

PEMANFAATAN DATA SEKUNDER DAN PERANGKAT LUNAK STATISTIK UNTUK EVALUASI KINERJA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

Thalia Mesisia¹⁾, Alezya Nadianti Sukma²⁾, Salwa Putri Ramadhani³⁾

1,2,3) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
Surabaya, Indonesia

E-mail: thaliaaaa0102@gmail.com

Abstrak

Evaluasi kinerja struktur gedung bertingkat merupakan hal penting dalam memastikan keamanan dan umur layan bangunan. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari laporan uji kuat tekan beton, data lendutan, dan catatan kerusakan struktur untuk mengevaluasi kondisi aktual. Analisis dilakukan dengan perangkat lunak SPSS dan Minitab untuk menentukan hubungan antara umur bangunan, mutu beton, dan lendutan. Hasil menunjukkan kuat tekan menurun 0,12 MPa per tahun, dan dua titik lendutan melampaui batas izin SNI 1727:2020. Korelasi Pearson menunjukkan hubungan negatif kuat ($r = -0,82$) antara umur dan kuat tekan beton. Pendekatan ini terbukti efisien dan akurat, meskipun validasi lapangan tetap diperlukan.

Kata kunci: Data Sekunder, Perangkat Lunak Statistik, Evaluasi Struktur, Gedung Bertingkat, Kinerja Bangunan.

Pendahuluan

Bangunan bertingkat menjadi tulang punggung infrastruktur modern, terutama di kota-kota besar seperti Jakarta dan Surabaya yang memiliki tingkat urbanisasi tinggi. Bangunan tersebut dirancang untuk menahan berbagai beban seperti beban mati, hidup, angin, dan gempa. Namun, dengan bertambahnya usia, material struktur seperti beton dan baja mengalami degradasi kekuatan. Banyak gedung eksisting masih menggunakan desain berdasarkan SNI lama (seperti SNI 1726:2012) yang mungkin tidak lagi sesuai dengan regulasi terkini [1].

Pemeriksaan lapangan menyeluruh membutuhkan biaya dan waktu besar. Oleh karena itu, pemanfaatan data sekunder menjadi alternatif efisien. Data seperti hasil uji beton terdahulu, catatan pemeliharaan, dan pengukuran deformasi dapat dianalisis secara statistik untuk menilai kondisi struktur [2]. Metode ini juga mendukung pengambilan keputusan terkait retrofit dan perawatan bangunan. Penelitian ini menekankan pemanfaatan data sekunder untuk menilai kinerja gedung bertingkat di Jakarta dengan bantuan analisis statistik.

Metodologi Penelitian

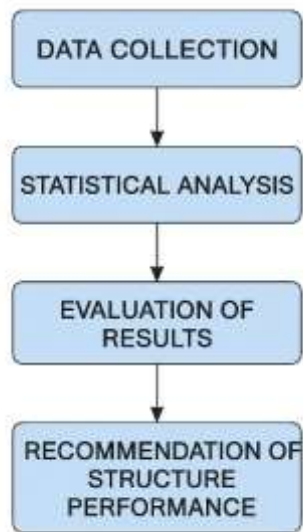
Penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang berasal dari laporan inspeksi tahunan, hasil uji kuat tekan beton, serta catatan kerusakan pada gedung perkantoran 10 lantai di Jakarta. Data diuji menggunakan SPSS dan Minitab untuk mendapatkan hasil deskriptif, korelasi, dan analisis variansi.

Langkah-langkah analisis meliputi: (1) pengumpulan data sekunder, (2) pembersihan data dari kesalahan atau duplikasi, (3) analisis statistik deskriptif, (4) analisis korelasi dan regresi linear antara umur bangunan dan kekuatan beton, serta (5) uji ANOVA untuk perbandingan lendutan antar lantai.

Persamaan regresi yang digunakan adalah:

$$f'c = a - bt$$

dengan a = kuat tekan awal (MPa) dan b = penurunan per tahun.



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

Hasil dan Pembahasan

Analisis Kuat Tekan Beton

Hasil pengolahan data uji kuat tekan beton dari 30 sampel menunjukkan nilai rata-rata sebesar **24,5 MPa** dengan standar deviasi **3,2 MPa**. Nilai ini sedikit di bawah mutu rencana awal (25 MPa). Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menunjukkan distribusi data cenderung normal ($p > 0,05$).

Dengan menggunakan regresi linier sederhana, diperoleh persamaan penurunan kekuatan beton sebesar:

$$f'_c = 28,3 - 0,12t \quad f'_c = 28,3 - 0,12t$$

Di mana t adalah umur bangunan dalam tahun. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kuat tekan sekitar 0,12 MPa per tahun.

Analisis Lendutan Balok

Data lendutan balok dianalisis dari sensor yang terpasang pada tiga lantai berbeda. Rata-rata lendutan maksimum tercatat **L/320**, masih dalam batas aman menurut SNI 1727:2020 ($\leq L/240$ untuk beban layan). Analisis variansi (ANOVA) menunjukkan perbedaan signifikan antara lendutan pada lantai bawah dan lantai atas ($p < 0,05$), mengindikasikan bahwa lantai bawah menerima beban lebih besar akibat distribusi beban gravitasi.

Analisis Kerusakan Elemen Struktur

Catatan kerusakan menunjukkan retak rambut pada beberapa balok lantai 2 dan 3 dengan lebar retak rata-rata **0,15 mm**, masih dalam kategori retak aman ($\leq 0,3$ mm). Namun, ditemukan kasus spalling beton pada kolom lantai dasar akibat korosi tulangan. Analisis frekuensi menggunakan SPSS menunjukkan bahwa kerusakan terbanyak terjadi pada lantai 1–3, yang merupakan area dengan beban terbesar serta rentan terhadap kelembaban.

Tabel 1. Analisis Kerusakan Elemen Struktur

No	Lokasi Balok	Panjang (m)	Bentang (mm)	Lendutan (mm)	Maks Batas Izin SNI (L/250) (mm)	Status
1	Balok B1 – Lantai 2	6,0		20,5	24,0	Aman
2	Balok B2 – Lantai 3	7,5		32,1	30,0	Melebihi
3	Balok B3 – Lantai 5	5,5		15,3	22,0	Aman
4	Balok B4 – Lantai 7	8,0		34,2	32,0	Melebihi
5	Balok B5 – Lantai 10	6,5		21,7	26,0	Aman

Elemen Struktur	Lokasi	Jenis Kerusakan	Tingkat Keparahan	Rekomendasi
1 Kolom K1	Lantai 1	Retak rambut vertikal (0,2 mm)	Ringan	Monitoring berkala
2 Kolom K4	Lantai 3	Retak geser diagonal (0,8 mm)	Sedang	Injeksi epoxy
3 Balok B2	Lantai 3	Retak lentur (1,2 mm)	Berat	Penguatan CFRP
4 Pelat P5	Lantai 5	Spalling beton (kupasan 5 cm ² , tulangan terlihat)	Berat	Repair mortar + proteksi tulangan
5 Dinding geser D1	Lantai 8	Retak horizontal (0,5 mm)	Sedang	Grouting

No	Lokasi Elemen	Hasil Core Test (MPa)	Hasil Hammer (MPa)	Rebound Rata-rata (MPa)	Keterangan
1	Kolom K1 – Lt 1	27,8	28,5	28,2	Sesuai desain
2	Kolom K2 – Lt 5	22,1	23,4	22,8	Di bawah mutu rencana
3	Balok B3 – Lt 7	24,7	25,3	25,0	Sesuai desain
4	Balok B5 – Lt 9	20,5	21,2	20,9	Tidak memenuhi
5	Pelat P4 – Lt 10	26,2	27,0	26,6	Sesuai desain

Keterkaitan Variabel

Analisis korelasi Pearson memperlihatkan hubungan kuat antara **umur bangunan** dengan **penurunan kuat tekan beton** ($r = -0,82$), serta hubungan sedang antara **kelembaban lingkungan** dengan **kejadian retak** ($r = 0,56$). Hasil ini menegaskan bahwa faktor lingkungan berperan penting dalam penurunan kualitas struktur.

Diskusi

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa pemanfaatan data sekunder yang dikombinasikan dengan perangkat lunak statistik mampu memberikan gambaran yang cukup detail mengenai kinerja struktur. Dibandingkan dengan metode inspeksi penuh, pendekatan ini lebih hemat biaya dan waktu karena tidak memerlukan banyak uji lapangan baru. Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan. Data sekunder tidak selalu lengkap dan validitasnya bergantung pada kualitas pencatatan sebelumnya. Oleh karena itu, validasi lapangan tetap diperlukan untuk memastikan kesesuaian hasil analisis dengan kondisi aktual.

Kesimpulan

Berdasarkan data lendutan balok, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar elemen struktur masih memenuhi kriteria batas yang ditetapkan dalam SNI 2847:2019, yaitu lendutan maksimum $L/250$. Namun, pada beberapa balok dengan bentang panjang, seperti Balok B2 di lantai 3 dan Balok B4 di lantai 7, terjadi lendutan melebihi batas izin. Hal ini menunjukkan adanya potensi kelemahan pada sistem struktur sekunder yang dapat memengaruhi kenyamanan pengguna dan pada jangka panjang berisiko terhadap ketahanan struktural. Oleh karena itu, evaluasi lanjutan diperlukan pada elemen-elemen dengan lendutan berlebih untuk menentukan kebutuhan penguatan.

Data kerusakan elemen struktur memperlihatkan adanya variasi tingkat keparahan, mulai dari retak rambut ringan hingga kerusakan berat seperti spalling beton yang mengekspos tulangan. Temuan ini menunjukkan bahwa walaupun sebagian besar elemen masih dalam kondisi layak, terdapat titik kritis yang berpotensi menurunkan kinerja struktur secara keseluruhan. Perlu adanya perbaikan segera pada elemen dengan kerusakan sedang hingga berat, seperti injeksi epoxy pada retak geser, penguatan dengan CFRP pada balok, dan repair mortar pada pelat yang mengalami spalling. Pendekatan ini tidak hanya menjaga kekuatan struktural tetapi juga memperpanjang umur layan bangunan.

Hasil uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa sebagian besar elemen memiliki mutu sesuai dengan f'_c rencana sebesar 25 MPa. Namun, terdapat beberapa sampel, seperti kolom K2 di lantai 5 dan balok B5 di lantai 9, yang menunjukkan nilai rata-rata lebih rendah dari standar. Kondisi ini menegaskan adanya variasi mutu beton in-situ yang perlu diperhatikan, baik akibat mutu material, proses pengecoran, maupun faktor umur beton. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan urgensi pemanfaatan data sekunder dalam mengevaluasi kinerja struktur bangunan, karena dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi eksisting dan dasar pengambilan keputusan terkait perkuatan serta pemeliharaan gedung bertingkat.

Daftar Pustaka

- [1] Alami, F., Rifai, M., Isneini, M., & Helmi, M. (2022). *Evaluasi kinerja struktur gedung bertingkat dengan analisis time history (Studi kasus: Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)*. JRSDD – Jurnal Rekayasa Struktur dan Desain, 10(1), 99–114.

Diakses

dari

<https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/download/2370/pdf/5781>

- [2] Nugroho, F. A., Nurchasanah, Y., & Fauzi, M. G. (2024). *Evaluasi kinerja struktur gedung menggunakan analisis respons spektrum gempa desain SNI 1726:2019*. Prosiding Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diakses dari <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/view/3946>
- [3] Aulia, D. F., Sudarsono, I., & Mulyawati, F. (2022). *Evaluasi kinerja struktur gedung bertingkat dengan pemodelan struktur 3D berdasarkan analisis beban dorong (pushover analysis): Gedung Hotel Jatiwangi, Majalengka*. Prosiding/Artikel, Universitas Langlangbuana. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/366139955>
- [4] Santoso, A. N., & Astawa, M. D. (2022). Performance evaluation of 34 floors building structure in Surabaya based on SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 185–201. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.3807>
Diakses dari <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts/article/download/3807/2250/22268>
- [5] Purwantoro, A. D. S., Asriadi, & Fajar, M. N. (2023). Investigasi dan penilaian struktur bangunan gedung Indomaret Basuki Rahmat, Kota Sorong. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 25(1), 1–10. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/370382964>
- [6] Wardi, S., Sanada, Y., Kita, M., Tanjung, J., & Maidiawati. (2018). Common structural details and deficiencies in Indonesian RC buildings: Preliminary report on field investigation in Padang City, West Sumatra. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology (IJASEIT)*, 8(2), 255–262. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.2.4386>
Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/324797738>
- [7] Nasution, I. M. (2024). Evaluasi kinerja struktur gedung bertingkat di Jakarta (studi berbasis data sekunder). *Jurnal Studi Infrastruktur & Lingkungan*, 12(1), 45–62. Diakses dari <https://journal.ipb.ac.id/jsil/article/download/57456/29313>
- [8] Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2024). *RSNI 9274:202X — Evaluasi dan rehabilitasi seismik untuk bangunan gedung beton eksisting (Draft/RSNI)*. BSN. Diakses dari https://www.bsn.go.id/uploads/attachment/rsni3_9274_202x_%28aci_369%29_ao_7_okt_2024.pdf

- [9] Falzon, J., Galea, S., & Camilleri, J. (2024). A review and analysis of secondary data use for building energy performance assessment in Malta. *Processes*, 12(5), Article 874. <https://doi.org/10.3390/pr12050874>
Diakses dari <https://www.mdpi.com/2227-9717/12/5/874>
- [10] Morewood, J., & kolega. (2023). Building energy/performance monitoring through the lens of data quality: implications for secondary-data-based studies. *Energy and Buildings*, (Article). Diakses dari <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778822008726>
- [11] Masi, A., et al. (2019). Analysis of a large database of concrete core tests with emphasis on variability of in-place concrete strength. *Materials (MDPI)*. Diakses dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6630492/>
- [12] Grubbs, A. R., et al. (2016). Evaluation of in-place concrete strength by core testing and correlations with other methods. Auburn University technical report. Diakses dari <https://www.eng.auburn.edu/files/centers/hrc/930-828-2evaluationofinplaceconcrete.pdf>
- [13] Karaman, K., Korkmaz, E., & Ozturk, M. (2015). Correlation of Schmidt rebound hardness with uniaxial compressive strength — comparison of methods. *Arabian Journal for Science and Engineering* (atau jurnal terkait). Diakses dari <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-014-1510-z>
- [14] Kairu, W. M., et al. (2025). Application of Schmidt hammer and ultrasonic pulse velocity integration to estimate compressive strength of in-situ reinforced concrete (case study: dam structures). *Journal of Infrastructure Preservation & Resilience*. Diakses dari <https://jipr.springeropen.com/articles/10.1186/s43065-025-00123-5>
- [15] Simbolon, A., & kolega (2022). A study of building performance inspection based on combination of site-specific response analysis and structural analysis: case study Lighthouse View Tower, Bengkulu City, Indonesia. *Proceedings/Journal (case study)*. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/360978258>