

Pemeriksaan Cepat Struktur Bangunan Terdampak Gempa Bumi Cianjur

Usman Wijaya*, Iwan Aang Soenandi,
Krida Wacana Christian University
*Email : usman.wijaya@ukrida.ac.id

Abstrak

Di Indonesia saat akhir November 2022, terjadi gempa berkekuatan 5,6 SR di Kecamatan Cugenang, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Oleh karena itu, beberapa bangunan di kawasan tersebut terkena dampak negatif, beberapa di antaranya mengalami kerusakan struktural yang parah atau bahkan runtuh total. Oleh karena itu, struktur konstruksi, terutama perumahan dan bangunan umum seperti masjid dan sekolah, harus diperiksa secara singkat dan bersifat tidak merusak. Tujuan dari pengamatan ini akan menilai kerusakan akibat gempa Cianjur, mengurangi dampaknya jika terjadi gempa susulan, dan menilai kelayakan bangunan dalam jangka panjang. Metode pengamatan dan pengujian yang diterapkan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini menunjukkan bahwa bentuk-bentuk kerusakan bangunan yang khas, seperti reruntuhan dan retakan pada dinding, rangka atap, serta detail perkuatan dan sistem struktur yang diterapkan pada bangunan, tetap harus mengikuti peraturan terkait di Indonesia. Sebaliknya, struktur dengan kondisi struktur dan material yang baik yang dirancang oleh insinyur struktur hanya mengalami kerusakan kecil pada bagian non-struktural, seperti dinding. **Kata kunci:** penilaian singkat, kerusakan structural, bangunan umum, pengujian tidak merusak

Abstract

In Indonesia, at the end of November 2022, an earthquake with a magnitude of 5.6 struck Cugenang Subdistrict, Cianjur Regency, West Java. As a result, several buildings in the area were negatively affected, with some experiencing severe structural damage or even total collapse. Therefore, construction structures, especially residential and public buildings such as mosques and schools, need to be inspected quickly and non-destructively. The purpose of this observation is to assess the damage caused by the Cianjur earthquake, mitigate its impact in the event of aftershocks, and evaluate the long-term feasibility of the buildings. The observation and testing methods applied in this community service activity indicate that typical forms of building damage, such as debris and cracks in walls, roof frames, and reinforcement details, as well as the structural systems applied to buildings, must comply with relevant regulations in Indonesia. Conversely, structures with good structural conditions and materials designed by structural engineers only suffered minor damage to non-structural parts, such as walls..

Keywords: *brief assessment, structural damage, public buildings, non-destructive test*

I PENDAHULUAN

Pada akhir November 2022 terjadi gempa sebesar 5,6 Magnitudo di Kecamatan Cugenang Kabupaten Cianjur, Jawa Barat (Mokodenseho et al., 2023). Hal ini mengakibatkan beberapa bangunan di sekitar lokasi tersebut terkena dampak yang berakhir pada kerusakan pada elemen struktur bahkan sampai terjadi bangunan rubuh dan rusak parah. Untuk itu, perlu diadakan evaluasi struktur bangunan khususnya pada bangunan rumah penduduk, fasilitas umum seperti rumah ibadah dan sekolah. Selain itu rumah ibadah dan sekolah juga merupakan bangunan vital pasca gempa. Rumah ibadah dan sekolah digunakan untuk tempat evakuasi sementara karena rumah penduduk yang rusak terdampak gempa bumi. Serangkaian kegiatan pemeriksaan bangunan ini merupakan bagian dari program kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) dikti bagi korban bencana alam gempa bumi Desember 2022 Cugenang – Cianjur, Jawa Barat.

Dalam evaluasi bangunan rumah penduduk dan fasilitas umum pasca gempa bumi Cugenang-Cianjur ini, pemeriksaan elemen struktur dan non struktur serta rekomendasi perbaikan menjadi fokus kajian. Model pemeriksaan berupa visual cek sebagai langkah awal untuk memetakan kondisi dan kerusakan yang ada pada bangunan yang nantinya dilanjutkan dengan observasi lanjutan untuk mengetahui apakah bangunan tersebut masih layak atau tidak untuk digunakan, dilaksanakan oleh ketua pelaksana kegiatan abmas ini dari latar belakang Teknik Sipil yang telah mempublikasi beberapa penelitian terkait gempa (Wijaya et al., 2020). Pentingnya dilakukannya observasi lanjutan pada bangunan rumah ibadah ini adalah untuk mengetahui dampak kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi Cianjur, meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila dikemudian hari terjadi gempa susulan dan mengetahui kelayakan bangunan tersebut untuk digunakan dalam jangka panjang. Pada observasi bangunan rumah

penduduk dan fasilitas umum ini menggunakan analisis berdasarkan peraturan dan standar yang berlaku.

Tujuan dilakukannya PKM ini adalah untuk memberikan bantuan pemeriksaan dan pengujian cepat struktur bangunan masyarakat terdampak gempa bumi Cianjur yang selanjutnya dapat dijadikan acuan untuk memberikan rekomendasi bagaimana membangun bangunan tahan gempa bagi masyarakat di masa depan.

Adapun sasaran dari kegiatan ini adalah masyarakat yang terdampak gempa bumi Cianjur diantaranya rumah penduduk Desa Wangunjaya, Desa Pasir Tunagan, Desa Rancagong, Desa Muka, Desa Limbangan Sari, fasilitas umum seperti sekolah negeri, pondok pesantren, masjid, dan gereja.

II RUMUSAN MASALAH

Permasalahan pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, bermula dari kejadian Gempa Cugenang Cianjur akhir November 2022 menyebabkan banyak bangunan rusak, termasuk juga bangunan fasilitas umum seperti rumah ibadah dan sekolah., misalnya masih ditemukannya penggunaan tulangan polos pada balok dan kolom. Kabupaten Cianjur sendiri merupakan wilayah dengan potensi gempa yang cukup besar sehingga kekakuan dan daktilitas struktur bangunan harus didesain dan dibangun sesuai dengan aturan dan standar yang berlaku. Sementara itu ada juga beberapa bangunan lain yang terlihat secara visual bahwa struktur existing masih mampu menahan pengaruh gaya gempa yang terjadi. Bangunan tetap mengalami kerusakan, tetapi kerusakan yang terjadi hanya pada elemen non-struktural (Wiyanto et al., 2022) seperti keretakan minor pada dinding, keramik yang lepas dan keruntuhan plafond pada beberapa sudut ruangan. Beberapa kerusakan yang cukup parah dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan kondisi kerusakan pada bangunan rumah penduduk dimana terjadi keruntuhan pada seluruh plafond, dan kerusakan pada bukaan pintu, dan dinding tembokan.



Gambar 1. Foto Kerusakan pada Bangunan Rumah Penduduk

Sedangkan kondisi kerusakan parah sampai dinding rubuh, keretakan parah pada dinding, kerusakan parah pada bukaan jendela dan pintu, dinding tembokan terjadi pada bangunan fasilitas umum seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Kerusakan pada Bangunan Sekolah



Gambar 3. Kerusakan pada Bangunan Masjid

Selanjutnya kerusakan parah seperti terlihat pada Gambar 4. Salah satu bagian bangunan Pondok Pesantren yang menunjukkan kerusakan pada dinding dan kolom akibat terjadi sendi plastis kolom.



Gambar 4. Kerusakan pada Bangunan Pondok Pesantren

Selain itu ada juga bangunan fasilitas umum yang mengalami kerusakan ringan seperti terlihat pada Gambar 5 dimana kerusakan yang terjadi hanya pada elemen non-struktural yaitu retak minor pada dinding dimana keretakan ini memiliki pola diagonal/miring yang disebabkan gaya geser akibat beban gempa. Selain itu terjadi juga kerusakan pada lantai dimana keramik lepas akibat gaya gempa vertical yang terjadi pada bangunan gereja.



Gambar 5. Kerusakan Bangunan Gereja

Berdasarkan hasil evaluasi ini, tim pelaksana dapat memberikan informasi sekaligus rekomendasi mengenai kelayakan bangunan terhadap keamanan dan keselamatan masyarakat. Apakah bangunan masih dapat dihuni dan digunakan lagi atau harus dilakukan perkuatan dan renovasi atau bahkan pembongkaran total dan dibangun ulang. Hasil evaluasi disampaikan oleh tim pelaksana kepada pemilik bangunan seperti terlihat pada Gambar 6 sampai 8.



Gambar 6. Penjelasan Hasil Evaluasi Kepada Kepala Sekolah



Gambar 7. Penjelasan Hasil Evaluasi Kepada penduduk Pemilik Bangunan



Gambar 8. Penjelasan Hasil Evaluasi Kepada Gereja

Adapun fungsi dan manfaat dari kegiatan ini adalah dapat membantu pemetaan kerusakan bangunan yang terdampak bencana gempa bumi Cianjur serta memberikan pertimbangan serta metode-metode perbaikan struktur bangunan yang tahan gempa, sehingga dapat meminimalisir apabila terdapat bencana gempa bumi di masa mendatang diantaranya adalah pentingnya memahami pembuatan konstruksi bangunan yang memenuhi syarat agar bangunan umum tersebut dapat bertahan dari gempa.

III METODE

Metode pelaksanaan pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dimulai dari pemeriksaan cepat bangunan rumah penduduk dan fasilitas umum yang mengalami kerusakan pasca gempa bumi Cianjur dilakukan dengan investigasi secara

visual dengan memeriksa kerusakan pada struktur beton bertulang seperti balok dan kolom, rangka atap serta tembokan. Setelah dilakukan investigasi visual maka selanjutnya dilakukan investigasi lanjutan dengan melakukan pengujian secara non destruktif menggunakan *Ultra Pulse Velocity* (UPV) dan Profometer. Evaluasi struktur bangunan yang masih layak digunakan dengan atau tanpa perkuatan struktur menjadi prioritas dalam kajian ini. Evaluasi singkat dan cepat dilakukan untuk evaluasi struktur bangunan existing (J. Helal et al., 2015) (American Society of Civil Engineers, 2017)

Pelaksanaan pemeriksaan cepat, observasi singkat, dan usulan perbaikan struktur bangunan rumah penduduk dan fasilitas umum ini melibatkan partisipasi mitra warga desa Wangunjaya, Pasir Tunagan, Rancagong, Muka, Limbangsari, dan pimpinan dari perwakilan sekolah, pondok pesantren, masjid, dan gereja sebagai pemilik bangunan.

Evaluasi program dan keberlanjutan di lapangan dengan melakukan usulan perkuatan dan perbaikan struktur dengan melibatkan peran mahasiswa dalam membantu mengumpulkan data dan membantu analisis serta evaluasi bangunan eksisting. Gambar 9 di bawah ini merupakan contoh kerusakan bangunan yang terjadi akibat gempa, yaitu retakan pada dinding dan kolom, terkelupasnya selimut beton, bahkan hingga dinding pada bangunan rubuh.



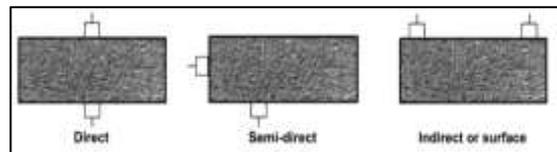
Gambar 9. Contoh Kerusakan Bangunan.

A. *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) Test
Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Test adalah salah satu metode dalam pengujian tidak merusak atau *Non-Destructive Testing*

(NDT) untuk mengidentifikasi mutu integritas material dengan pendekatan rambatan gelombang ultrasonik pada material tersebut (Cook et al., 2023). UPV Test sering digunakan di dunia konstruksi untuk mengetahui kualitas beton existing. UPV Test dilaksanakan berdasarkan standar pengujian BS 1881-203; ASTM C597. Pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa metode berikut:

1. *Direct method* yaitu transmitter dan receiver berada pada dua permukaan yang paralel.
2. *Semi-direct method*, yaitu transmitter dan receiver berada pada dua permukaan yang saling tegak lurus.
3. *Indirect method* dimana kedua transducer berada pada permukaan yang sama.

Metode *direct transmission* direkomendasikan untuk dilakukan dalam mengambil data karena memiliki keandalan yang baik. Tetapi metode ini sering terkendala dengan praktek dilapangan. Jika *direct transmission* tidak memungkinkan untuk dilakukan maka bisa digunakan metode lainnya seperti *semi-direct transmission* dan *indirect transmission*, akan tetapi metode *indirect transmission* memiliki hasil yang kurang andal sehingga dalam pembacaannya perlu untuk diberikan koefisien reduksi (Wijaya, 2019). UPV Test bekerja berdasarkan pengukuran waktu tempuh gelombang ultrasonik yang menjalar dalam struktur beton. Gelombang ultrasonik disalurkan dari *transmitter transducer* yang ditempatkan dipermukaan beton melalui material beton menuju *receiver transducer* dan waktu tempuh gelombang tersebut diukur oleh Read-Out unit PUNDIT (*Portable Unit Non-Destructive Indicator Tester*) dalam mikro detik (msec). Kedua *transducer* tersebut dapat ditempatkan secara *direct*, *semi direct* atau *indirect* seperti diilustrasikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Metode Pengukuran UPV Test

Karena jarak antara kedua transducer ini telah diketahui, maka kecepatan gelombang ultrasonik dalam material beton dapat dihitung, yaitu tebal beton dibagi dengan waktu tempuh. Karena kecepatan rambat gelombang adalah merupakan fungsi dari kepadatan material, maka dengan diketahuinya cepat rambat gelombang ultrasonik di dalam beton, kecepatan tersebut dapat dikorelasikan ke nilai kepadatan beton, yang selanjutnya dapat dikorelasikan lagi ke mutu beton, berdasarkan grafik empiris hubungan kecepatan rambat gelombang dengan mutu beton yang sudah diuji dalam lingkungan yang sama (Malhotra & Carino, 2003). Selain pengukuran kualitas beton UPVT digunakan juga untuk mengukur kedalaman retak dan keberadaan *honeycomb* pada beton. Tampilan alat yang digunakan seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Alat UPV Test

B. Profometer Test

Profometer Test salah satu metode dalam pengujian tidak merusak atau *Non-Destructive Testing* (NDT) untuk mengidentifikasi kedalaman material metalik atau non metalik objek dalam suatu material (Wijaya et al., 2020). Metode testing ini dalam dunia konstruksi biasa digunakan dalam material beton, selimut beton, lokasi baja tulangan, dan diameter baja tulangan

pada beton bertulang yang biasa dikenal sebagai *Rebar Scan*, tampilan alat rebar scan dapat dilihat pada Gambar 12 (J. Helal et al., 2015). *Rebar Scan* ini bekerja menggunakan sinyal gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik ini dipancarkan ke dalam material beton dan di pantulkan kembali pada *receiver* sehingga *coil* pada *probe* secara periodik dibebani arus gelombang sehingga menghasilkan medan magnet. Pada permukaan bahan yang konduktif akan menginduksi medan magnet dalam arah yang berlawanan. Perubahan yang dihasilkan dalam tegangan ini yang digunakan untuk pengukuran. Baja tulangan yang lebih dekat dengan probe atau ukuran yang lebih besar akan menghasilkan medan magnet yang kuat. Proses sinyal tersebut selain membantu melokalisasi pembacaan baja tulangan, juga dapat menentukan tebal cover beton dan mengestimasi diameter tulangan. Metode ini tidak dipengaruhi oleh bahan non konduktif seperti beton, kayu, plastik, batu bata, dll. Namun setiap jenis bahan konduktif dalam medan magnet akan memiliki pengaruh pada hasil pengukuran.

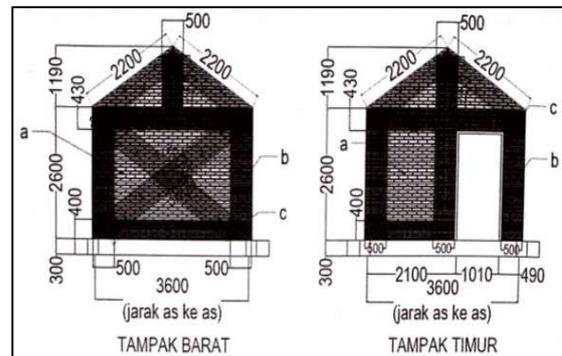


Gambar 12. Alat Rebar Scan

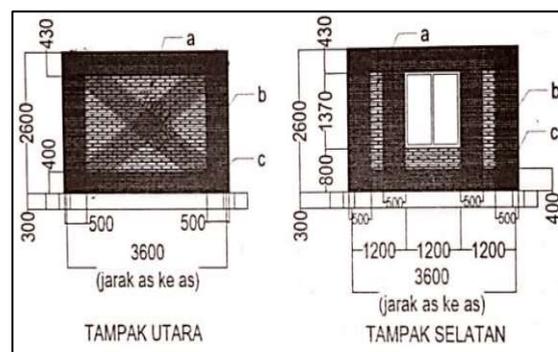
C. Memberikan Penyuluhan Terkait Perkuatan Tembok Pasca Gempa

Tim pengabdian masyarakat melakukan penyuluhan dengan didasari metode yang dapat digunakan untuk perkuatan tembok pada bangunan pasca gempa dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14 yaitu penjelasan untuk:

1. Skematik bangunan tembok yang diperkuat dengan balutan kawat anyaman.



Gambar 13. Tampak Belakang Skematik Perkuatan Tembok



Gambar 14. Detail Perkuatan Tembok dengan Kawat Anyaman

2. Lebih lanjut tim pengabdian kepada masyarakat menjelaskan beberapa contoh foto bangunan tembok yang diperkuat dengan balutan kawat anyaman dapat dilihat pada Gambar 15 sampai Gambar 19.



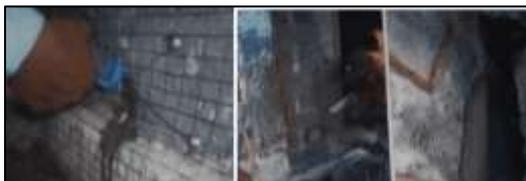
Gambar 15. Paku Sebagai Dudukan Kawat Anyaman



Gambar 16.
Kawat Anyaman Berjarak 1 Meter dari Dinding Bata



Gambar 17.
Lapisan Perkuatan yang Sudah Selesai (Boen, 2016)



Gambar 18.
Perkuatan Dinding Tembokan dengan Kawat Anyaman (Lubang Kawat Ikatan diisi dengan Air Semen + Dinding diplester Kembali) (Faconi et al., 2021)



Gambar 19. Pengeboran Dinding untuk Menjahit Kawat Anyaman

IV HASIL PEMBAHASAN

Hasil evaluasi di lapangan menunjukkan bahwa pada bangunan rumah penduduk, bangunan sekolah, Pondok Pesantren, dan Masjid ditemukan detail

penulangan dan sistem struktur yang diaplikasikan pada bangunan masih belum sesuai dengan standar yang berlaku di Indonesia (SNI) (Nurasih & Erizal, 2022). Selain itu didapatkan hasil lainnya yaitu: kualitas material beton pada bangunan terdampak gempa bumi Kabupaten Cianjur yang kurang baik, dibuktikan dengan hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) Test yang menunjukkan nilai kecepatan rambat gelombang masuk kategori mutu beton buruk. Adapun kegiatan pengujian UPV dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. *Ultrasonic Pulse Velocity Test*

Sedangkan pengetahuan akan sistem struktur tahan gempa juga masih minim terbukti dari hasil temuan pengujian *ultrasonic profometer* ditemukan susunan dan dimensi tulangan tidak sesuai dengan standar minimal yang disyaratkan SNI. Cara pengukuran menggunakan *profometer* dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Pemeriksaan *Ultrasonic Profometer*

Hal lain yang menyebabkan banyaknya kerusakan setelah terjadi gempa pada

bangunan di wilayah Cugenang adalah kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai sistem struktur beton tahan gempa dan persyaratan pembesian SNI tidak diterapkan dengan baik pada struktur bangunan terutama bangunan rumah penduduk. Contoh kerusakan akibat buruknya mutu beton dan tidak terpenuhinya standar minimal penulangan dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22.
Kerusakan Struktur Kolom

Selain itu tim juga memberikan informasi potensi ancaman bencana alam lainnya dari kondisi cuaca akhir tahun yang terus hujan, dapat menyebabkan tanah menjadi jenuh dan berpotensi terjadi longsor seperti terlihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Kondisi Tanah di Kampung Pasir Tunangan, Cugenang

Melalui hasil evaluasi dan pemeriksaan, tim pemeriksa telah memberikan laporan rekomendasi tindak lanjut perbaikan kepada masyarakat melalui perwakilan mitra. Tindak

lanjut yang diberikan meliputi rekomendasi pemasangan dinding tembokan tahan gempa yang diharapkan dapat membantu masyarakat untuk menciptakan hunian yang aman dan nyaman serta tahan gempa. Dan pertimbangan dari potensi bencana alam lainnya misalnya tanah longsor, maka tim memberikan arahan untuk lahan yang rawan ditanami dengan pohon-pohonan memiliki akar yang kuat

Selain itu Hasil dari observasi dan usulan perbaikan yang dilakukan dapat berpotensi untuk dijadikan sebagai tugas akhir mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini yang memiliki bobot SKS sebesar 6 SKS.

V SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pemeriksaan yang telah dilakukan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini secara umum dapat disimpulkan: tipikal kerusakan pada bangunan yang diobservasi adalah keruntuhan dan retakan pada dinding, rangka atap serta detail penulangan dan sistem struktur yang diaplikasikan pada bangunan masih belum sesuai dengan standar yang berlaku di Indonesia (SNI). Hal ini disebabkan oleh kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai sistem struktur beton tahan gempa dan persyaratan pembesian SNI tidak diterapkan dengan baik pada struktur bangunan. Hal ini menjadi bukti pembeda dari bangunan dengan kondisi struktur dan material yang baik hanya mengalami kerusakan ringan pada bagian non struktural seperti dinding.

Adapun saran/ masukan untuk kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan topic evaluasi struktur bangunan pasca gempa ini: Para warga saling mengingatkan dan mengamati apabila membangun ulang bangunan baru berupa rumah sederhana (bangunan 1 lantai) minimal menggunakan besi tulangan ulir diameter 10 mm sebagai tulangan utama dan tulangan sengkang (tulangan cincin). Dan apabila membangun bangunan lebih dari 1 lantai sangat

disarankan melibatkan ahli konstruksi teknik bangunan gedung bersertifikat untuk membantu dan mendampingi proses perencanaan dan pembangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada DITJENDIKTIRISTEK atas Hibah Program Insentif Penugasan kepada Perguruan Tinggi Swasta untuk Pelaksanaan Pengabdian Masyarakat di Wilayah Gempa Cianjur berbasis Kinerja Indikator Kinerja Utama Tahun 2022 dengan nomor kontrak: 588/EI/KS.06.0212022 serta LPPM Universitas Kristen Krida Wacana dan seluruh mitra dan warga desa Wangunjaya, Pasir Tunagan, Rancagong, Muka, Limbangsari, dan pimpinan dari perwakilan sekolah, pondok pesantren, masjid, dan gereja sebagai pemilik bangunan yang bersedia menjadi mitra untuk penyuluhan dan observasi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* (41st ed.). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784414859>
- Boen, T. (2016). *Belajar dari kerusakan akibat gempa bumi: Bangunan tembokan nir-rekayasa di Indonesia* (Cetakan pertama). Gadjah Mada University Press.
- Cook, D., Sen, A., Liel, A., Basnet, T., Creagh, A., Koodiani, H. K., Berkowitz, R., Ghannoum, W., Hortacsu, A., Kim, I., Lehman, D., Lowes, L., Matamoros, A., Naeim, F., Sattar, S., & Smith, R. (2023). ASCE/SEI 41 assessment of reinforced concrete buildings: Benchmarking nonlinear dynamic procedures with empirical damage observations. *Earthquake Spectra*, 39(3), 1721–1754.

<https://doi.org/10.1177/87552930231173453>

- Facconi, L., Lucchini, S. S., Minelli, F., Grassi, B., Pilotelli, M., & Plizzari, G. A. (2021). Innovative Method for Seismic and Energy Retrofitting of Masonry Buildings. *Sustainability*, 13(11), 6350. <https://doi.org/10.3390/su13116350>
- Helal, M. Sofi, & Mendis, P. (2015). Non-Destructive Testing of Concrete: A Review of Methods. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 14(1), 97–105. <https://doi.org/10.56748/ejse.141931>
- J. Helal, M. Sofi, & Mendis, P. (2015). Non-Destructive Testing of Concrete: A Review of Methods. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 14(1), 97–105. <https://doi.org/10.56748/ejse.141931>
- Malhotra, V. M., & Carino, N. J. (2003). *Handbook on Nondestructive Testing of Concrete* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420040050>
- Mokodenseho, S., Hasrullah, Mokodompit, M., Salinsehe, J., & Papatungan, N. (2023). Analisis Geologis Gempa di Cianjur: Karakteristik Seismik, Zona Patahan, dan Peran Geologi dalam Penilaian Risiko Gempa. *Jurnal Geosains West Science*, 1(02), 96–104. <https://doi.org/10.58812/jgws.v1i02.420>
- Nurasih, S. M. & Erizal. (2022). Analisis dan Evaluasi Struktur Gedung Auditorium FEM IPB Berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019: Analysis and Evaluation of FEM IPB Convention Hall Structure Based on SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(3), 221–230. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.3.221-230>

Wijaya, U. (2019). Petunjuk Dasar Pemeriksaan Bangunan Existing Metode Non-Destructive Test: Studi Kasus Bangunan Industrial Struktur Baja. *Buletin Profesi Insinyur*, 2(2), 63–68.
<https://doi.org/10.20527/bpi.v2i2.43>

Wijaya, U., Putra, I. G. E. A., & Tavio. (2020). Assessment and evaluation procedure of existing industrial building structure based on ASCE 41-17. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(5), 052045.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/5/052045>

Wiyanto, H., Yocom, R., & Thenaka, G. (2022). Concrete Damage Risk Rating Examination to Existing Buildings. In H. A. Lie, M. Sutrisna, J. Prasetijo, B. H. W. Hadikusumo, & L. S. Putranto (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference of Construction, Infrastructure, and Materials* (Vol. 216, pp. 523–531). Springer Nature Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-7949-0_47