

SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology

E-ISSN: 3025-2709 (Online) & P-ISSN: - (Print)

DOI: [10.61510/skyeast.v4i1.87](https://doi.org/10.61510/skyeast.v4i1.87)

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license

Analisis Kerusakan Bangunan Terminal Bandar Udara Internasional Yogyakarta Menggunakan Aplikasi SAP 2000 V22

Ahmad Furqon¹, Dwi Candra Yuniar², Viktor Suryan³

¹Politeknik Penerbangan Indonesia Palembang, Indonesia, email: ahmad_furqon07@kemenhub.go.id

²Politeknik Penerbangan Indonesia Palembang, Indonesia, email: viktor@poltekbangplg.ac.id

³Politeknik Penerbangan Indonesia Palembang, Indonesia, email: candra@poltekbangplg.ac.id

Corresponding Author: ahmad_furqon07@kemenhub.go.id

Abstract: *Yogyakarta International Airport (IATA: YIA, ICAO: WAHI) is an airport located in the Special Region of Yogyakarta, Indonesia, with a terminal area of 219 hectares and a runway measuring 3,250 × 45 meters, capable of accommodating up to 20 million passengers annually. This study analyzes the damage occurring in the airport terminal area using a descriptive qualitative method through field observations and interviews. The observation results indicate that the terminal has experienced minor structural damage. The earthquake-resistant building assessment was conducted by classifying the airport under a seismic spectrum category of 0.8 (Risk Category II according to SNI 1726:2019) with an importance factor (I_e) of 1.0. Structural analysis was performed using SAP2000 V22 software with beam and column dimensions of 40 × 40 cm, concrete compressive strength (f'_c) of 35 MPa, and steel yield strength (f_y) of 240 MPa. The analysis results demonstrate that the structural design remains feasible as a reference for an earthquake-resistant building, as evidenced by the structural performance graphs generated from SAP2000 V22 calculations. Damage repair methods may include epoxy injection for crack treatment and reconstruction of severely damaged structural elements to ensure the continuity of airport operations and maintain optimal service performance.*

Keyword: *building structure; SAP 2000 V22; building damage; YIA; WAHI*

Abstrak: Bandar Udara Internasional Yogyakarta (IATA: YIA, ICAO: WAHI) merupakan bandara yang berlokasi di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan luas terminal 219 Hektar dan *runway* 3.250 x 45 meter yang mampu menampung 20 juta penumpang per tahun. Penelitian ini menganalisis kerusakan yang terjadi pada area terminal bandara menggunakan metode kualitatif deskriptif melalui observasi dan wawancara. Hasil observasi menunjukkan terminal mengalami kerusakan ringan struktural. Perhitungan perencanaan bangunan tahan gempa dilakukan dengan menempatkan bandara pada kategori spektrum gempa 0,8 (Kategori Risiko II sesuai SNI 1726-2019) dengan faktor keutamaan $I_e = 1,0$. Menggunakan aplikasi SAP 2000 V22 dengan dimensi balok 40/40 dan kolom 40/40, kuat tekan beton $f'_c = 35$ MPa, dan $f_y = 240$ MPa, analisis struktur menunjukkan perencanaan layak digunakan sebagai acuan bangunan tahan gempa dengan dibuktikan grafik kelayakan dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP 2000 V22. Metode perbaikan kerusakan dapat dilakukan dengan injeksi *epoxy* pada retakan dan rekonstruksi elemen struktural yang rusak berat untuk menjamin keberlangsungan operasional bandara secara optimal.

Kata Kunci: struktur bangunan; SAP 2000 V22; kerusakan bangunan; YIA; WAHI

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penumpang moda transportasi penerbangan terus bertambah, terkhusus di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengalami peningkatan signifikan. Pada tahun 2023 tercatat terjadi peningkatan jumlah penumpang sebesar 46 persen dari tahun 2022, yaitu sebanyak 4.307.702 orang (Suwarta, 2024). Hal ini mengharuskan penyedia layanan penerbangan untuk mempersiapkan pelayanan yang aman dan nyaman bagi para pengguna Bandar udara.

Berdasarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 2009, bandar udara merupakan area yang dipergunakan pesawat untuk mendarat dan lepas landas, perpindahan penumpang, serta sebagai peralihan antar moda transportasi (Kemenhub, 2009). Bandar Udara Internasional Yogyakarta (YIA) yang terletak di Kabupaten Kulon Progo merupakan proyek besar yang bertujuan mengatasi keterbatasan infrastruktur Bandar Udara Adisutjipto yang tidak lagi memadai.

Kawasan Bandar Udara Internasional Yogyakarta memiliki risiko tinggi terhadap gempa bumi. Pada tahun 2023, Daerah Istimewa Yogyakarta mengalami gempa sebanyak 2.202 kali (Hakim, 2024). Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 20 Tahun 2005, terminal penumpang harus mampu menampung kegiatan operasional, administrasi, dan komersial serta memenuhi persyaratan keamanan dan keselamatan operasi penerbangan (Perhubungan, 2005).

Selama kegiatan *On The Job Training* pada tahun 2023, peneliti menemukan kerusakan bangunan pada beberapa bagian terminal, yaitu: (1) tiga dinding mengalami keretakan, (2) area lahan parkir mengalami penurunan bangunan, dan (3) kebocoran pada bangunan di area penghubung terminal. Kerusakan yang tidak ditindaklanjuti secara serius dapat menimbulkan masalah baru (Kempa, 2018).

Kerusakan pada bangunan terminal bandar udara pernah terjadi di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang, pada tanggal 22 Februari 2024 mengalami pada saat terjadi cuaca buruk yaitu hujan deras, sehingga terjadi kebocoran pada bagian terminal. Kejadian ini terjadi akibat adanya penyumbatan kotoran pada bagian atap terminal, namun pada dasarnya hal ini tidak boleh terjadi terkhusus pada daerah bandar udara karena dapat membahayakan penumpang maupun calon penumpang (Trisno, 2024).

Analisis perhitungan struktur bangunan yang tahan gempa pernah dilakukan oleh Mochammad Rizal Fadhillah (2020). Pada penelitian ini menghasilkan perhitungan yang menggunakan aplikasi yaitu ETABS, hal ini sama dengan peneliti yang melakukan perhitungan menggunakan aplikasi namun pada penelitian ini, peneliti menggunakan aplikasi yaitu SAP 2000 V22 karena dapat menghitung beban bergerak pada sebuah bangunan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis dan penyebab kerusakan yang terjadi pada bangunan terminal YIA, melakukan perhitungan perencanaan struktur bangunan tahan gempa menggunakan SAP 2000 V22, serta memberikan rekomendasi metode perbaikan yang tepat agar terminal dapat beroperasi secara optimal.

KAJIAN PUSTAKA

Bangunan Gedung

Bangunan gedung merupakan hasil konstruksi fisik yang terintegrasi dengan lokasi tempatnya berdiri, berfungsi sebagai tempat bagi manusia untuk melakukan berbagai aktivitas. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 24 Tahun 2008, fungsi bangunan gedung mencakup hunian, keagamaan, usaha, sosial budaya, dan fungsi khusus yang harus memenuhi persyaratan administratif dan teknis (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008).

Kerusakan Bangunan

Menurut Dardiri, kerusakan bangunan merupakan proses melemahnya kekuatan suatu bangunan dan penurunan ketahanan konstruksi akibat beban yang melebihi kapasitasnya (Kempa, 2018). Menurut Peraturan Menteri PU No. 24 Tahun 2008, kerusakan bangunan

adalah tidak berfungsinya bangunan atau komponen bangunan akibat penyusutan maupun berakhirnya umur bangunan yang diakibatkan oleh perilaku manusia maupun alam seperti gempa.

Intensitas kerusakan bangunan dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu: (1) Kerusakan Ringan, terjadi pada komponen non-struktural dengan biaya perawatan maksimum 35% dari harga satuan tertinggi pembangunan baru; (2) Kerusakan Sedang, terjadi pada sebagian komponen struktural dan/atau non-struktural dengan biaya perawatan maksimum 45%; dan (3) Kerusakan Berat, terjadi pada sebagian komponen struktural dengan biaya perawatan 65% dari harga satuan tertinggi.

Terminal Bandar Udara

Terminal bandar udara merupakan tempat bagi calon penumpang dalam menggunakan moda transportasi udara. Terminal penumpang harus mampu menampung kegiatan operasional, administrasi, dan komersial serta memenuhi persyaratan keamanan dan keselamatan operasi penerbangan. Kenyamanan dan Keamanan baik untuk calon penumpang maupun penumpang merupakan hal yang sangat perlu diperhatikan bagi pengelola Bandar Udara (Silitonga, 2018).

SAP 2000 V22

SAP 2000 atau *Structure Analytics Program* merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam bidang teknik sipil untuk menganalisis dan menghitung struktur pada bangunan. Aplikasi ini relevan untuk melakukan perhitungan terhadap perencanaan bangunan tahan gempa (Suryan, 2024).

Kajian yang Relevan

Beberapa penelitian relevan telah dilakukan sebelumnya. Ariyanto (2020) dan Wahyudi (2021) melakukan penelitian kerusakan pada gedung bertingkat dan menghasilkan metode perbaikan serta anggaran perbaikan. Bawono (2016) meneliti dampak gempa terhadap kerusakan bangunan di Bantul, menghasilkan bahwa gempa merupakan salah satu faktor kerusakan tergantung titik lokasi gempa. Pinondang (2020) merekomendasikan penerapan konsep bangunan tahan gempa sesuai SNI-03-1726-2012 untuk mencegah keruntuhan akibat gempa berulang.

Fadhillah (2020) melakukan perhitungan struktur bangunan tahan gempa menggunakan ETABS, sementara penelitian ini menggunakan SAP 2000 V22 sebagai alat analisis. Khoeri (2021) membahas perbaikan dan perkuatan struktur bangunan akibat gempa, yang sangat relevan dengan penelitian ini. Titin Sundari (2020) juga melakukan perhitungan menggunakan SAP 2000 dan menghasilkan bahwa simpangan lantai harus lebih kecil dari yang diinginkan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif deskriptif. Menurut Sugiyono (2019), metode kualitatif deskriptif digunakan berlandaskan filsafat untuk menjelaskan serta mencari informasi dalam proses pelaksanaan penelitian. Penelitian dilakukan dengan menganalisis data serta melakukan observasi melalui wawancara untuk menentukan hasil dan melakukan perencanaan.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui dua teknik. Pertama, observasi yang dilakukan pada saat kegiatan *On The Job Training* di Bandar Udara Internasional Yogyakarta pada unit *Airport Facilities*. Kedua, wawancara yang dilakukan terhadap tiga narasumber yang memiliki kompetensi di bidang bangunan, yaitu supervisor teknik bangunan YIA, dengan pertanyaan yang meliputi aspek pemeliharaan, metode pengerjaan, inspeksi, faktor penyebab

kerusakan, dan perbaikan.

Teknik Validasi Data

Validitas data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik triangulasi. Menurut Sugiyono (2019), triangulasi merupakan teknik pemeriksaan keabsahan data yang memanfaatkan berbagai sumber dan metode pengumpulan data untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan dapat dipercaya.

Penelitian ini menggunakan triangulasi sumber dan triangulasi teknik. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari beberapa narasumber yang memiliki kompetensi di bidang bangunan dan pemeliharaan fasilitas bandar udara, sehingga data yang diperoleh dapat diverifikasi kebenarannya. Sementara itu, triangulasi teknik dilakukan dengan membandingkan hasil observasi lapangan, hasil wawancara, dokumentasi kerusakan bangunan, serta data teknis yang diperoleh dari unit *Airport Facilities* Bandar Udara Internasional Yogyakarta.

Selain itu, hasil observasi mengenai kondisi kerusakan bangunan dibandingkan dengan hasil wawancara dan data pemeliharaan yang tersedia untuk memastikan kesesuaian informasi terkait jenis kerusakan, faktor penyebab, serta metode perbaikan yang diterapkan. Dengan demikian, data yang digunakan dalam penelitian memiliki tingkat kredibilitas dan validitas yang lebih baik.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Bandar Udara Internasional Yogyakarta dari November 2023 hingga Juli 2024. Tahap observasi dilaksanakan selama OJT hingga Februari 2024, analisis kerusakan dan wawancara pada Maret–Mei 2024, dan perencanaan pada Juni–Juli 2024.

Alat Analisis

Perhitungan struktur bangunan tahan gempa dilakukan menggunakan aplikasi SAP 2000 V22. Data spektrum respons gempa diperoleh dari *website* puskim.pu.go.id sesuai lokasi Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Klasifikasi bangunan ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Observasi

Observasi lapangan yang dilakukan pada terminal Bandar Udara Internasional YIA mengidentifikasi tiga jenis kerusakan utama sebagai berikut.

Pertama, keretakan pada Daerah Keberangkatan: terdapat keretakan ringan struktural pada dinding di area keberangkatan dengan panjang retakan 2,57 meter dan lebar 1,0 mm. Kedua, keretakan pada Daerah Kedatangan: ditemukan keretakan dengan panjang 2,13 meter dan lebar 2,00 mm pada dinding di area kedatangan. Ketiga, penurunan bangunan pada Area Parkir: terdapat bagian bangunan yang mengalami penurunan aktif sebesar 0,7 mm per hari selama dua minggu berdasarkan pengecekan berkala, dengan panjang area terdampak 1,47 meter.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 24 Tahun 2008, kerusakan yang ditemukan termasuk dalam kategori kerusakan ringan struktural, yaitu terjadi pada komponen struktural namun tidak mengancam keselamatan secara langsung.

Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan terhadap tiga narasumber yang merupakan *Airport Facilities Supervisor* di YIA. Dari aspek pemeliharaan, ketiga narasumber menyatakan bahwa pemeliharaan dilakukan setiap hari mengacu pada regulasi Kementerian PU. Dari aspek inspeksi, inspeksi menyeluruh dilaksanakan setiap tiga bulan dan hasil inspeksi terakhir masih menemukan beberapa kerusakan pada bangunan.

Terkait faktor penyebab kerusakan, ketiga narasumber bersepakat bahwa gempa bumi merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan keretakan pada bangunan bertingkat seperti terminal bandara, dikarenakan gempa menyebabkan getaran serta gesekan yang terus-menerus pada struktur bangunan.

Perhitungan Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah dengan intensitas gempa yang cukup tinggi. Perhitungan perencanaan bangunan tahan gempa dilakukan menggunakan aplikasi SAP 2000 V22 dengan data spesifikasi bangunan sebagaimana tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Dimensi dan Beban Bangunan Terminal YIA

Parameter	Nilai
Dimensi Balok	40/40 cm
Dimensi Kolom	40/40 cm
Tebal Plat Lantai	25 cm
Tebal Plat Atap	20 cm
Kuat Tekan Beton ($f'c$)	35 MPa
Tegangan Leleh Baja (f_y)	240 MPa
Beban Mati Lantai	1,68 kN/m ²
Beban Mati Atap	0,96 kN/m ²
Beban Hidup Lantai	2,75 kN/m ²
Beban Hidup Atap	1,25 kN/m ²
Kategori Risiko Bangunan	II (Bangunan Industri)
Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	1,0
Spektrum Gempa	0,8 (Kategori DIY)

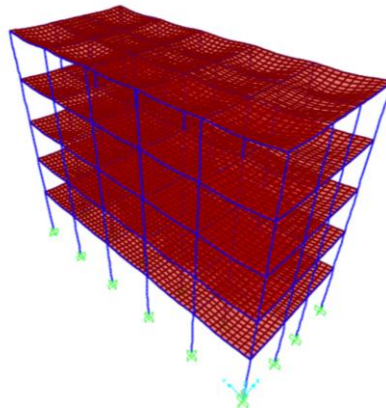
Berdasarkan SNI 1726-2019, bangunan terminal bandara termasuk dalam Kategori Risiko II sebagai bangunan industri, dengan faktor keutamaan gempa $I_e = 1,0$. Data spektrum respons desain diperoleh dari website puskim.pu.go.id untuk wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Data *Response Spectrum* Gempa Provinsi DIY

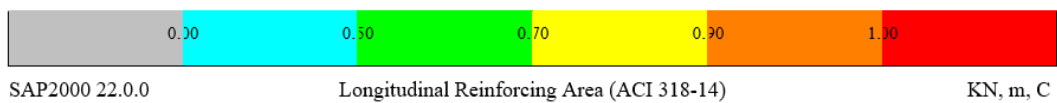
T (s)	SA (g)	T (s)	SA (g)
0	0,312	1,06	0,575
0,10	0,602	1,26	0,484
0,16	0,780	1,46	0,418
0,26	0,780	1,66	0,367
0,36	0,780	1,86	0,328
0,56	0,780	2,06	0,296
0,76	0,780	2,26	0,270
0,86	0,710	2,56	0,238
0,96	0,636	3,06	0,199

Sumber: puskim.pu.go.id

Hasil analisis menggunakan SAP 2000 V22 dengan memasukkan data pembebanan gempa sesuai spektrum daerah DIY menunjukkan bahwa perencanaan dengan kolom 40/40 dan balok 40/40 menghasilkan indikator kekuatan yang layak. Tampilan 3D pada aplikasi memperlihatkan distribusi beban yang merata pada seluruh elemen struktural.



Sumber : Dokumentasi Pribadi
Gambar 1 Running Test Stress Rasio SAP 2000



Sumber : Dokumentasi Pribadi
Gambar 2 Grafik Kelayakan Uji

Pembahasan

Dari hasil observasi dan wawancara, ditemukan bahwa kerusakan pada terminal YIA merupakan kerusakan ringan struktural yang disebabkan oleh beberapa faktor, dengan gempa bumi sebagai faktor utama. Hal ini sesuai dengan penelitian Bawono (2016) yang menyatakan bahwa gempa bumi merupakan salah satu faktor kerusakan bangunan yang bergantung pada titik lokasi gempa.

Hasil perhitungan SAP 2000 V22 menunjukkan bahwa perencanaan dengan balok 40/40 dan kolom 40/40 pada spektrum gempa 0,8 (Kategori II) dengan $I_e = 1,0$ menghasilkan struktur yang layak. Indikator kekuatan pada kolom dan balok menunjukkan nilai yang sesuai dengan beban yang akan diterima, termasuk plat lantai maupun plat atap. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fadhillah (2020) dan Titin Sundari (2020) yang menggunakan pendekatan serupa.

Untuk metode perbaikan kerusakan, peneliti merekomendasikan pendekatan Hadibroto (2018), yaitu: (1) injeksi air semen atau bahan *epoxy* ke dalam retakan kecil pada dinding, balok, dan kolom; (2) penambahan jaringan tulangan pada dinding, balok, atau kolom yang mengalami retakan besar kemudian diplester kembali; (3) pembongkaran bagian dinding yang terbelah dan penggantian dengan dinding baru dengan spesi yang lebih kuat; serta (4) pembongkaran bagian kolom atau balok yang rusak, perbaikan tulangan, dan pengecoran ulang.

Terkait intensitas inspeksi, peneliti merekomendasikan peningkatan frekuensi inspeksi menyeluruh dari tiga bulan sekali menjadi satu bulan sekali, untuk memastikan kondisi bangunan terpantau secara berkala dan penanganan kerusakan dapat dilakukan lebih dini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, bangunan terminal Bandar Udara Internasional YIA terbukti mengalami kerusakan ringan struktural pada dinding dan kolom sehingga mengurangi daya tahan penopang bangunan. Namun demikian, hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP2000 V22 menegaskan bahwa bangunan masih layak digunakan karena elemen-elemen struktur utama masih mampu menahan beban yang bekerja sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Faktor penyebab kerusakan diidentifikasi bersumber dari aktivitas gempa bumi, di mana wilayah bandara masuk dalam kategori spektrum gempa 0,8 pada Kategori Risiko II sesuai SNI 1726:2019. Perencanaan menggunakan kolom 40/40 cm dan balok 40/40 cm yang telah divalidasi oleh ahli bangunan menghasilkan struktur yang layak dijadikan acuan pembangunan tahan gempa di kawasan tersebut.

Metode perbaikan yang direkomendasikan mencakup injeksi epoxy pada area keretakan dan perbaikan bagian bangunan yang mengalami penurunan. Secara lebih luas, penelitian ini memberikan kontribusi pada bidang rekayasa bangunan tahan gempa di kawasan dengan intensitas seismik tinggi, khususnya dalam hal metodologi analisis berbasis SAP2000 V22 dan penentuan kategori spektrum gempa sesuai SNI 1726:2019. Agar terminal dapat beroperasi secara optimal dan aman dalam jangka panjang, diperlukan evaluasi berkelanjutan terhadap kondisi bangunan, peningkatan frekuensi inspeksi menyeluruh, serta penerapan perencanaan bangunan yang sesuai dengan karakteristik spektrum gempa daerah setempat.

Sebagai pengembangan dari penelitian ini, disarankan agar penelitian selanjutnya melakukan analisis struktur menggunakan metode nonlinier, seperti *pushover analysis* dan *time history analysis*, untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perilaku bangunan terhadap beban gempa yang lebih besar. Selain itu, perlu dilakukan kajian mengenai interaksi tanah dan struktur (*soil-structure interaction*) serta evaluasi efektivitas metode perbaikan yang telah diterapkan guna mengetahui kinerja bangunan dalam jangka panjang. Hasil penelitian lanjutan tersebut diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan desain bangunan terminal bandar udara yang lebih aman, andal, dan tahan terhadap risiko gempa di wilayah dengan tingkat aktivitas seismik tinggi.

REFERENSI

- Ariyanto, A. S. (2020). Analisis jenis kerusakan pada bangunan gedung bertingkat (studi kasus pada gedung apartemen dan hotel Candiland Semarang). *Bangun Rekaprima*, 6(1), 48–52.
- Bawono, A. S. (2016). Studi kerentanan bangunan akibat gempa: studi kasus perumahan di Bantul. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 19, 90–97.
- Budiono, B. (2016). Perilaku struktur bangunan dengan ketidakberaturan vertikal tingkat lunak berlebihan dan massa terhadap beban gempa. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 23(2), 117.
- Fadhillah, R. (2020). Metode analisis perhitungan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(3), 8.
- Firmansyah, A. (2019). Perencanaan struktur gedung LFC beton bertulang tahan gempa dengan menggunakan sistem ganda pada daerah gempa tinggi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 7(2), 83–92.
- Hadibroto, B. (2018). Perbaikan dan perkuatan bangunan sederhana akibat gempa. *Unimed*, 4(1), 9.
- Hakim, L. (2024). DIY dilanda 2.202 kali gempa bumi dalam setahun. *Antara News*. <https://www.antaraneews.com/berita/3895185/diy-dilanda-2202-kali-gempa-bumi-dalam-setahun>
- Kempa, M. (2018). Analisis tingkat kerusakan bangunan gedung sekolah menengah pertama (SMP) di Maluku. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(2), 82–97.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2008). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 24 Tahun 2008 tentang pedoman pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung*. Kementerian PU.
- Khoeri, H. (2021). Pemilihan metode perbaikan dan perkuatan struktur akibat gempa. *Jurnal Konstruksia*, 12(1), 99.
- Perhubungan, K. (2005). *Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 20 Tahun 2005 tentang standar nasional mengenai terminal penumpang bandar udara sebagai standar wajib*. Kementerian Perhubungan.
- Pinondang, S. (2020). Evaluasi kerusakan bangunan akibat gempa di Indonesia. *Centech*, 1(1), 44–53.
- Pusat Perundang-undangan. (2009). *Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang penerbangan*.
- Silitonga, B. (2018). Studi mengenai pemeliharaan gedung terminal dan runway bandar udara

- internasional. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 2(1), 87.
- Siswanto, A. B. (2018). Kriteria dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 7(2), 2–7.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sundari, T. (2020). Analisis statik beban gempa pada perencanaan struktur gedung rektorat Unhasy Tebuireng Jombang. *Rekayasa Sipil*, 14(3), 215.
- Suryan, V. (2024). Green concrete: residu pembakaran sampah plastik dan tekstil sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(1), 192–199.
- Suwarta. (2024). AP I: Penumpang di Bandara YIA selama 2023 sebanyak 4.307.702 orang. *Antara News*. <https://www.antaraneews.com/berita/3896862>
- Wahyudi. (2021). Analisa tingkat kerusakan bangunan gedung asrama atlit sport centre Rumbai. *Jurnal Teknik*, 15(2), 166–173.
- Yusmar, F. (2021). Studi komparasi perhitungan beban gempa statik ekuivalen menggunakan aplikasi metode element hingga dengan SNI 1726 2019. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 116.
- Zebua, A. W. (2018). Analisa gaya gempa bangunan rumah tinggal di wilayah gempa tinggi. *Jurnal Sipil*, 1(3), 5.
- News, K. (2024). Atap Bandara Abdulrachman Saleh Malang Bocor, Air Ngucur Deras. <https://kumparan.com/kumparannews/atap-bandara-abdulrachman-saleh-malang-bocor-air-ngucur-deras-22DRcMFOXmX/full>