

**EVALUASI KERENTANAN GEDUNG BETON BERTULANG
PASCAKEBAKARAN DENGAN FUNGSI FRAGILITAS**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
(S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh:

Tri Wila Kusuma Putri

NIM. 2022/22323028

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

EVALUASI KERENTANAN GEDUNG BETON BERTULANG PASCAKEBAKARAN DENGAN FUNGSI FRAGILITAS

Nama : Tri Wila Kusuma Putri
NIM : 22323028
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

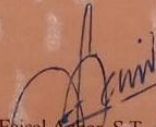
Padang, 18 Mei 2026

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng., IPM
NIP. 198207302009122005

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP



Ir. Faisal Asjar, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197501032003121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

EVALUASI KERENTANAN GEDUNG BETON BERTULANG PASCAKEBAKARAN DENGAN FUNGSI FRAGILITAS

Nama : Tri Wila Kusuma Putri
NIM : 22323028
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

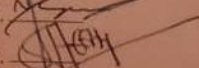
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Prodi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, 18 Mei 2026

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng, IPM
2. Anggota : Dr. Ir. Henny Yustisia. S.T., M.T
3. Anggota : Dr. Juniman Silalahi, M.Pd

1. 
2. 
3. 



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax 7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Wita Kusuma Putri
NIM/TM : 22323028 / 2022
Program Studi : SI Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Evaluasi Kerentanan Gedung Beton Bertulang Pascakebakaran Dengan Fungsi Fragilitas

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Sipil

(Ir. Faisal Ashar, ST., MT., Ph.D)
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,



Tri Wita Kusuma Putri

BIODATA

A. Data Diri

Nama Lengkap : Tri Wila Kusuma Putri
NIM : 22323028
BP/Tahun Angkatan : 2022
Tempat/Tanggal Lahir : Tinggam, 31 Maret 2004
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Golongan Darah : O
Anak ke : 3
Jumlah Saudara : 3
Nama Ayah : Sainuddin Harahap
Nama Ibu : Lastri
Alamat : Tinggam, Pasaman Barat



B. Riwayat Pendidikan

SD : SD N 18 Talamau
SMP : MTS s Istiqomah Talu
SMA/SMK Sederajat : MA Muhammadiyah Talu
Universitas : Universitas Negeri Padang

C. Tugas Akhir

Judul : Evaluasi Kerentanan Gedung Beton Bertulang
Pascakebakaran Dengan Fungsi fragilitas
Tanggal Sidang : 11 Mei 2026

ABSTRAK

Tri Wila Kusuma Putri, 2026. EVALUASI KERENTANAN GEDUNG BETON BERTULANG PASCAKEBAKARAN DENGAN FUNGSI FRAGILITAS. Tugas Akhir, Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Kebakaran pada Gedung Elly Jaya's Toy Store di Pasar Raya Padang (7 Mei 2024) dengan suhu diperkirakan mencapai 1.400°C – 1.600°C menyebabkan degradasi mutu beton dan baja tulangan yang berpotensi menurunkan ketahanan struktur terhadap gempa. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur pascakebakaran dan mengembangkan fungsi fragilitas sebagai instrumen probabilistik penilaian kerentanan seismik bangunan.

Metode yang digunakan adalah analisis *pushover* nonlinier berbasis kerangka *Performance-Based Earthquake Engineering* (PBEE) yang mengacu pada FEMA 356 dan SNI 1726:2019. Mutu beton dimodelkan dalam lima variasi (6, 16, 30, 38, dan 40 MPa) berdasarkan hasil *hammer test*, disertai dua skenario reduksi baja tulangan (25% dan 50%). Fungsi fragilitas dikembangkan menggunakan distribusi lognormal dari spektrum kapasitas hasil *pushover* untuk tujuh skenario kondisi material.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada mutu beton 6 MPa (kondisi kebakaran paling parah), kerusakan total terjadi pada perpindahan spektral (S_d) 3,911 cm, meningkat 54,3% dibandingkan dengan kondisi normal (40 MPa) pada S_d 2,535 cm. Skenario terparah dengan kombinasi mutu beton 6 MPa dan reduksi baja 50% menghasilkan kerusakan total pada S_d 4,726 cm. Kurva fragilitas yang dihasilkan secara konsisten bergeser ke kiri seiring penurunan mutu beton, membuktikan peningkatan probabilitas kerusakan yang signifikan akibat kebakaran. Berdasarkan temuan ini, perkuatan elemen struktural kritis, terutama kolom dan balok, wajib dilakukan sebelum gedung dapat dioperasikan kembali.

Kata kunci: pascakebakaran, degradasi mutu beton, analisis *pushover*, kurva fragilitas, kerentanan seismik.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan penuh kerendahan hati dan kesabaran yang luar biasa. Keberhasilan dalam penulisan Tugas Akhir ini tentunya tidak terlepas dari berbagai bantuan pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng., IPM. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Henny Yustisia selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran dan evaluasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Juniman Silalahi selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Annisa Prita Melinda selaku dosen pembahas I yang telah memberikan saran dan evaluasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak/Ibu dosen beserta staf pengajar dan teknisi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sainuddin Harahap dan Ibu Lastri, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta pengorbanan yang tiada henti kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
7. Kak Alfy Kamilah Putri dan Bang Oki Riski Adrian, atas segala masukan dan kesabaran dalam membantu penulis memahami data-data penelitian.
8. Teman-teman Rumah Mujahidah dan Aqwia Jidana, yang telah menjadi tempat pulang, memberikan rasa nyaman, kebersamaan, serta dukungan selama penulis menjalani kehidupan di perantauan.

Penulis memahami bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih belum terlepas dari berbagai kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa hasil yang diperoleh belum sepenuhnya sempurna, mengingat kesempurnaan hanyalah milik Allah Subhanahu wa Ta'ala. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sebagai bahan perbaikan dan penyempurnaan di kemudian hari.

Pada akhirnya, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, baik dalam pengembangan ilmu pengetahuan maupun sebagai tambahan referensi bagi para pembaca dan pihak yang memerlukannya.

Padang, 15 Mei 2026

Penulis

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al Baqarah : 286)

“Di setiap luka yang dipeluk dengan sabar, Allah selalu menyiapkan jalan pulang
bernama kemudahan”

(Q.S Al Insyirah: 5)

Wahai orang-orang yang beriman, jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya
Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu.

(Qs. Muhammad: 7)

“Doa ibu dan kerja keras ayah adalah alasan terbesar untuk tidak menyerah.”

(@Twkme_31)

“Man Jadda wajada (Barang siapa yang bersungguh-sungguh akan berhasil), Man
Shabara Zhafira (Barang Siapa yang bersabar, ia akan beruntung)

“Peradaban besar tidak lahir dari kemudahan, tetapi dari ilmu, kesabaran, dan
orang-orang yang tetap bertahan dalam perjuangan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	xii
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian.....	8
F. Manfaat Penelitian	9
BAB II.....	10
TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Kajian Teori.....	10
1. Bangunan Gedung.....	10
2. Kebakaran Gedung.....	11
3. Kerusakan Struktur Pascakebakaran	13
4. Beton Pada Suhu Tinggi	17
5. Baja Tulangan	21
6. Gempa bumi	23
7. Analisis <i>Pushover</i>	30
8. Kurva Fragilitas.....	37
9. Pemanfaatan kurva fragilitas.....	42
B. Penelitian Relevan	45
BAB III	47
METODE PENELITIAN.....	47
A. Jenis Penelitian.....	47
B. Tempat dan Waktu Penelitian	47
C. Objek Penelitian	48
D. Teknik Pengumpulan Data.....	49
E. Teknik Analisis Data	50
F. Diagram Alir Penelitian.....	56
BAB IV	57

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
A. Gambaran Umum Bangunan.....	57
B. Pemodelan Bangunan.....	58
C. Analisis <i>Pushover</i>	68
D. Kurva Spektrum Kapasitas	70
E. Penentuan Batas Kinerja Kondisi Kerusakan.....	75
F. Turunan Fungsi Kerapuhan	76
G. Kurva Fragilitas	76
BAB V.....	85
PENUTUP.....	85
A. Kesimpulan	85
B. Saran.....	86
DAFTAR RUJUKAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Gedung Elly Jaya's Toy Store Pasca kebakaran.....	1
Gambar 2. 1. Kondisi bangunan pasca bakar	12
Gambar 2. 2. Cracking pada kolom	14
Gambar 2. 3. Spalling pada plat lantai	15
Gambar 2. 4. Perubahan warna pada beton.....	16
Gambar 2. 5. Degradasi kuat tekan beton pada berbagai temperatur.....	17
Gambar 2. 6. Degradasi kuat tekan beton pada berbagai temperatur.....	19
Gambar 2. 7. Kuat tekan beton pada temperatur tinggi	20
Gambar 2. 8. Pengaruh Temperatur terhadap Kekuatan Leleh secara Umum.....	22
Gambar 2. 9. Pengaruh Temperatur terhadap Kekuatan Tarik secara Umum	22
Gambar 2. 10. Kurva waktu-temperature standar	24
Gambar 2. 11. Peta Zona Gempa Indonesia Berdasarkan PGA.....	28
Gambar 2. 12. Peta Zona Gempa Indonesia Berdasarkan Parameter S1	29
Gambar 2. 13. Peta Zona Gempa Indonesia Berdasarkan Parameter S1	29
Gambar 2. 14. Peta Zona Gempa Indonesia Periode Panjang.....	30
Gambar 2. 15. Ilustrasi <i>Pushover</i> dan Kurva Kapasitas.....	31
Gambar 2. 16. Ilustrasi <i>Pushover</i> dan Kurva Kapasitas.....	32
Gambar 2. 17. Ilustrasi keruntuhan gedung	32
Gambar 2. 18. Kurva Kapasitas	36
Gambar 2. 19. Kurva Fragilitas Kerusakan Ringan, Menengah, Berat, Runtuh...	41
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	56
Gambar 4. 1. Kondisi Gedung Elly Jaya's Toy Store Terbaru	57
Gambar 4. 2. Ruangan Dapur Bangunan	58
Gambar 4. 2. Denah Bangunan	58
Gambar 4. 3. Pemodelan Bangunan.....	159
Gambar 4. 5. Joint Reactions	1659
Gambar 4. 6. Spektrum Respon Desain	1963
Gambar 4. 7. Modal Participating mass ratio.....	2067
Gambar 4. 8. Kurva <i>Pushover</i> Arah x.....	2269

Gambar 4. 9. Kurva <i>Pushover</i> Arah Y	2269
Gambar 4. 10. Target Displacement 0 MPa	2470
Gambar 4. 11. <i>Pushover</i> arah x dan Spektrum Kapasitas Arah x	2874
Gambar 4. 12. <i>Pushover</i> arah y dan Spektrum Kapasitas Arah y	2974
Gambar 4. 13. Batas Kinerja Kerusakan	2975
Gambar 4. 14. Kurva Fargilitas 6 MPa	3077
Gambar 4. 15. Kurva Fargilitas 16 MPa	3178
Gambar 4. 16. Kurva Fargilitas 30 MPa	79
Gambar 4. 17. Kurva Fargilitas 38 MPa	79
Gambar 4. 18. Kurva Fargilitas 40 MPa	3640
Gambar 4. 19. Kurva Fargilitas Gabungan	3081
Gambar 4. 20. Kurva Fragilitas 6 MPa (Reduksi 50%)	3182
Gambar 4. 21. Kurva Fargilitas 16 Mpa (Reduksi 25%)	83
Gambar 4. 22. Kurva Fargilitas Gabungan Variasi (Reduksi Baja).....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Rentang penurunan kuat tekan beton akibat suhu tinggi	20
Tabel 2. 2. Skala SIG	26
Tabel 2. 3. Target level kinerja berdasarkan FEMA 356.....	33
Tabel 2. 4. Tingkat kerusakan gedung secara kualitatif.....	41
Tabel 3. 1. Penurunan nilai kuat tekan beton sebagai fungsi suhu	51
Tabel 3. 2. Batas kinerja untuk setiap kondisi kerusakan	54
Tabel 4. 1. Kategori Risiko Bangunan.....	2061
Tabel 4. 2. Koefisien Modifikasi Respon	64
Tabel 4. 3. Beban Hidup Bangunan	65
Tabel 4. 4. Koefisien untuk Batas Periode	65
Tabel 4. 5. Parameter Pendekatan.....	65
Tabel 4. 6. Perhitungan Simpangan Izin	68
Tabel 4. 7. Kurva <i>Pushover</i> dan Linearisasi ke Kurva Spektrum Kapasitas	73
Tabel 4. 8. Kinerja Kerusakan	75
Tabel 4. 9. Median dan Standar Deviasi	76
Tabel 4. 10. Median dan Standar Deviasi	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing	2092
Lampiran 2. Denah Bangunan	2693
Lampiran 3. Tabel Mutu Beton Hasil Hammer Test	3396
Lampiran 4. Detail dimesi Penulangan Kolom.....	41107
Lampiran 5. Detail dimensi Penulangan Balok dan Pelat.....	51109
Lampiran 6. Data <i>Pushover</i> dan Linearisasi	41110
Lampiran 7. Data <i>Pushover</i> dan Linearisasi Semua Mutu Beton.....	5112
Lampiran 8. Data Spektrum Format ADRS 6 MPa	54114
Lampiran 9. Data Spektrum Format ADRS 16 MPa	41115
Lampiran 10. Data Spektrum Format ADRS 30 MPa	51116
Lampiran 11. Data Spektrum Format ADRS 38 MPa	54117
Lampiran 12. Data Spektrum Format ADRS 40 MPa	41118

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada tanggal 7 Mei 2024 pukul 13.45 WIB telah terjadi kebakaran hebat pada pertokoan di kompleks Pasar Raya Padang, Kota Padang, Sumatera Barat. Identifikasi sementara, akumulasi bangunan mencapai sekitar 16 unit toko. Peristiwa kebakaran ini tidak memakan korban jiwa, namun menyebabkan satu korban luka. Temperatur kebakaran diduga mencapai tingkat yang sangat tinggi, yang ditunjukkan oleh terjadinya pelelehan pada *glass block* terpasang. *Glass block* tersebut tersusun dari material *soda-lime glass* yang memiliki derajat keelehan sekitar 1.400°C hingga 1.600°C (2.552°F hingga 2.912°F). Sebanyak dua belas unit mobil pemadam dikerahkan untuk membantu proses pemadaman dan baru dapat diselesaikan pada pukul 18.00 WIB. Semetara itu, kerugian materi ditaksir mencapai kurang lebih 10 miliar Rupiah (Adrian; 2024).



Gambar 1. 1. Gedung Elly Jaya's Toy Store Pascakebakaran
(Sumber: Adrian, 2024)

Bangunan gedung pertokoan (Elly Jaya's Toy Store) di kompleks Pasar Raya Padang, Kota Padang, Sumatera Barat (Gambar 1.1) adalah bangunan yang mengalami peristiwa kebakaran yang menyebabkan terjadinya tingkat kerusakan pada elemen struktur bangunan terhadap peningkatan intensitas beban, seperti gempa bumi. Penurunan mutu akibat kebakaran menyebabkan

ketidakpastian baru pada kinerja struktur bangunan ketika menghadapi beban gempa. Penurunan mutu beton bervariasi tergantung pada durasi terbakar dan paparan suhu tinggi, mulai dari 0°C hingga 1000°C. Penurunan mutu beton tersebut mencerminkan tingkat kerusakan material akibat kebakaran. Kondisi pascakebakaran seperti ini menyebabkan penurunan kapasitas struktur, sehingga apabila bangunan tersebut kembali menerima beban gempa, potensi kerusakan dapat meningkat secara signifikan. Untuk itu, perlu adanya evaluasi atau analisis ulang kinerja Gedung Elly Jaya's Toy Store agar diketahui apakah struktur masih memenuhi standar ketahanan gempa setelah terjadi kerusakan pada elemen struktur.

Ancaman kerusakan lebih lanjut pada bangunan pascakebakaran menjadi semakin serius mengingat lokasi bangunan tersebut berada di wilayah dengan risiko gempa bumi yang tinggi. Gempa bumi merupakan pergerakan tanah yang tiba-tiba karena adanya pelepasan energi dari dalam bumi yang sudah tersimpan lama. Dampak yang ditimbulkan oleh peristiwa gempa ini sangat beragam, mulai dari kerugian material, infrastruktur dan terganggunya aktivitas sosial dan ekonomi, hingga menimbulkan korban jiwa dalam jumlah yang tidak sedikit (Guci et al., 2021). Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dicegah maupun dihentikan. Secara geografis, Indonesia berada pada kawasan *Pacific Ring of Fire*, yaitu zona sesimik aktif tempat bertemunya tiga lempeng utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Kondisi tektonik tersebut mengakibatkan wilayah Indonesia sangat rentan mengalami gempa bumi, baik yang bersumber dari aktivitas vulkanik maupun pergerakan tektonik (Siswanto & Prijasambada; 2022). Banyak gempa bumi yang terjadi di Indonesia menyebabkan kerusakan signifikan pada struktur bangunan gedung. (Sastra Wibawa et al., 2021).

Kota Padang merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Barat tergolong kepada daerah rentan terhadap gempa, yang berada di daerah pertemuan lempeng Eurasia dan Australia (Putera et al., 2022). Gerakan dan getaran bergelombang yang terjadi di kulit Bumi disebut gempa bumi. Hal tersebut terjadi karena adanya pergeseran tiba-tiba dari lapisan tanah di bawah

permukaan bumi (lempeng bumi). Saat pergeseran terjadi, akan menimbulkan getaran yang disebut dengan gelombang seismik. Gelombang ini menjalar ke segala arah menjauhi sumber patahan. Ketika getaran tersebut sampai ke permukaan bumi, akan berakibat merusak struktur bangunan hingga menelan korban jiwa (Nugraha, 2021). Selain faktor seismisitas yang tinggi, kondisi tanah di Kota Padang juga menjadi faktor yang memperburuk dampak gempa terhadap bangunan. Berdasarkan penelitian (Adrian, 2024), kondisi tanah pada bangunan Elly Jaya's Toy Store diklasifikasikan sebagai tanah lunak (Kelas Situs SE).

Untuk mengevaluasi kinerja bangunan terhadap beban gempa, salah satu pendekatan yang telah banyak digunakan oleh para peneliti adalah analisis *pushover* nonlinier dalam kerangka *Performance-Based Earthquake Engineering* (PBEE). PBEE merupakan suatu konsep perencanaan struktur yang berbasis kinerja terhadap gempa (Marianda, 2016). PBEE terdiri dari dua bagian, yaitu *Performance-Based Seismic Design* (PBSD) dan *Performance-Based Seismic Evaluation* (PBSE). Salah satu metode evaluasi PBSE yaitu analisis *pushover* nonlinier. Analisis *pushover* ialah analisis statik nonlinier yang digunakan untuk menentukan perilaku keruntuhan suatu bangunan atau struktur. Sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019, analisis dilakukan menggunakan metode *pushover* dengan pendekatan ATC-40 atau FEMA 356 berdasarkan spektrum respons gempa. Sejumlah penelitian telah menerapkan analisis *pushover* dalam menilai kinerja struktur bangunan beton bertulang. Abdullah Latip (2016) menggunakan analisis *pushover* untuk mengevaluasi kinerja struktur Pasar Butung Makassar pascakebakaran dan menemukan bahwa struktur masih berada pada tingkat kinerja *Life Safety*, namun penelitian tersebut tidak mengkaji probabilitas kerusakan secara menyeluruh. Penelitian Alfiyyah Kamila Putri (2025) juga menggunakan metode *pushover* untuk mengembangkan kurva fragilitas pada rumah sederhana beton bertulang dengan variasi mutu beton, namun difokuskan pada kondisi normal tanpa pengaruh degradasi akibat kebakaran.

Meskipun analisis *pushover* memberikan gambaran yang berguna mengenai kapasitas struktur, metode ini bersifat deterministik, artinya hasil analisis hanya menggambarkan satu kondisi tertentu tanpa mempertimbangkan ketidakpastian yang terjadi di lapangan. Padahal, pada bangunan pascakebakaran, terdapat ketidakpastian yang sangat kompleks: seberapa parah penurunan mutu beton bergantung pada seberapa tinggi suhu yang pernah dicapai dan berapa lama durasi kebakaran berlangsung, sementara intensitas gempa yang akan datang pun tidak dapat diprediksi secara pasti. Ketidakpastian ganda inilah, dari sisi kondisi material maupun dari sisi beban, yang membuat analisis deterministik saja tidak mencukupi untuk menggambarkan risiko kerusakan bangunan secara menyeluruh. Untuk menjawab keterbatasan tersebut, diperlukan pendekatan yang bersifat probabilistik, yaitu pendekatan yang tidak sekadar menyatakan apakah bangunan rusak atau tidak, melainkan mampu menjawab pertanyaan seberapa besar kemungkinan bangunan ini mengalami kerusakan pada berbagai tingkat intensitas gempa yang berbeda.

Salah satu alat yang digunakan untuk menjawab pertanyaan tersebut adalah kurva fragilitas (*fragility curve*). Secara sederhana, kurva fragilitas adalah grafik yang menunjukkan kemungkinan (probabilitas) suatu bangunan mengalami tingkat kerusakan tertentu, mulai dari kerusakan ringan, menengah, berat, hingga runtuh. Ketika menghadapi gempa bumi dengan kekuatan tertentu. Semakin besar kekuatan gempa, semakin besar pula kemungkinan bangunan mengalami kerusakan. Inilah yang digambarkan oleh kurva fragilitas secara visual dan kuantitatif. Secara teknis, kurva fragilitas menggambarkan probabilitas suatu komponen struktur mengalami kerusakan melebihi batas tertentu dari parameter *Engineering Demand Parameter* (EDP), yang mencakup sejumlah parameter struktural terukur untuk menilai tingkat kerusakan dan mengevaluasi stabilitas serta kinerja keseluruhan suatu bangunan (Yogi, 2003). Pendekatan ini telah diakui secara internasional dan diterapkan dalam berbagai kajian penilaian risiko bangunan, antara lain oleh Pitilakis et al. (2014). Dalam konteks penelitian di Indonesia, M. Hasbi Zuher (2023) telah menerapkan kurva fragilitas pada bangunan 12 lantai di Kota Padang menggunakan metode

pushover dan menghasilkan kurva probabilitas kerusakan dari kategori ringan hingga runtuh, yang membuktikan bahwa pendekatan ini sangat relevan untuk kondisi wilayah dengan seismisitas tinggi. Selain itu, Gadagamma (2018) juga mengembangkan fungsi fragilitas untuk bangunan beton bertulang menggunakan variasi mutu beton, yang menunjukkan bahwa mutu material berpengaruh signifikan terhadap kapasitas dan tingkat kerentanan bangunan.

Meskipun beberapa penelitian telah mengkaji kinerja bangunan pascakebakaran menggunakan *pushover* (Latip, 2016) dan sebagian lagi telah mengembangkan kurva fragilitas untuk bangunan beton bertulang (Zuher, 2023; Gadagamma, 2018), belum banyak penelitian yang secara khusus menggabungkan kedua aspek tersebut, yaitu mengembangkan kurva fragilitas dengan mempertimbangkan degradasi mutu material akibat paparan suhu tinggi pada bangunan pascakebakaran. Penelitian yang ada umumnya mengevaluasi kinerja bangunan pascakebakaran secara deterministik atau mengembangkan kurva fragilitas pada kondisi material normal, tanpa memperhitungkan pengaruh nyata dari variasi suhu kebakaran terhadap tingkat kerentanan probabilistik struktur. Kondisi ini menjadi celah penelitian (*research gap*) yang perlu diisi, khususnya untuk bangunan yang berada di wilayah rawan gempa seperti Kota Padang.

Berdasarkan uraian di atas, penulis memandang bahwa diperlukan suatu kajian yang secara komprehensif mengkaji pengaruh degradasi mutu beton dan baja tulangan akibat kebakaran terhadap tingkat kerentanan struktur bangunan beton bertulang dalam menghadapi beban gempa. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **"Evaluasi Kerentanan Gedung Beton Bertulang Pascakebakaran dengan Fungsi Fragilitas"**. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penurunan mutu material akibat paparan suhu tinggi terhadap kinerja struktur, serta mengembangkan kurva fragilitas yang mampu menggambarkan probabilitas terjadinya berbagai tingkat kerusakan struktur pada intensitas gempa yang berbeda-beda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah yang berguna dalam proses evaluasi kelayakan bangunan, perencanaan rehabilitasi,

serta mitigasi risiko kegagalan struktur pada bangunan gedung beton bertulang pascakebakaran.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari penelitian ini ialah:

1. Beton bertulang sebagai material utama struktur gedung mengalami penurunan kekuatan mekanis ketika terpapar suhu tinggi akibat kebakaran.
2. Penurunan mutu beton berpotensi mengurangi kapasitas struktur terhadap beban lateral, khususnya gempa bumi, yang menjadi beban dominan di wilayah gempa tinggi seperti Kota Padang.
3. Evaluasi kondisi pascakebakaran umumnya masih terbatas pada pemeriksaan visual dan pengujian kuat tekan material, tanpa mempertimbangkan perilaku struktur secara keseluruhan.
4. Analisis kinerja struktur pascakebakaran menggunakan metode *Pushover* perlu dikembangkan untuk menggambarkan kapasitas sisa struktur dan respons nonliniernya.
5. Belum banyak penelitian yang mengkaji pengaruh penurunan mutu beton akibat variasi suhu kebakaran terhadap fungsi fragilitas gedung beton bertulang.
6. Diperlukan pendekatan probabilistik melalui fungsi fragilitas untuk menilai tingkat kerentanan struktur pascakebakaran terhadap beban gempa, sebagai dasar penilaian kelayakan dan perencanaan rehabilitasi.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini ialah:

1. Analisis struktur bangunan merujuk pada ketentuan yang diuraikan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 mengenai Tata Cara dan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
2. Penentuan beban seismik dilakukan sesuai dengan panduan dalam SNI 1726:2019 yang mengatur mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

3. Penetapan beban pada bangunan mengacu pada SNI 1727:2020 yang mencakup beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
4. Analisis kinerja struktur mengacu pada kerangka kerja *Performance-Based Earthquake Engineering* (PBEE) yang diimplementasikan melalui FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency, 2000) sebagai acuan prosedur analisis *pushover* nonlinier dan penentuan level kinerja struktur.
5. Objek penelitian terbatas pada struktur utama gedung Elly Jaya's Toy Store pascakebakaran.
6. Penelitian ini tidak meninjau struktur bawah bangunan, sehingga analisis hanya difokuskan pada struktur atas.
7. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak *Seismostruct* versi 26.
8. Mutu beton ditetapkan berdasarkan hubungan antara suhu kebakaran (0°C hingga 1000°C) dan penurunan kuat tekan beton ($f'c$).
9. Degradasi sifat mekanik baja tulangan akibat kebakaran pada suhu 600°C direduksi sebesar 25% dan pada mutu beton 800°C direduksi sebesar 50%.
10. Penurunan fungsi *fragilitas* dilakukan berdasarkan hasil analisis *pushover* menggunakan pendekatan distribusi log-normal.
11. Analisis fragilitas dibatasi pada variasi suhu, yaitu suhu $< 200^{\circ}\text{C}$, 200°C , 400°C , 600°C , 800°C , dan 1000°C untuk mewakili tingkat kerusakan akibat kebakaran ringan hingga berat.
12. Analisis hanya mempertimbangkan kondisi struktur bangunan asli pascakebakaran tanpa memperhitungkan pengaruh perbaikan atau renovasi yang telah dilakukan setelah kejadian kebakaran.
13. Klasifikasi kondisi tanah pada lokasi penelitian mengacu pada SNI 1726:2019 dan termasuk dalam kategori tanah lunak.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi serta batasan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penurunan mutu beton dan tulangan akibat paparan suhu tinggi terhadap kapasitas struktur gedung beton bertulang berdasarkan hasil analisis *pushover*?
2. Bagaimana probabilitas terjadinya kerusakan struktur pada berbagai tingkat intensitas gempa untuk setiap kondisi mutu beton dan tulangan pascakebakaran?
3. Bagaimana bentuk fungsi fragilitas yang menggambarkan hubungan antara suhu kebakaran, mutu beton residu, mutu tulangan residu dan tingkat kerentanan struktur terhadap beban gempa?
4. Berapa besar perbedaan probabilitas penurunan kekuatan sebelum dan sesudah kebakaran?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kinerja struktur bangunan gedung setelah mengalami kebakaran terhadap pengaruh beban gempa dengan menerapkan metode analisis *pushover*.
2. Mengembangkan kurva fragilitas struktur beton bertulang pascakebakaran berbasis variasi suhu kebakaran.
3. Mengembangkan fungsi fragilitas bangunan beton bertulang pascakebakaran untuk menggambarkan hubungan antara intensitas gempa dan probabilitas kerusakan struktur.
4. Menganalisis perbedaan tingkat kerentanan struktur berdasarkan kurva fragilitas antara kondisi normal dan pascakebakaran serta merumuskan rekomendasi rehabilitasi pada Gedung Elly Jaya Toy Store.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ialah:

1. Bagi peneliti, dapat memberikan pengetahuan dan kemampuan baru dalam bidang evaluasi struktur bangunan.
2. Secara praktis, memberikan informasi teknis atau acuan dalam melakukan evaluasi risiko kerusakan dan menentukan kebutuhan rehabilitasi pascakebakaran.
3. Bagi pemilik bangunan, dapat memberikan informasi mengenai probabilitas kerusakan struktur pada berbagai kondisi suhu kebakaran, sehingga dapat digunakan sebagai dasar strategi mitigasi bencana dan perkuatan (*retrofitting*) bangunan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai evaluasi kerentanan gedung beton bertulang pascakebakaran pada Gedung Elly Jaya's Toy Store Pasar Raya Padang menggunakan fungsi fragilitas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja struktur Gedung Elly Jaya's Toy Store mengalami penurunan yang nyata akibat paparan suhu kebakaran. Analisis *pushover* membuktikan bahwa degradasi mutu beton akibat suhu tinggi secara langsung menurunkan kapasitas lateral dan kekakuan struktur. Penurunan ini semakin parah ketika terjadi bersamaan dengan reduksi kekuatan baja tulangan, yang menunjukkan bahwa kombinasi degradasi dua material tersebut memberikan dampak yang jauh lebih merusak terhadap kinerja struktural dibandingkan dengan degradasi pada salah satu material saja.
2. Kurva fragilitas yang dikembangkan berhasil menggambarkan hubungan probabilistik antara intensitas gempa dan kerentanan struktur pascakebakaran. Kurva ini menunjukkan bahwa semakin berat tingkat paparan suhu kebakaran, semakin tinggi probabilitas struktur mengalami berbagai tingkat kerusakan pada intensitas gempa yang sama. Temuan ini menegaskan bahwa kebakaran secara signifikan memperlemah ketahanan seismik bangunan, sehingga bangunan yang telah terbakar berisiko jauh lebih besar mengalami kerusakan apabila terkena gempa dibandingkan dengan kondisi normalnya.
3. Fungsi fragilitas berhasil dikembangkan untuk tujuh skenario kondisi material pascakebakaran pada Gedung Elly Jaya's Toy Store. Fungsi-fungsi ini dapat digunakan sebagai alat kuantitatif untuk menilai probabilitas kerusakan struktur pada berbagai tingkat intensitas gempa, sesuai dengan kondisi material yang tersisa setelah kebakaran. Keberhasilan pengembangan fungsi fragilitas ini menjadikannya instrumen yang valid untuk mendukung pengambilan keputusan teknis dalam rehabilitasi dan

mitigasi risiko bencana pada bangunan pascakebakaran di wilayah rawan gempa.

4. Perbandingan kurva fragilitas antara kondisi normal dan pascakebakaran secara tegas menunjukkan peningkatan kerentanan struktural yang signifikan akibat kebakaran. Berdasarkan temuan ini, rehabilitasi melalui perkuatan elemen-elemen struktural kritis terutama kolom dan balok merupakan tindakan yang wajib dilakukan sebelum Gedung Elly Jaya's Toy Store dapat dioperasikan kembali, guna memastikan keselamatan pengguna bangunan terhadap risiko gempa di Kota Padang.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun untuk kepentingan praktis.

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan metode analisis dinamik nonlinier (*time-history analysis*) sebagai pelengkap atau pembanding terhadap metode analisis *pushover* yang digunakan dalam penelitian ini, guna memperoleh gambaran respons seismik yang lebih komprehensif dan akurat.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan oleh pihak terkait, seperti pemerintah daerah, konsultan struktur, dan instansi kebencanaan, dalam menyusun kebijakan mitigasi risiko kebakaran sekaligus mempersiapkan langkah-langkah teknis yang diperlukan apabila suatu bangunan mengalami kebakaran di wilayah rawan gempa, khususnya Kota Padang
3. Penelitian lanjutan diharapkan dapat mengintegrasikan hasil analisis fragilitas dengan peta bahaya sesimik wilayah setempat, sehingga dapat dihasilkan peta risiko kerusakan bangunan pascakebakaran yang dapat digunakan sebagai instrumen perencanaan tata ruang dan manajemen risiko bencana yang lebih efektif.

DAFTAR RUJUKAN

- Adrian, O. K. I. R. (2024). *Perencanaan perkuatan elemen struktur pada gedung pascabakar menggunakan carbon fiber reinforced polymer Program Studi Teknik Sipil*.
- Afif Salim, A. B. S. (2022). *Rekayasa Gempa*. Kepel Press, April, 102–125.
- Alfiyyah, K, P. (2025). *Pembuatan Kurva Fragilitas Rumah Sederhana Berdasarkan Variasi Mutu Beton dan Irregularity*.
- Arisman, D. (2023). *Pembuatan Kurva Fragilitas Empiris untuk Bangunan Rumah Tinggal Berlantai Satu di Wilayah Nagari Kajai, Pasaman Barat*.
- Aryanata, R. A. R., & Athallah, F. I. A. F. I. (2023). *Evaluasi Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Eksisting (Studi Kasus Gedung Bea Cukai Semarang)*. http://repository.unissula.ac.id/28526/%0Ahttp://repository.unissula.ac.id/28526/2/30201900170_fullpdf.pdf
- Aziza, N. (2023). Metodologi penelitian 1 : deskriptif kuantitatif. *ResearchGate*, July, 166–178.
- Bahri, Z. (2019). Z. Bahri, 2019. *Teknika*, 1099(2598), 4.
- Belakhdar, A. R., Dimia, M. S., Baghdadi, M., Bouderradji, M., Gherabli, S., & Alaoui, N. (2023). Post-Fire Behavior and Repair of Fire-Damaged RC Columns Using Composite Jackets. *Annales de Chimie: Science Des Materiaux*, 47(4), 247–257.
- Cherifi, F., Farsi, M., & Kaci, S. (2024). *Fragility curves – Seismic Damage of Reinforced Concrete Frame Buildings*. 2024, 1–12.
- Gadagamma, C. K., Min, A. K., Gokon, H., Meguro, K., & Yu, K. T. (2018). Development of fragility functions of RC buildings in Yangon city using push over analysis. *Journal of Disaster Research*, 13(1), 31–39.
- Guci, J. M., Safitri, R. A., & Nurjaen, A. (2021). Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa 11 Lantai Dengan Sistem Ganda. *Structure*, 3(2), 125.
- Hardiana Malawat, T., Widodo, S., Nur Fajar, M., & Maysyurah, A. (2024). Mitigasi Bencana Kebakaran Pada Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Sorong Fire Disaster Mitigation At Campus 1 Of Muhammadiyah University

- Sorong. *Jimats*), 3(02), 117–124.
- Harefa, F. A., & Area, U. M. (2022). *Kondominium Gedung The Reiz Condo (Jalan Tembakau Deli , Medan) SKRIPSI Diajukan Untuk Memenuhi Syarat dalam Ujian Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Medan Area Disusun Oleh : Fakultas Teknik*.
- Hariyani, S. (2009). Tahap Evaluasi Struktur Bangunan Beton Pascakebakaran. *Jurnal Berlian*, 8(2), 132–140.
- Husein, S. (2016). Bencana Gempabumi. *DRR Action Plan Workshop: Strengthened Indonesian Resilience: Reducing Risk from Disasters, January*, 1–10.
- Ikhlas, M. Z., Husnita, L., & Zulfa, Z. (2022). Memori Kolektif Masyarakat Dalam Peristiwa Gempa 2009 Di Kota Padang (Studi Kasus Kecamatan Padang Barat). *Puteri Hijau : Jurnal Pendidikan Sejarah*, 7(1), 85.
- Ingham, J. (2009). Forensic engineering of fire-damaged structures. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering*, 162(5), 12–17.
- Ioannou, I., Aspinall, W., Rush, D., Bisby, L., & Rossetto, T. (2017). Expert judgment-based fragility assessment of reinforced concrete buildings exposed to fire. *Reliability Engineering and System Safety*, 167, 105–127.
- Juliafad, E., & Gokon, H. (2022). Seismic Fragility Function for Single Storey Masonry Wall Rc Building in Padang City, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 22(94), 39–46.
- Kardiyono Tjokrodinuljo. (1996). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Kebakaran, B. P. (2019). 123110687.
- Kohns, J., Stempniewski, L., & Stark, A. (2022). Fragility Functions for Reinforced Concrete Structures Based on Multiscale Approach for Earthquake Damage Criteria. *Buildings*, 12(8).
- Kunci, K. (2010). *N U R a*. 7(1), 0–6.
- Latip, A. (2016). Analisa Kinerja Struktur Beton Bertulang Pascakebakaran. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 3(2), 91–101.
- Mardhotillah, N. (2017). *Seismic Assessment Using Fragility curves (Case Study:*

- Building A Department of Civil and Environmental Engineering UGM*). 7–8.
- Marianda, D. (2016). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung “Asrama Mahasiswi UGM” Yogyakarta Menggunakan Analisa *Pushover* sesuai Pedoman ATC-40. *Tugas Akhir*.
- Murti, I. W., & Al Kokoh, A. (2021). Identifikasi Bahaya Kebakaran Pada Gedung B Universitas Internasional Semen Indonesia. *Vitruvian Jurnal Arsitektur Bangunan Dan Lingkungan*, 11(1), 77.
- National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers* (2022 ed.). NFPA.
- Nazri, F. M. (2018). *Seismic Fragility Assessment for Buildings due to Earthquake Excitation*.
- Nugraha, H. (2021). UGM dengan Metode Analisis *Pushover* Sesuai Peraturan SNI 1726-2019 (*Seismic Performance Evaluation of Apslc UGM Building With Pushover Analysis Method in Accordance With SNI 1726-2019 Regulation*).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). pedoman sistem manajemen keselamatan konstruksi (permen pupr No. 10 Tahun 2021). *Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia*, 95–140.
- Pitilakis, K., Franchin, P., Khazai, B., & Wenzel, H. (2014). SYNER-G: Systemic seismic vulnerability and risk assessment of complex urban, utility, lifeline systems and critical facilities: Methodology and Applications. *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, 31.
- Putera, L.J., Juliafad, E., & Yusmar, F (2021). Evaluasi Struktur Bangunan Pasar Inpress Blok IV Gedung B dengan Metode *Pushover*. *Cived*, 8(3), 117.
- Rizal, F. (2017). Evaluasi Kekuatan Dan Metode Perbaikan Struktur Beton Pada Gedung Pascakebakaran. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 55–61.
- Rush, D., Bisby, L., Ioannou, I., & Rossetto, T. (2014). Towards fragility analysis for concrete buildings in fire: residual capacity of concrete columns. *8th SiF*, 467–474.
- Sastra Wibawa, I. M., Kubon Tubuh, I. K. D., & Aditya Prawira, P. P. L. (2021). Analisis Kinerja Struktur Gedung Dengan Analisis *Pushover* Pada Proyek

- Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2), 53–61.
- Schneider, U. (1988). Concrete at high temperatures - A general review. *Fire Safety Journal*, 13(1), 55–68.
- Siswanto, S., & Prijasambada, P. (2022). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode *Pushover*. *IKRAITH-Teknologi*, 7(1), 46–52.
- Sousa, R., Batalha, N., Silva, V., & Rodrigues, H. (2021). Seismic fragility functions for Portuguese RC precast buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(15), 6573–6590.
- Srihayati, B. V., Murtiadi, S., & Kencanawati, N. N. (2021). Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Silica Fume Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *SIGMA: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 37–45.
- Subagyo, S. (2021). Perilaku Beton Paska Kebakaran Dan Berbagai Alternatif Solusinya. *CivETech*, 16(1), 53–68. 727
- Suhendro, B. (2000). *Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pascakebakaran*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Sulendra, I. K., & Tatong, B. (2007). Analisis Material Beton Bertulang Pascakebakaran dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya. *Analisis Material Beton ...*, 1, 48–60.
- Susanto, A. (2016). Evaluasi Struktur Pascakebakaran Asrama Santri Pondok Pesantren Darul Qur'an, Wonosari, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Teknisia, Volume XXI, No.1*, 173–179.
- Suwandi, H. P. (2019). Analisis Gempa Non-Linear Static *Pushover* Dengan Metode Atc-40 Untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 1(1), 35.
- Wibawa, T. E., & Suprpto, S. (2011). Pengaruh Temperatur Tinggi terhadap Kekuatan Leleh dan Kuat Tarik pada Bahan Baja Melalui Uji Ketahanan Api. *Jurnal Permukiman*, 6(2), 92.
- Yanto, N., Imani, R., & Andika, Z. (2019). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit Paru Sumatera Barat dengan *Pushover Analysis*. *Civil*

Engineering Collaboration, September, 1–9.

Yogi, M. R. A. (2003). *Studi Komparatif Fragility curve Desain Bangunan Beton Bertulang SRPMK dan SRPMM Wilayah Jakarta dengan peraturan RSNI 03-1726-201x.* 1–10.