JURNAL REKAYASA INFRASTRUKTUR
ISSN : 2460-335X
E-ISSN : 2686-6587
Vol 11 No 2 November 2025

EVALUASI DAN METODE PERBAIKAN STRUKTUR GEDUNG PUSKESMAS BERDASARKAN PEMERIKSAAN *NON-DESTRUCTIVE*

Laily Fatmawati[1] dan Arif Afrianto[2]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun, Kota Madiun
[2]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun, Kota Madiun
**laily.fatmawati@gmail.com*

ABSTRACT

Structural components are key elements in ensuring the integrity, functionality, and safety of a building. In healthcare facilities such as community health centers (puskesmas), the building must provide adequate protection and reliability to support public health services. Over time, structural elements may experience degradation due to material aging, environmental conditions, and insufficient maintenance. This study aims to evaluate the condition of the existing building structure and assess the effectiveness of strengthening using the grouting method. The evaluation was conducted through visual inspection and hammer tests as non-destructive techniques. The evaluation results formed the basis for structural rehabilitation recommendations, which were then analyzed comparatively using structural models before and after strengthening, considering displacement and drift ratio parameters. The results indicate that the strengthening method significantly improves structural performance, although certain areas still require monitoring and further repair.

Keywords: structural evaluation, repair method, grouting, visual inspection, non-destructive evaluation.

ABSTRAK

Komponen struktural merupakan elemen kunci dalam menjamin integritas, fungsi, dan keselamatan bangunan. Pada fasilitas kesehatan seperti puskesmas, bangunan harus memiliki tingkat keamanan dan keandalan yang memadai untuk menunjang pelayanan kesehatan masyarakat. Seiring waktu, elemen struktural dapat mengalami degradasi akibat penuaan material, kondisi lingkungan, dan kurangnya pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi struktur bangunan eksisting dan menilai efektivitas perkuatan menggunakan metode *grouting*. Evaluasi dilakukan melalui pemeriksaan visual dan *hammer test* sebagai teknik non-destruktif. Hasil evaluasi menjadi dasar rekomendasi rehabilitasi, yang selanjutnya diuji secara komparatif pada model struktur sebelum dan sesudah perkuatan dengan mempertimbangkan parameter *displacement* dan *drift ratio*. Hasil menunjukkan bahwa metode perkuatan mampu meningkatkan performa struktural secara signifikan, meskipun beberapa area tetap memerlukan pemantauan dan perbaikan lanjutan.

Kata kunci: evaluasi struktur, metode perbaikan, *grouting*, pemeriksaan visual, evaluasi non-destruktif.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah pembangunan bangunan gedung yang berfungsi sebagai sarana penunjang kegiatan sosial, ekonomi, dan administratif. Bangunan gedung, sebagai infrastruktur fisik, memiliki masa pakai yang panjang dan sangat bergantung pada kualitas perencanaan, pelaksanaan konstruksi, serta pemeliharaan selama masa operasionalnya. Sayangnya, seiring berjalannya waktu, struktur bangunan mengalami degradasi yang dapat disebabkan oleh faktor lingkungan, kelelahan material, beban berlebih, serta kurangnya kegiatan pemeliharaan rutin [1]

Permasalahan yang sering ditemui di lapangan yakni kurangnya kesadaran akan pentingnya kegiatan pemeriksaan dan pemeliharaan berkala. Banyak bangunan tidak mendapatkan evaluasi teknis secara rutin, sehingga kerusakan tidak teridentifikasi secara dini dan berkembang menjadi kondisi yang membahayakan. Padahal, kegiatan inspeksi dan evaluasi kondisi struktur bangunan sangat penting untuk menjamin kelaikan fungsi serta keselamatan pengguna. Undang-Undang Bangunan Gedung telah menegaskan bahwa pemanfaatan bangunan wajib disertai dengan pemeliharaan, pemeriksaan berkala, pelestarian, serta pembongkaran bila diperlukan [2], dalam konteks evaluasi struktur, metode *non-destructive test* (NDT) seperti pemeriksaan visual dan *hammer test* merupakan pendekatan yang umum digunakan karena bersifat ekonomis dan tidak merusak elemen yang diuji. Pemeriksaan visual memungkinkan identifikasi awal terhadap keretakan, deformasi, dan cacat permukaan lainnya, sedangkan *hammer test* digunakan untuk memperkirakan kekuatan beton secara relatif berdasarkan pantulan (*rebound*) permukaan [3]. Metode *non-destructive test* (NDT) seperti pemeriksaan visual dan *hammer test* merupakan pendekatan yang umum digunakan karena bersifat ekonomis dan tidak merusak elemen yang diuji. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai mutu beton kolom dengan menggunakan uji kualitas fisik bangunan dengan cara tidak merusak (*non-destructive*) yaitu metode dan peralatan pengujian *rebound number* (Schimidt *Hammer test*) SNI ASTM C805-2012 [4].

Salah satu metode perkuatan yang banyak diterapkan adalah *grouting*, yaitu injeksi bahan tertentu ke dalam rongga atau celah dalam struktur untuk meningkatkan kapasitas dan kekakuan elemen struktural. Metode ini terbukti efektif dalam meningkatkan kekompakan dan kekuatan struktur beton, terutama pada kasus retakan mikro atau struktur yang mulai melemah. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kondisi struktur bangunan sebelum dan sesudah proses perkuatan menggunakan metode *grouting*, dengan memanfaatkan pemeriksaan visual dan *hammer test* sebagai teknik evaluasi lapangan. Hasil dari evaluasi ini akan menjadi dasar dalam merumuskan rekomendasi rehabilitasi struktur yang sesuai, guna memastikan keberlanjutan fungsi dan keselamatan bangunan.

Kajian Teknis Bangunan gedung

Bangunan gedung adalah hasil pekerjaan konstruksi dalam bentuk fisik yang sebagian atau seluruhnya berada di atas tanah atau air serta berfungsi sebagai tempat manusia untuk beraktivitas, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial budaya, maupun kegiatan khusus [2].
Secara struktural, bangunan gedung terbagi menjadi struktur atas (*superstructure*) dan struktur

bawah (*substructure*). Struktur atas adalah bagian struktural bangunan yang berada di atas permukaan tanah dan berfungsi menopang beban-beban vertikal maupun horizontal, serta menjaga kestabilan keseluruhan bangunan. Struktur bawah adalah bagian struktural bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah pendukung, serta menjaga keseimbangan bangunan terhadap gaya lateral dan *settlement*.

Komponen struktur bangunan gedung dapat diklasifikasikan menjadi dua elemen utama:

1. Elemen Struktural
   Elemen struktural adalah bagian dari bangunan yang menjaga kekokohan dan kestabilan struktur dalam menopang beban. Kerusakan pada salah satu elemen struktural dapat mengganggu kinerja keseluruhan struktur, dan dalam kondisi tertentu dapat memicu keruntuhan parsial atau total [5].
2. Elemen Non-Struktural
   Elemen non-struktural adalah bagian dari bangunan yang tidak secara langsung berperan dalam menopang beban struktural, namun menjadi beban tambahan pada komponen struktural. Elemen ini meliputi dinding pengisi, plafon, partisi, atau komponen arsitektural lainnya. Umumnya elemen non-struktural lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan komponen struktural, terutama saat terjadi gempa atau beban dinamis lainnya [5].

Sebuah struktur bangunan dinyatakan memenuhi standar kelayakan apabila telah memperoleh Sertifikat Laik Fungsi (SLF). Untuk menentukan apakah bangunan yang ada masih layak digunakan, diperlukan pemeriksaan dan pengujian kondisi strukturnya. Penilaian tingkat keamanan bangunan yang telah beroperasi dalam jangka waktu lama menjadi penting, mengingat material penyusunnya cenderung mengalami degradasi seiring waktu. Umumnya, bangunan akan mengalami penurunan kinerja material, yang secara signifikan memengaruhi kemampuan struktur dalam memikul beban rencana. Penuaan material ini berdampak pada menurunnya stabilitas dan kekuatan struktur, sehingga diperlukan kajian teknis yang komprehensif untuk mengidentifikasi kondisi aktual elemen struktural. Melalui kajian tersebut dapat diketahui apakah struktur mengalami kerusakan atau degradasi fungsi akibat penuaan, serta dapat diambil langkah pencegahan untuk menghindari potensi kegagalan atau keruntuhan bangunan.

Evaluasi struktur dengan metode NDT (*Non-Destructive Test*)

Metode *Non-Destructive Test* (NDT) digunakan untuk mengevaluasi kondisi elemen struktural tanpa merusak komponen bangunan. Dua teknik yang umum digunakan adalah pemeriksaan visual dan *hammer test*. Pemeriksaan visual dilakukan dengan mengamati kondisi permukaan elemen struktur untuk mengidentifikasi kerusakan seperti retak, *spalling,* perubahan warna, dan deformasi.

Sementara itu, *hammer test* digunakan untuk mengestimasi kualitas beton dengan cara mengetuk permukaan beton menggunakan palu uji dan mengamati respons bunyi atau getaran yang dihasilkan. Chairunnisa et al. (2023) menunjukkan bahwa *hammer test* dapat memberikan indikasi kuat tekan beton secara tidak langsung, sehingga membantu memetakan area yang memerlukan pengujian lanjutan [6-8].

Metode *Grouting*

Metode *grouting* tidak hanya digunakan untuk perbaikan, tetapi juga sebagai perkuatan struktur yang efektif. Teknik ini melibatkan injeksi bahan pengikat seperti semen atau resin ke dalam rongga atau retakan pada beton untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan material tersebut. Penggunaan *grouting* dapat meningkatkan mutu beton yang sebelumnya memiliki kekuatan rendah menjadi lebih tinggi) dengan memberikan kekakuan tambahan pada elemen struktural yang mengalami penurunan kualitas [9,10]

2. METODE PENELITIAN

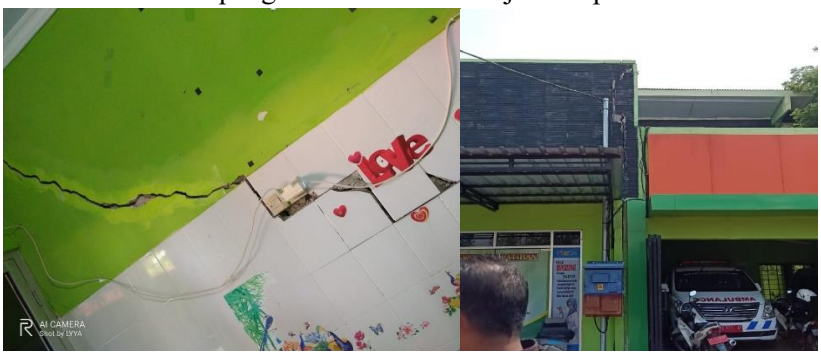
Metode penelitian ini mencakup serangkaian tahapan mulai dari perencanaan, pelaksanaan pengujian, pengolahan data, hingga pemberian rekomendasi perbaikan dan evaluasi kinerja struktur.

1. Tahap Perencanaan
   a. Identifikasi Masalah
      Menentukan permasalahan kelayakan struktur berdasarkan umur bangunan dan indikasi penurunan fungsi material.
   b. Pengamatan Visual
      Melakukan observasi awal untuk menilai kondisi fisik struktur, seperti adanya retak, deformasi berlebih, pelapukan beton, atau cacat konstruksi.
   c. Pemilihan Metode Pengujian
      Mempertimbangkan faktor kerusakan, biaya, waktu, dan reliabilitas data. Pada penelitian ini digunakan metode *Hammer test* untuk mengukur mutu beton pada komponen struktur yang representatif.
2. Tahap Pelaksanaan Pengujian
   Penentuan titik uji pada elemen struktur (kolom, balok, atau pelat) yang dapat mewakili kondisi keseluruhan bangunan dan pelaksanaan *hammer test* sesuai prosedur standar, dengan memperhatikan keselamatan kerja dan penggunaan alat pelindung diri.
3. Tahap Pengolahan dan Analisis Data
   Data hasil pengujian *hammer test* diolah menggunakan *software Microsoft Excel* untuk mendapatkan mutu beton eksisting kemudian mutu beton hasil uji dimasukkan ke dalam model struktur pada perangkat lunak analisis struktur untuk mengevaluasi kinerja bangunan.
4. Tahap Perbaikan dan Simulasi
   Perbaikan dilakukan secara konseptual melalui metode *grouting* untuk meningkatkan mutu beton sesuai nilai peningkatan yang diperoleh dari literatur dan referensi teknis. Kemudian model perbaikan dianalisis kembali dengan perangkat lunak untuk membandingkan hasilnya dengan kondisi sebelum perbaikan. Perbandingan dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja, meliputi *displacement* dan *drift ratio*, pada kondisi awal dan setelah perbaikan.
5. Tahap Rekomendasi dan Kesimpulan
   Memberikan rekomendasi teknis terkait kelayakan bangunan dan kebutuhan perbaikan dan menyimpulkan efektivitas metode perbaikan berdasarkan hasil analisis perbandingan displacement dan *drift ratio*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Visual

Sebelum melakukan pembahasan dan analisis kondisi eksisting, dilakukan pengamatan visual terhadap komponen struktural bangunan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi awal elemen struktur, menentukan tingkat kerusakan, dan menetapkan lokasi pengujian. Hasil dokumentasi pengamatan visual ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dokumentasi Kondisi Eksisting Hasil Pengamatan Visual Lapangan

Berdasarkan hasil pemeriksaan visual di lapangan, ditemukan sejumlah kerusakan pada elemen dinding dan pondasi bangunan. Kerusakan tersebut bervariasi mulai dari retak halus hingga retak lebar dengan kategori rusak sedang, serta indikasi penurunan pondasi di beberapa titik. Ringkasan temuan lapangan dan perkiraan penyebabnya ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kerusakan Hasil Pengamatan Visual

Lokasi Kerusakan	Deskripsi Kerusakan	Perkiraan Penyebab Kerusakan
Ruang konseling	Retak diagonal > 5 mm (rusak sedang), disertai penurunan lantai	Penurunan pondasi dan sloof praktis (15/25)
Selasar barat	Retak 3–5 mm di atas bukaan pintu/jendela; retak di bawah balok induk B1 tanpa kolom pendukung	Ketiadaan balok latei; kolom tidak sesuai posisi
Ruang rapat (lantai 2)	Retak bervariasi, sebagian > 5 mm	Ketiadaan kolom praktis pada dinding luas (> 9 m²), tidak ada balok latei, ikatan kolom–dinding lemah
Ruang kepala (lantai 2)	Retak bervariasi di sepanjang sisi selatan dan barat	Ketiadaan balok latei di atas bukaan
Facade depan	Retak > 5 mm (rusak sedang)	Dilatasi tidak tepat antara bangunan lama dan baru
Pondasi (tahap awal)	Penurunan pondasi pada area tahap pembangunan pertama	Pondasi strauss tidak mencapai tanah keras (± 7–8 m), footplat dangkal (± 40 cm), penurunan muka air tanah

Hasil Pengujian *Hammer test*

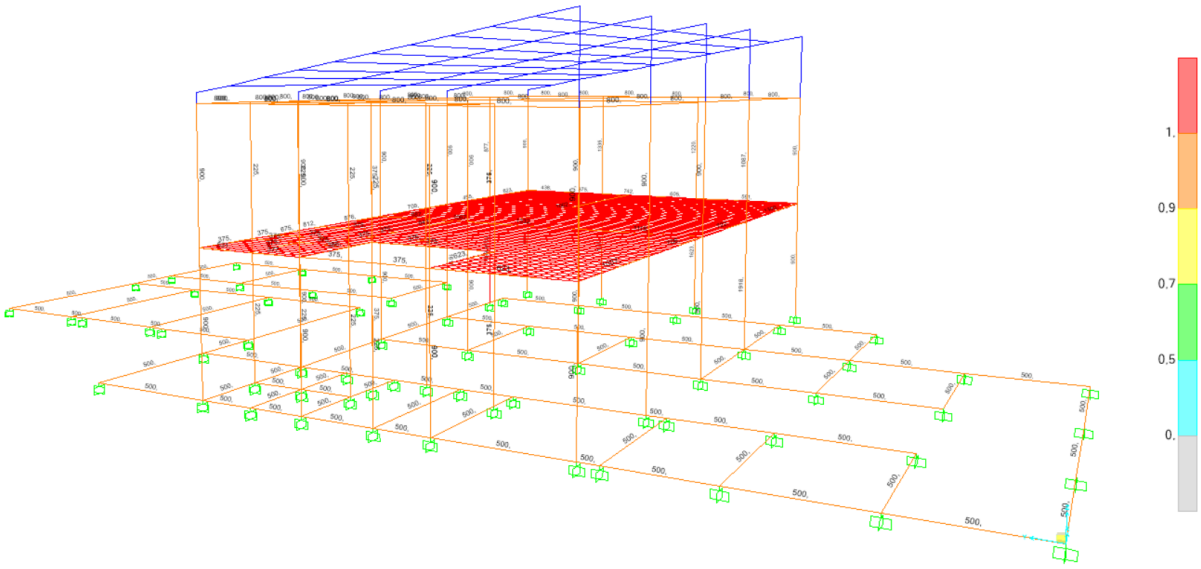
Pengujian *hammer test* dilakukan pada elemen-elemen struktur yang mewakili kondisi keseluruhan bangunan. Hasil rata-rata menunjukkan mutu beton eksisting setara K-220 atau f'c ≈ 18 MPa. Nilai ini berada di bawah standar umum beton untuk bangunan pelayanan publik, sehingga diperlukan tindakan perbaikan.

Berdasarkan literatur dan spesifikasi teknis material, penerapan metode *grouting* diasumsikan dapat meningkatkan mutu beton menjadi 25 MPa pada elemen yang diperbaiki. Nilai ini digunakan sebagai acuan dalam analisis pasca-perbaikan.

Hasil Pengolahan Data dan Analisis Kinerja Struktur

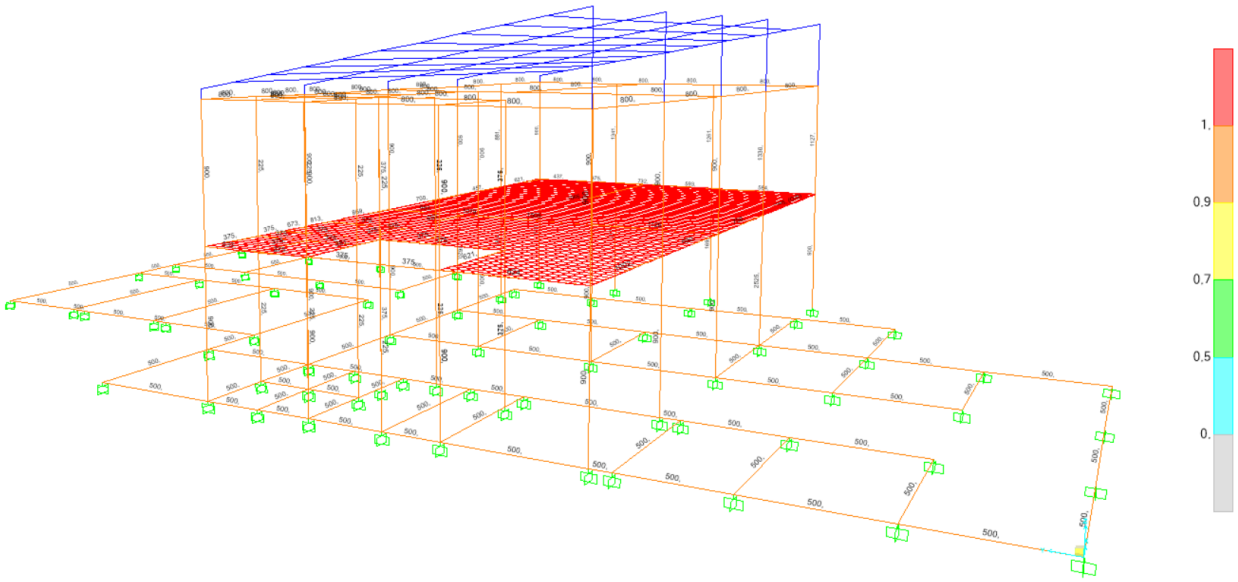
Berdasarkan hasil analisis sebelum perbaikan (*grouting*), nilai *drift ratio* pada seluruh lantai berada di bawah batas maksimum 0,02, sehingga secara global struktur masih tergolong aman terhadap kriteria deformasi. Namun, perbaikan dengan metode *grouting* tetap dilakukan untuk meningkatkan mutu beton dan kekakuan struktur, sehingga potensi keretakan dinding seperti yang teridentifikasi pada tahap awal dapat diminimalkan di masa mendatang.

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis struktur pada kondisi sebelum perbaikan (*grouting*, f'c = 18 MPa), diperoleh rasio kapasitas elemen yang menggambarkan tingkat pemanfaatan kekuatan struktur terhadap beban yang bekerja. Nilai rasio yang tinggi menunjukkan elemen bekerja mendekati kapasitas maksimumnya. Visualisasi distribusi rasio kapasitas elemen pada pemodelan awal ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Output analisis rasio kapasitas elemen sebelum perbaikan (f'c = 18 MPa)

Setelah dilakukan perbaikan dengan metode *grouting* sehingga mutu beton meningkat menjadi f'c = 25 MPa, hasil analisis menunjukkan penurunan rasio kapasitas elemen pada beberapa bagian struktur, meskipun perubahan yang terjadi tidak signifikan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan mutu beton melalui *grouting* tetap memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan dan kekakuan struktur, meskipun pengaruhnya relatif terbatas. Visualisasi kondisi struktur setelah perbaikan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Output analisis rasio kapasitas elemen setelah perbaikan (*grouting*, f'c = 25 MPa)

Berdasarkan hasil analisis, nilai *drift ratio* untuk kondisi sebelum perbaikan (= 18 MPa) pada seluruh lantai berada jauh di bawah batas maksimum yang diizinkan (0,02), dengan nilai tertinggi sebesar 0,00027 pada Lantai 1. Hal ini menunjukkan bahwa secara global struktur masih memenuhi kriteria batas deformasi.

Setelah dilakukan perbaikan dengan metode *grouting* (f'c = 25 MPa), nilai *drift ratio* menunjukkan sedikit penurunan pada beberapa lantai, seperti pada Lantai 2 dari 0,00026 menjadi 0,00025, sementara pada lantai atap nilai tetap sama. Perubahan ini relatif kecil dan tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap kinerja deformasi global, namun peningkatan mutu beton diharapkan dapat berkontribusi pada pengurangan keretakan non-struktural, khususnya pada dinding, seperti yang teridentifikasi pada hasil pengamatan awal. Hasil analisis tersebut ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Nilai *Displacement* dan *Drift ratio* Sebelum dan Sesudah *Grouting*

Mutu Beton	Lantai	*Displacement* (mm)	h (mm)	*Drift* (Δ/h)	*Drift Allowable*	*Check*
18 MPa	Lantai 1	1,01	3750	0,00027	0,02	OK
	Lantai 2	1,92	7250	0,00026	0,02	OK
	Atap	2,10	9250	0,00023	0,02	OK
25 MPa	Lantai 1	0,04	3750	0,00001	0,02	OK
	Lantai 2	1,84	7250	0,00025	0,02	OK
	Atap	2,10	9250	0,00023	0,02	OK

Rekomendasi Teknis Perbaikan Struktur

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan mutu beton dari f'c 18 MPa menjadi f'c 25 MPa melalui metode *grouting* memberikan pengaruh positif terhadap kinerja struktur, khususnya pada pengurangan nilai displacement dan *drift ratio* di lantai bawah. Meskipun pada lantai atas dan atap pengaruhnya relatif terbatas terhadap kekakuan global, peningkatan mutu beton tetap diharapkan mampu mengurangi risiko keretakan non-struktural yang sebelumnya teridentifikasi pada tahap pengamatan awal.

Berdasarkan hasil pengamatan visual dan analisis numerik, langkah perbaikan yang direkomendasikan meliputi:

1. Penambahan pondasi dan kolom struktur untuk mengurangi bentang balok dari 6 m menjadi ≤ 4 m, sehingga beban lentur pada balok dapat berkurang secara signifikan.
2. Pemasangan kolom praktis pada bidang dinding yang memiliki luasan besar tanpa pengaku, guna meningkatkan kestabilan dan mengurangi potensi retak.
3. Pemasangan balok latei di atas setiap bukaan pintu/jendela untuk mendistribusikan beban dan mengurangi konsentrasi tegangan pada dinding.
4. Perbaikan atau penggantian dinding retak dengan material berdensitas rendah untuk mengurangi beban mati serta meminimalkan kerusakan non-struktural di masa mendatang.
5. Pemasangan angkur untuk meningkatkan ikatan antara elemen kolom struktur dan dinding pengisi, sehingga perilaku komposit dapat lebih optimal.
6. Pelaksanaan *grouting* pada elemen beton dengan mutu rendah untuk meningkatkan kapasitas dan kekakuan struktur, sekaligus meminimalkan potensi kerusakan berulang.

Rekomendasi ini diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja struktur, memperpanjang umur layan bangunan, dan meminimalkan risiko kerusakan struktural maupun non-struktural di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan visual, pengujian *Non-Destructive Test* (NDT) dengan metode *hammer test*, serta analisis struktur menggunakan perangkat lunak, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Kondisi Eksisting
   Pengamatan visual mengidentifikasi adanya keretakan pada beberapa dinding, penurunan pondasi, serta indikasi lemahnya ikatan antara elemen struktural dan non-struktural. Sebagian besar kerusakan tergolong non-struktural, namun berpotensi berkembang jika tidak dilakukan tindakan perbaikan.
2. Hasil Pengujian dan Analisis
   a. Nilai kuat tekan beton eksisting (f'c) sebesar 18 MPa tergolong di bawah standar untuk bangunan fasilitas kesehatan, namun masih memenuhi batas keamanan global berdasarkan parameter *drift ratio* (<0,02).
   b. Analisis perangkat lunak menunjukkan bahwa sebelum perbaikan, struktur secara umum aman terhadap deformasi, namun memiliki kekakuan yang perlu ditingkatkan untuk mengurangi risiko keretakan non-struktural.
   c. Setelah peningkatan mutu beton menjadi f'c = 25 MPa melalui metode *grouting*, terjadi penurunan displacement dan *drift ratio*, terutama pada lantai bawah, meskipun dampaknya pada lantai atas dan atap relatif kecil.
3. Efektivitas Perbaikan
   Peningkatan mutu beton dengan *grouting* terbukti mampu memperbaiki kapasitas dan

kekakuan elemen struktural, serta berpotensi mengurangi kerusakan dinding di masa mendatang. Namun, untuk mencapai kinerja optimal, diperlukan perbaikan tambahan pada aspek desain struktural dan pengaku dinding.

4. Rekomendasi Teknis
   Perbaikan menyeluruh perlu mencakup penambahan pondasi dan kolom struktur untuk mengurangi bentang balok, pemasangan kolom praktis dan balok latei, penggantian dinding retak dengan material ringan, pemasangan angkur, serta evaluasi berkala pasca-perbaikan.

Struktur bangunan secara global masih aman terhadap beban gempa dan deformasi, namun memiliki kelemahan pada mutu beton dan pengaku dinding. Peningkatan mutu beton melalui *grouting*, dikombinasikan dengan perbaikan teknis lainnya, merupakan langkah yang tepat untuk memastikan kelayakan fungsi dan keselamatan bangunan sebagai fasilitas pelayanan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Egi Pratama, Y. Kadir, C. Afriade Siregar, A. S. Arief Gumilang, and Pratama, "Pemeriksaan Mutu Beton Terpasang Menggunakan Pengujian Nondestruktif (NDT) Dan Destruktif, Studi Kasus: Bangunan Beton Bertulang 4 Lantai Concrete In-place Strength Assessment Utilizing Non-Destructive Test (NDT) and Destructive Test, Case Study: 4 Storie," 2022.

[2] Permen RI, "Peraturan Pemerintah RI Nomor 16 Tahun 2021 Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung," *Sekr. Negara Republik Indones.*, vol. 1, no. 078487A, p. 483, 2021, [Online]. Available: http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/

[3] W. Apriani, J. Yos, S. Km, and R. Pekanbaru, "Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton," *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 95 – 103–95 – 103, 2016, [Online]. Available: https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/345

[4] M. Fikri, N. Nurhidayah, M. R. Adriansyah, and A. Ahmadi, "Evaluasi Kekuatan Struktur Kolom Eksisting Pada Pembangunan Mako Polres Toraja Utara Menggunakan Schimidt Hammer Test," *J. Ilm. Ecosyst.*, vol. 23, no. 1, pp. 32–39, 2023, doi: 10.35965/eco.v23i1.2501.

[5] P. Studi, S. Teknik, U. Tarumanagara, P. Studi, S. Teknik, and U. Tarumanagara, "Penilaian Tingkat Kondisi Kerusakan Elemen Non Struktural Penelitian terdahulu," vol. 5, no. 3, pp. 705–710, 2022.

[6] N. Chairunnisa *et al.*, "Pendampingan Teknis Pengujian Tidak Merusak dengan Ultrasonic Pulse Velocity dan Hammer Test Pada Struktur Beton Bertulang Bangunan Kantor di Banjarbaru," *J. Pengabdi. ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, vol. 3, no. 1, p. 146, 2023, doi: 10.20527/ilung.v3i1.9523.

[7] F. A. Makruf, A. Ardheva, A. Rastra Faradzilla, and A. Budi Listyawan, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2024 Pelaksanaan Pekerjaan Grouting Struktur Kolom pada Proyek Pembangunan Gedung FKG, FKM, & GKB III Universitas Muhammadiyah Semarang," *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2024*, pp. 319–324, 2024.

[8] A. Z. Mansur and D. Nawir, "Studi Eksperimental tentang Rehabilitasi Balok Jembatan dengan Spalling Menggunakan Sika Grouting dan GFRP," in *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, vol. 2, no. 3, 202.

[9] P. Parmo, A. Hakim, Y. Yusrianti, and B. G. A. Wicaksono, "Perkuatan Struktur Beton Bertulang dengan Metode FRP dan Concrete Jacketing," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 31, no. 1, pp. 149–159, 2024.

[10] S. Sudirman, M. Iqbal, T. Trisakti, and M. Fikri, "Studi Penerapan Polyurethane (PU) pada Perbaikan Retakan Beton pada Pelat Lantai Bangunan Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma," *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, vol. 25, no. 2, pp. 384–392, 2025.