 26 Februari 2023; Accepted 14 Maret 2023; Available online 05 April 2023

E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

berupa pengamatan lapangan menggunakan form RVS dan sekunder diperoleh melalui pemetaan topografi objek penelitian data tanah (Agustin dkk., 2020). Penilaian tingkat resiko tersebut tanpa harus menggunakan *software* (Kurniawandy dkk., 2015). Infrastruktur bangunan di setiap wilayah perlu dilakukan penilaian menggunakan metode RVS untuk mengetahui kondisi fasilitas yang telah ada (Pujianto dkk., 2019)

Kinerja tahan gempa dapat dipengaruhi oleh kekakuan, konfigurasi struktur, daktilitas, dan kekuatan (Simanjuntak, 2020). Penilaian kerentanan pada bangunan eksisting dapat diawali dengan pengamatan cepat dilanjutkan dengan evaluasi yang lebih rinci terhadap bangunan yang dinilai berisiko (Prayuda dkk., 2017).

Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya potensi kerentanan bangunan struktur sekolah jika gempa bumi terjadi saat jam operasional menggunakan FEMA 154, serta memberikan rekomendasi tingkat kewaspadaan kepada pihak sekolah dan instansi terkait. Jika hasil penelitian menunjukkan indikasi tidak aman maka evaluasi rinci dilanjutkan dengan tata cara penilaian dengan FEMA 310, FEMA 356 atau ATC 40. (Faizah & Syamsi, 2017).

TINJAUAN PUSTAKA

Skor nilai akhir didapatkan dari penjumlahan angka per kriteria yang didapat dari FEMA -154. Jika nilai $S \leq 2$, artinya bangunan tersebut memiliki tingkat kerentanan bahaya gempa tinggi. Nilai persentase potensi kerusakan bisa dihitung menggunakan rumus:

$$S (skor\ akhir) = \frac{1}{10^{SL}} \tag{1}$$

dengan,

SL = nilai final skor

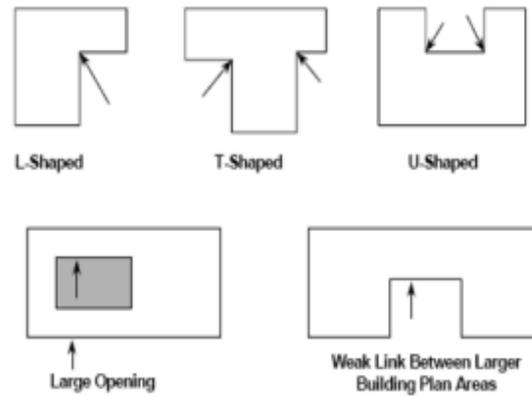
Prosedur untuk mengisi formulir survey menurut (Federal Emergency Management Agency, 2015) sebagai berikut:

- 1) Tingkat Hunian
Contohnya ialah; gedung komersial, pendidikan, pelayanan, gudang, dan lain lain.
- 2) Tipe Tanah
Dibedakan menjadi enam; A (*keras*), B (*Rerata keras*), C (*padat*), D (*kaku*), E (*lunak*), F (*lempung*). Jika tipe tanah tidak diketahui saat asesmen, dapat diklasifikasikan tipe D
- 3) Tipologi Bangunan
Terdapat tujuh belas tipe bangunan yang diklasifikasikan berdasarkan sistem yang digunakan
- 4) Total Lantai, dapat dihitung dari lantai dasar hingga atap dak

5) Lokasi Seismik

Cara mengetahuinya ialah dengan nilai akselerasi respon spektrum S_s dan S_1 pada lokasi yang penelitian.

6) *Vertical Irregularity*, gambaran bangunan secara vertikal yang tidak beraturan. Contoh bentuk denah tidak beraturan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bentuk Denah Tidak Beraturan

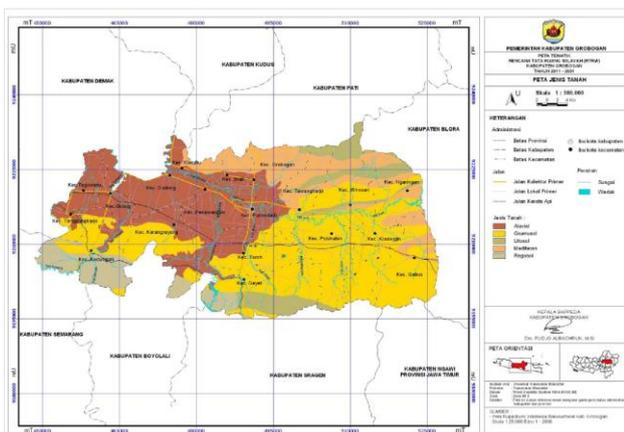
METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian diperkirakan sekitar bulan Oktober 2022. Lokasi penelitian di tiga bangunan gedung sekolah kecamatan Tanggungharjo. Koordinat lokasi penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**. Lokasi dalam penelitian ini dipilih berdasarkan koordinat wilayah melalui *google earth* yang dinilai kemungkinan jika terjadi bencana gempa bumi memiliki kerentanan tinggi, karena lokasinya di daerah berbukit dan juga rawan longsor. Peta jenis tanah di sekitar lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Koordinat Lokasi Penelitian

Nama Sekolah	Koordinat	S_s	S_1
SMA Islam			
Sudirman	-7.094105°, 110.620214°	0.9064g	0.3992g
Tanggungharjo			
SMK Islam			
Sudirman	-7.093954°, 110.609834°	0.9106g	0.4005g
Tanggungharjo			
MTs Miftahul			
Ulum	-7.093829°, 110.619992°	0.9060g	0.3991g
Tanggungharjo			



Gambar 2. Peta Jenis Tanah Kabupaten Grobogan
Sumber : BPBD (Kabupaten Grobogan, 2011)

Bahan dan Peralatan

Kertas formulir *rapid visual screening FEMA*, alat tulis, kamera, aplikasi *Ms.Excel*, website Puskim PU dan *google earth* sama dengan penelitian sebelumnya (Birawaputra & Tethool, 2019)

Tahapan Penelitian

Langkah pertama ialah survei langsung di lapangan. Format pencatatan dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Isian Rapid Visual Screening

HASIL DAN PEMBAHASAN
Hasil Pembacaan Nilai Akselerasi Respon Spektral MCE_R

Klasifikasi yang didapat melalui Tabel 2 dengan nilai S_s dan S_1 masuk pada wilayah *moderately high* (tinggi sedang) hal ini disebabkan karena nilai S_s lebih besar atau sama dengan 0,500 g tetapi < 1,000 g, sedangkan S_1 memiliki \geq dengan 0,200 g < dari 0,400 g (Harirchian dkk., 2020). Langkah ini adalah penentu pengambilan form yang akan digunakan (Zulfiar & Zai, 2021). Klasifikasi wilayah gempa untuk masing-masing Gedung sekolah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Wilayah Gempa

Kode	Objek Gedung Penelitian	Nilai S_s (Periode Pendek)	Nilai S_1 (Periode Panjang)	Klasifikasi Wilayah Gempa
1	SMA Islam Sudirman Tanggunharjo	0.9064 g	0.3992 g	Moderately High
2	SMK Islam Sudirman Tanggunharjo	0.9106 g	0.4005 g	Moderately High
3	MTs Miftahul Ulum Tanggunharjo	0.9060 g	0.3991 g	Moderately High

Hasil Klasifikasi Identifikasi Bangunan Gedung

Dari hasil klasifikasi identifikasi bangunan SMA, SMK, dan MTs memiliki tipe tanah B batuan, hal ini dilihat dalam peta tematik RTRW, kecamatan Tanggunharjo masuk dalam zona warna kuning yaitu tanah grumusol atau batuan. Bangunan didirikan masuk kategori *post benchmark* karena dibangun lebih dari tahun 2000. Hasil investigasi langsung ke lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Jenis Bangunan

Bangunan sekolah SMA, SMK, dan MTs di Tanggunharjo dibangun tahun 2009, 2015, dan 2010. Jumlah lantai masing-masing adalah satu, dengan luas area sebesar 1981 m², 1586 m², 1127 m². Ketiga gedung terbuat dari beton bertulang, menurut FEMA P-154 maka dapat dikategorikan sebagai tipe C1 yaitu terbuat dari beton bertulang dengan pemikul rangka momen. Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 menunjukkan bangunan ketiga sekolah menggunakan sistem rangka pemikul momen. Join di kolom dan balok serta komponen struktur lainnya bekerja menjadi satu bagian untuk mendistribusikan gaya-gaya.

Plan Irregularity

Ketidakteraturan perencanaan terdapat pada SMA Islam Sudirman Tanggunharjo dengan kondisi *L-shaped*, *T-shaped*, dan MTs Miftahul

Ulum kondisi *U-shaped*. Hal ini mengakibatkan letak titik gedung tidak berada di tengah sehingga apabila terjadi gempa atau beban horizontal akan menimbulkan efek torsi. **Gambar 6** dan **Gambar 7** menunjukkan denah SMA dan MTs.

SMA berada di kontur yang naik turun, akibatnya akan menimbulkan kekakuan arah horizontal di sisi yang lebih rendah daripada sisi atas. Kolom yang kaku akan menarik lebih banyak gaya geser seismik, sehingga dapat mengakibatkan keruntuhan. **Gambar 8** dan **Gambar 9** menunjukkan kondisi ketidakberaturan vertikal SMA dan MTs.

Vertical Irregularity

Ketidakteraturan vertikal saat pemeriksaan visual langsung terdapat di SMA dan MTS. ialah *sloping site, split level*. Hal ini terjadi karena lokasi

Tabel 3. Identifikasi Bangunan Gedung Penelitian

No	Objek Gedung Penelitian	Jenis Bangunan	Jumlah Penghuni	Tipe Tanah	Jumlah Lantai	Tahun Bangunan Didirikan
1	SMA Islam Sudirman Tanggunharjo	Sekolah	194	B (batuan)	1	2009
2	SMK Islam Sudirman Tanggunharjo	Sekolah	106	B (batuan)	1	2015
3	MTs Miftahul Ulum Tanggunharjo	Sekolah	175	B (batuan)	1	2010



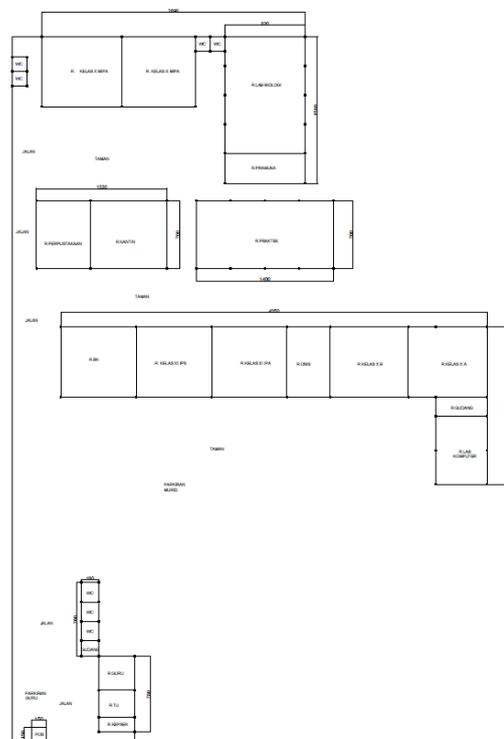
Gambar 3. Sistem Pemikul Rangka Momen pada Gedung SMA



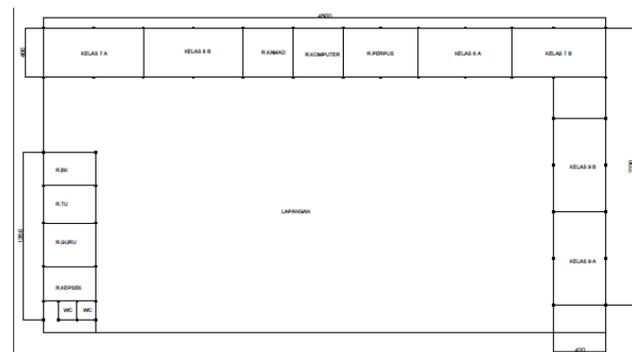
Gambar 4. Sistem Pemikul Rangka Momen pada Gedung SMK



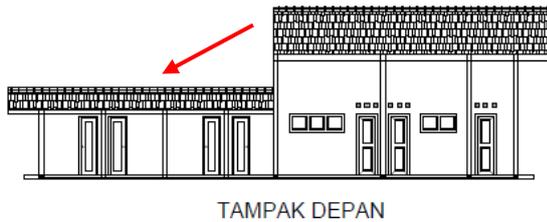
Gambar 5. Sistem Pemikul Rangka Momen pada Gedung MTs



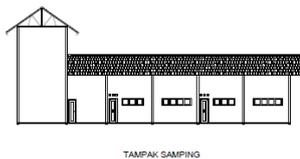
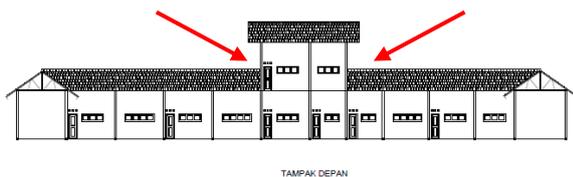
Gambar 6. Plan irregularity pada Gedung SMA



Gambar 7. Plan irregularity pada Gedung SMA



Gambar 8. Vertical Irregularity (Sloping site) pada Gedung SMA



Gambar 9. Vertical Irregularity (split level) pada Gedung MTs

Analisis Data Rapid Visual Screening

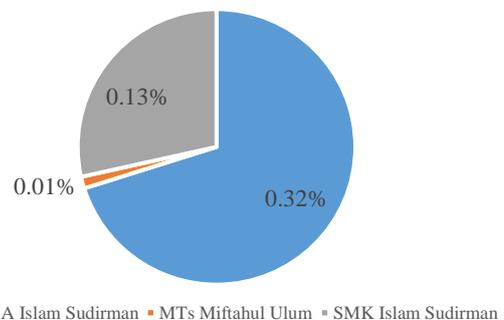
1) Hasil penilaian Gedung Sekolah di Kecamatan Tanggunharjo

Hasil indikator penilaian menurut FEMA P-154 Basic score tipologi ketiga sampel memiliki nilai yang sama sebesar 1,7. Severe irregularity artinya bangunan SMA memiliki

ketidakberaturan vertikal yang parah dengan skor -1,0. Bangunan MTs skor yang dimiliki -0,6 menandakan bahwa bangunan tersebut masuk kedalam ketidakberaturan sedang. Ketidakberaturan denah (*plan irregularity*) pada SMA dan MTs dengan nilai -0,7. Nilai *post benchmark* sebesar 1,9 artinya dibangun setelah Tahun 2000. Tipe tanah didapat skor 0,6 masuk ke dalam tanah batuan. Rekapitulasi hasil skor akhir dapat dilihat pada Tabel 4. Perhitungan nilai final skor diperoleh dari penjumlahan *basic score* dan angka pada masing-masing kriteria penilaian. Contoh nilai akhir pada bangunan SMA: $1,7 + (-1,0) + (-0,7) + 1,9 + 0,6 = 2,5$. Nilai final skor (S) apabila ≤ 2 , maka sekolah tersebut tergolong memiliki kerentanan tinggi. Langkah ini dilakukan untuk semua sampel yang sedang dievaluasi. Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai final skor pada ketiga sampel (SMA, SMK, MTs) memiliki nilai 2,5; 4,2; 2,9 artinya bangunan ini jika terjadi gempa masih dalam kategori tidak beresiko. Namun nilai paling terkecil didapat pada gedung SMA, dimana gedung ini secara hasil pemeriksaan visual didapatkan ketidakberaturan vertikal yang parah karena lokasinya di area perbukitan dengan kontur tanah naik turun. Bangunan SMA yang perlu diwaspadai potensi roboh apabila terjadi gempa.

2) Probabilitas Keruntuhan

Kemungkinan/probabilitas keruntuhan suatu bangunan dapat dihitung menggunakan rumus dari Persamaan 1. contoh perhitungan pada bangunan SMA nilai skor akhir 2,5 maka probabilitas keruntuhannya ialah $\frac{1}{10^{2.5}} = 0,00316$ atau dengan persentase 0,32%. Nilai probabilitas keruntuhan disajikan dalam diagram pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Persentase Probabilitas Keruntuhan

Hasil diatas menunjukkan bahwa potensi terjadi keruntuhan akibat gempa bumi ialah bangunan SMA Islam Sudirman dimana memiliki nilai terbesar 0,32% dibandingkan lainnya. Faktor pengurang didapatkan dari

indikator penilaian *vertical, plan irregularity*, jenis tanah. Berdasarkan hasil survey lapangan letak bangunan tidak simetris dan berada di kontur tanah tidak rata.

Tabel 4. Skor Akhir

No	Nama Gedung	Tipe Bangunan	Penilaian Indikator (Skor)					Soil Type
			Basic Score	Serve Vertical Irregularity	Moderate Vertical Irregularity	Plan Irregularity	Post Benchmark	
1	SMA	C1	1,7	-1,0	-	-0,7	1,9	0,6 (B)
2	SMK	C1	1,7	-	-	-	1,9	0,6 (B)
3	MTs	C1	1,7	-	-0,6	-0,7	1,9	0,6 (B)
Minimum Score					0,3			
Final Score		2,5 (SMA)		4,2 (SMK)		2,9 (MTs)		

KESIMPULAN

Kerentanan ketiga bangunan sekolah di Tanggungharjo terhadap ancaman gempa bumi setelah dinilai dengan metode *rapid visual screening* dengan formulir FEMA-154 (2015) dinyatakan tidak berisiko. Hanya satu sampel yaitu SMA yang memiliki skor akhir paling rendah 2,5 dengan potensi kemungkinan bangunan roboh potensi sebesar 0,32% dibandingkan dua sampel lainnya. Hal ini dapat dijadikan masukan kepada kepala sekolah serta instansi dinas pendidikan setempat untuk meningkatkan kewaspadaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada LPPM Universitas Semarang yang telah mendanai penelitian ini sehingga dapat selesai dengan baik. Semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat untuk lingkungan sekitar.

REFERENSI

- Agustin, S., Djauhari, Z., & 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>
- Amir, F. (2012). Evaluasi Kerentanan Terhadap Gempa Bumi dengan Rapid Visual Screening (RVS) Berdasarkan FEMA 154. *Infrastruktur*, 2(1), 9–15.
- Birawaputra, I., & Tethool, Y. C. v. (2019). Penggunaan Metode Rapid Visual Screening Dalam Menentukan Kerentanan Bangunan Akibat Gempa Bumi. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 2(2), 97–105.
- Faizah, R., & Syamsi, M. I. (2017). Asesmen Cepat Kerentanan Bangunan Sekolah Muhammadiyah Terhadap Gempabumi di Kecamatan Kasihan Bantul DIY. *Semesta Teknika*, 20(2), 164–171.
- Federal Emergency Management Agency. (2015). FEMA 154 (2015). Dalam *third book* (Vol. 3, hlm. 1–400). www.ATCCouncil.org
- Harirchian, E., Lahmer, T., Buddhiraju, S., Mohammad, K., & Mosavi, A. (2020). Earthquake safety assessment of buildings through rapid visual screening. *Buildings*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/buildings10030051>
- Kabupaten Grobogan. (2011, Mei 5). *Peta Jenis Tanah Tanggungharjo*. Peta Tematik RTRW Kabupaten Grobogan.
- Kurniawandy, A., Hendri, A., & Firdaus, R. (2015). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung terhadap Gempa Bumi Dengan Rapid Visual Screening (RVS) berdasarkan Fema 154. *Annual Civil Engineering Seminar*, 2, 338–345.
- Mapindo. (2019). *Kajian Risiko Bencana Kabupaten Grobogan* (10 ed.). CV. Greentera Mapindo.
- Prayuda, H., Astuti, P., Faizah, R., & Ikhsan, J. (2017). *Evaluasi Struktur Bangunan Masjid Al-Iman Kabupaten Pidie jaya , Provinsi Aceh Menggunakan RVS Pasca Gempa Bumi 7 Desember 2017*. 249–261.
- Pujianto, A., Prayuda, H., & Monika, F. (2019). Vulnerability Assessment of Infrastructure Building, Permanent Resident and Evacuation Route In Merapi Volcano Area, Indonesia. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 12(June), 157–163. <https://doi.org/10.21276/ijee.2019.12.0303>

- Simanjuntak, P. (2020). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Indonesia. *E-Journal CENTECH*, 1(1), 44–53.
- SNI 1726. (2012). Tata Cara Perencanaan ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Dalam *SNI* (Issue 3). BSN 2012. <https://doi.org/10.1080/0893569032000131613>
- Zulfiar, M. H., Jayady, A., & Jati Saputra, N. R. (2018). Kerentanan Bangunan Rumah Cagar Budaya Terhadap Gempa Di Yogyakarta. *Jurnal Karkasa*, 4(1), 5. <https://doi.org/10.32531/jkar.v4i1.67>
- Zulfiar, M. H., & Zai, M. I. I. (2021). Penilaian Kerentanan Bangunan Terhadap Gempa Bumi pada Gedung Perkuliahan Berlantai Tinggi di Yogyakarta. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(2), 73–80. <https://doi.org/10.18196/bce.v1i2.11075>