

NASKAH ORISINAL

Evaluasi Kondisi Struktur Terkini dan Rekomendasi Perkuatan pada Gedung Perkantoran di Surabaya

Kohar Yudoprasetyo* | Yuyun Tajunnisa | R. Buyung Anugraha Affandhie | Suwandi

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Kohar Yudoprasetyo, Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
Alamat e-mail: kohar.yudo@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Material dan Struktur
Gedung, Departemen Teknik Infrastruktur
Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, Indonesia

Abstrak

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi struktur terkini pada gedung perkantoran di Surabaya, yang dibangun oleh Dinas Perumahan Rakyat, Pemukiman, dan Cipta Karya, serta memberikan rekomendasi perkuatan kepada mitra terkait. Inspeksi visual pada struktur gedung mengidentifikasi retakan signifikan pada balok, terutama akibat bentangan kolom yang terlalu panjang, sehingga menimbulkan kerusakan lentur. Pengujian material, yang meliputi *Schmidt Hammer*, *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*, dan uji tekan inti beton, menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton adalah 23,71 MPa, di bawah standar mutu yang direncanakan sebesar 25 MPa. Sementara itu, hasil uji tarik baja tulangan menunjukkan nilai kuat tarik rata-rata sebesar 396 MPa. Analisa struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 mengungkapkan bahwa beberapa balok, terutama tipe B1, B3, B1', dan B3', mengalami *overstress*, dengan momen *ultimate* yang melebihi kapasitas struktur saat ini. Berdasarkan hasil analisis, direkomendasikan perkuatan struktur berupa portal tambahan yang terdiri dari balok baja WF 300x150 dan kolom baja WF 350x175 untuk meningkatkan kapasitas dan stabilitas bangunan. Perkuatan ini diharapkan mampu meningkatkan keamanan struktural gedung sehingga layak digunakan oleh mitra sesuai standar keselamatan yang berlaku.

Kata Kunci:

Evaluasi Struktur, Gedung Perkantoran, Perbaikan Struktur, Perkuatan Struktur, Struktur Beton

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Kebutuhan akan bangunan yang aman dan nyaman adalah hal yang wajar diinginkan oleh setiap penghuni. Dalam perencanaan gedung, penting untuk merancang struktur yang aman dan efisien, serta mampu menahan berbagai beban seperti beban mati,

beban hidup, beban gempa/horisontal, beban angin, dan beban tambahan lainnya. Perhitungan struktur yang kompleks dilakukan untuk memastikan kekuatan bangunan sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan^[1].

Berbagai masalah yang dapat terjadi pada pekerjaan konstruksi. Terutama pekerjaan konstruksi untuk renovasi suatu bangunan yang sering terjadi di kota-kota besar di Indonesia. Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang terdapat banyak sekali bangunan-bangunan yang sudah melebihi umur desain. Pada kegiatan Pengabdian Masyarakat ini, terdapat permasalahan terjadinya retakan saat kondisi rehabilitasi struktur Gedung Perkantoran di Surabaya dengan mitra yaitu Dinas Perumahan Rakyat, Pemukiman dan Cipta Karya. Kondisi retakan ini berada pada bentang tengah balok kondisi terkini. Sehingga diperlukan evaluasi struktur gedung untuk melihat kinerja keseluruhan bangunan gedung tersebut. Gedung yang ditinjau merupakan gedung yang berfungsi sebagai kantor yang berdiri di tanah lunak.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan permasalahan yang telah diurai sebelumnya, maka kegiatan Abmas ini akan melakukan evaluasi struktur gedung kondisi terkini. Kegiatan evaluasi struktur terkini ini terdiri dari pengujian *non-destructive*, pengujian *destructive* dan pengecekan kapasitas elemen struktur berupa kolom, balok, dan pelat lantai. Selanjutnya akan didapatkan rekomendasi untuk perkuatan atau perbaikan struktur gedung kondisi terkini.

1.3 | Target Luaran

Target luaran dari kegiatan evaluasi struktur ini adalah melakukan pemeriksaan terhadap kondisi struktur kondisi terkini bangunan dan mengevaluasi struktur bangunan terhadap beban yang direncanakan yang sesuai dengan peraturan baru yang berlaku saat ini. Serta membuat sebuah rekomendasi untuk mitra agar bangunan yang dilakukan pemeriksaan dapat digunakan dengan aman sesuai kaidah SNI yang berlaku.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Evaluasi dan perkuatan struktur bangunan adalah elemen penting dalam memastikan ketahanan struktural dan keamanan bangunan yang sudah ada, terutama dalam konteks pengurangan risiko bencana dan peningkatan kapasitas struktural. Kegiatan pengabdian masyarakat ini berfokus pada penerapan metode evaluasi dan teknik perkuatan pada bangunan gedung, sejalan dengan beberapa pendekatan dan studi sebelumnya.

2.1 | Evaluasi Kekuatan Struktur

Evaluasi kekuatan struktur adalah langkah awal yang esensial untuk memahami kondisi terkini bangunan dan menentukan kebutuhan perkuatan. Pranoto dan Setiabudi menekankan pentingnya inspeksi visual serta pengujian non-destruktif, seperti *Schmidt Hammer* dan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*, untuk memperoleh gambaran tentang kualitas beton dan distribusi material struktural^[2]. Selain itu, penelitian oleh Villar-Salinas et al. menunjukkan bahwa pengujian kompresi dan tarik pada elemen struktur, termasuk uji destruktif seperti core drill, dapat memberikan data yang lebih detail terkait kekuatan material bangunan terkini dan sangat membantu dalam menetapkan rencana perkuatan yang efektif^[3].

2.2 | Teknik Perkuatan dengan Baja dan Karbon Fiber

Metode perkuatan untuk meningkatkan kapasitas struktur sering kali memanfaatkan material baja atau komposit fiber, seperti *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* dan *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*. Firmansyah, Tavo, dan Rasyid menunjukkan efektivitas GFRP dalam meningkatkan kapasitas lentur dan geser pada struktur bangunan yang berisiko tinggi terhadap gempa, khususnya di bangunan rumah sakit yang memiliki ketahanan struktur yang lebih rendah^[4]. Di sisi lain, *steel jacketing* merupakan teknik yang efektif untuk memperkuat kolom beton bertulang yang tidak memenuhi standar seismik, sebagaimana ditunjukkan dalam studi oleh Villar-Salinas et al., yang menguraikan peningkatan ketahanan kompresi dan fleksibilitas kolom melalui metode ini^[5].

2.3 | Standar dan Metode Analisis untuk Kinerja Seismik

Untuk mengidentifikasi elemen struktur yang perlu diperkuat, digunakan analisis struktur berbasis perangkat lunak seperti SAP2000^[6] yang mengikuti standar-standar terbaru, seperti SNI 1726:2019^[7] untuk ketahanan gempa dan SNI 1727:2020^[8] untuk pembebanan. Analisis ini penting untuk memverifikasi kapasitas momen ultimate dan kapasitas aksial elemen-elemen struktural. Pada studi oleh Villar-Salinas et al., modal *response spectrum* dan modal *push-over analysis* digunakan untuk menentukan kinerja seismik bangunan dan memastikan bahwa elemen-elemen yang diperkuat dapat menahan beban yang diharapkan selama peristiwa gempa besar^[5].

2.4 | Teknik Perbaikan Keretakan pada Struktur Beton

Kerusakan retak pada beton bertulang memerlukan metode perbaikan yang efektif untuk mengembalikan kekuatan struktural dan mencegah degradasi lebih lanjut. Pranoto dan Setiabudi merekomendasikan injeksi resin (*epoxy*) untuk retakan halus sebagai solusi yang efektif dalam meningkatkan daya tahan dan mencegah oksidasi pada tulangan beton^[2]. Perbaikan retakan juga dapat dilakukan dengan menggunakan *micro-concrete* atau material injeksi khusus untuk kerusakan yang lebih besar pada elemen kolom dan balok.

3 | METODE KEGIATAN

3.1 | Inspeksi Visual

Pencatatan pengamatan visual terhadap kerusakan-kerusakan yang ada, berupa foto dokumentasi kerusakan atau retak-retak yang terjadi pada elemen gedung. Hasil pengamatan visual akan digunakan sebagai salah satu acuan dalam memberikan informasi yang representatif tentang kondisi struktur, termasuk kerusakan-kerusakan yang mungkin terjadi pada elemen-elemen struktur. Seperti pada Gambar (1) dimana inspeksi visual ini dilakukan untuk memperoleh data-data utama dalam penentuan langkah kerja dalam tindakan evaluasi struktur bangunan. Dengan berinteraksi dengan mitra dan tim pelaksanaan di lapangan akan diperoleh beberapa informasi penting berupa data sekunder dalam mendukung kegiatan selanjutnya.



Gambar 1 Inspeksi visual di lapangan.

3.2 | Pengujian Material Beton

Pengujian kondisi material beton struktur Gedung Perkantoran dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu secara *non-destructive test* dan *destructive test*. Untuk pengujian *non-destructive test* meliputi *Schmidt hammer*, *ultrasonic pulse velocity* dan *bar locator*, sedangkan untuk *destructive test* meliputi pengambilan sampel bor inti beton dan baja tulangan dengan cara *core drill*.

Metode pelaksanaan beberapa *non-destructive test* di lapangan berupa pengujian kekuatan dan keseragaman mutu beton dengan uji *Hammer* yang dilakukan menyebar pada elemen beton struktur yang diuji^[9], Pengujian *ultrasonic* dilakukan untuk mengetahui kepadatan beton^[3], Pengukuran Lebar Retak dan Kedalaman Retak dilakukan dengan bantuan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) tipe “TICOv1.21–PROCEQ” sedangkan pengukuran lebar retak dengan Loupe, Pengujian *Bar locator* dilakukan untuk mengetahui tebal selimut beton dan jumlah serta posisi tulangan terpasang pada setiap elemen struktur beton bertulang.

Untuk metode pelaksanaan *destructive test* berupa pengambilan *sample* beton (benda uji) dengan *core drill* dilakukan berdasarkan ASTM C42-04^[10]. Pengambilan *sample* ini tergolong sebagai *destructive test*, dimana *sample* diambil dengan menggunakan mata bor berdiameter 100 mm. Adapun panjang dari *sample* silinder beton diupayakan 2 kali diameter. Bila panjang *sample* melebihi 2 kali diameter, maka panjang *sample* harus dikurangi. Bila panjang sama atau kurang dari 1,75 harus dikalikan dengan faktor koreksi kekuatan tekan.

3.3 | Analisa dan Evaluasi Struktur Bangunan Gedung

Setelah diperoleh data-data yang meliputi data sekunder dan data primer, selanjutnya dilakukan analisis dan evaluasi terhadap material struktur gedung yang ada. Hasil analisis dan evaluasi dari struktur gedung yang dilakukan kemudian disampaikan pada kesimpulan untuk memberikan gambaran kekuatan struktur kondisi struktur bangunan gedung kondisi terkini.

3.4 | Sosialisasi hasil rekomendasi

Sebagai bagian akhir dari program pengabdian kepada masyarakat ini, dilakukan sosialisasi hasil rekomendasi perbaikan struktur kepada mitra, yaitu Dinas Perumahan Rakyat, Pemukiman, dan Cipta Karya. Sosialisasi ini bertujuan untuk memastikan pemahaman yang komprehensif mengenai langkah-langkah yang disarankan, manfaat perkuatan yang direkomendasikan, serta dampak positif yang diharapkan terhadap keamanan dan stabilitas struktur gedung yang dievaluasi.

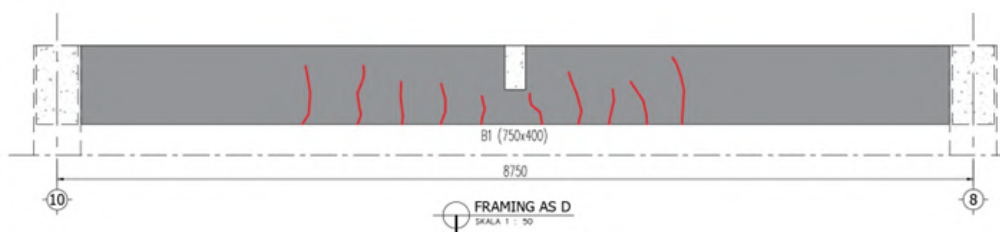
Tahapan sosialisasi dimulai dengan presentasi rinci mengenai temuan dari inspeksi visual dan hasil pengujian material. Kemudian, peneliti menjelaskan rekomendasi perkuatan, mencakup penambahan kolom dan balok baja serta prosedur injeksi resin untuk memperbaiki retakan pada balok. Selain itu, dalam pertemuan ini diberikan juga informasi teknis mengenai metode yang dapat diadopsi oleh mitra dalam implementasi perbaikan sesuai standar yang berlaku, serta pemahaman akan potensi risiko yang dapat dihindari melalui penerapan rekomendasi ini.

Diskusi mendalam dengan mitra menutup sesi sosialisasi untuk menjawab setiap pertanyaan dan memastikan bahwa setiap rekomendasi dapat diimplementasikan secara efektif.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Hasil Inspeksi Visual

Pengamatan visual dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi terkini struktur balok dan pelat lantai 2 dan lantai atap pada Gedung Perkantoran. Pengamatan Visual dilakukan dari lantai 1 untuk mengamati, kolom, balok lantai 2 dan pelat lantai 2 untuk memperkirakan penyebab terjadinya retak-retak serta melakukan dokumentasi berkaitan dengan kerusakan-kerusakan yang terjadi pada struktur balok dan pelat lantai 2 kondisi terkini. Gambar (2) menunjukkan adanya retakan yang relatif banyak pada sisi bawah balok beton dengan bentang 8,75 meter. Retak dengan arah vertikal ini menunjukkan balok beton mengalami kerusakan lentur sehingga perlu dilakukan pengecekan lebar retak dan kedalaman retak. Selanjutnya dilakukan pengecekan kapasitas momen pada balok kondisi terkini yang ditinjau.



Gambar 2 Kondisi retak sisi bawah pada balok beton.

4.2 | Hasil Pengujian Material

Pengujian kekuatan dan keseragaman mutu pelaksanaan pekerjaan beton pada Gambar (3) a, dilakukan dengan pengujian *Hammer Schmidt's* pada elemen struktur bangunan, jumlah pengujian *Hammer* ada 21 titik dengan lokasi struktur beton yang memungkinkan untuk diuji yaitu pada elemen struktur beton plat, balok dan kolom. Penentuan nilai kuat tekan beton menggunakan hasil Pengujian *Hammer* (Palu Beton) dapat dilakukan dengan menemukan persamaan garis regresi linear yang menghubungkan kuat tekan beton dari uji silinder hasil *Core Drill* dengan nilai *Rebound Hammer*.

Pengujian *ultrasonic* dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan beton dan kekuatan tekan beton setelah mengkorelasikan antara hasil pengujian *ultrasonic* dengan hasil kuat tekan benda uji silinder beton dari *Core Drill*. Pada pelaksanaan pengujian *Ultrasonic* seperti pada Gambar (3) b, dilakukan pengamatan 6 kali pada setiap titik, dengan cara pengamatan *indirect*. Pengujian dilakukan pada sekitar lokasi pengambilan benda uji silinder beton dengan *Core Drill* dan beberapa lokasi lainnya pada struktur beton bangunan.



Gambar 3 (a) Pelaksanaan pengujian *hammer test*, (b) Pelaksanaan pengujian UPV Test.

Pengukuran lebar dan kedalaman retak dilakukan secara acak pada elemen struktur balok beton Gedung Perkantoran. Pengukuran kedalaman retak dilakukan sebanyak 10 titik dengan bantuan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) tipe “PL200 – PROCEQ” seperti pada Gambar (4) a. Sedangkan pengukuran lebar retak dengan *Crack comparator* dilakukan 10 titik pada Gambar (4) b. Sehingga hasil yang diperoleh rata-rata pengujian kedalaman retak sebesar 224,6 mm dan lebar retakan sebesar 0,84 mm. Hal ini menunjukkan adanya retak struktur karena panjang kedalaman retakan berada lebih dari selimut beton.

Pengujian yang merupakan pengamatan tebal selimut beton pada struktur beton bertulang dilakukan pada permukaan elemen struktur beton bangunan Gedung Perkantoran Gambar (5). Untuk pengujian yang merupakan pengamatan tebal selimut beton ini dipakai alat Profometer 5+ Proceq, yang dilakukan pada 14 titik dengan perincian lantai 1 sebanyak 7 titik dan lantai 2 sebanyak 10 titik. Sehingga didapatkan penulangan pelat lantai 1 sebesar diameter 10 mm dengan jarak 147 x 142 mm, dan pelat lantai 2 sebesar diameter 10 mm dengan jarak 146 x 150 mm. Konfigurasi tulangan balok didapatkan jumlah 5 dengan diameter 19 mm.

Pengujian *destructive test* berupa pengambilan sampel benda uji beton. Pengambilan sampel dengan jumlah 6 titik dengan pengambilan di pelat lantai dan balok. Hasil sampel benda uji beton akan dilakukan pengujian kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan di laboratorium. Hasil tersebut akan dilakukan korelasi dengan nilai palu beton dan *Ultrasonic Velocity Test*.

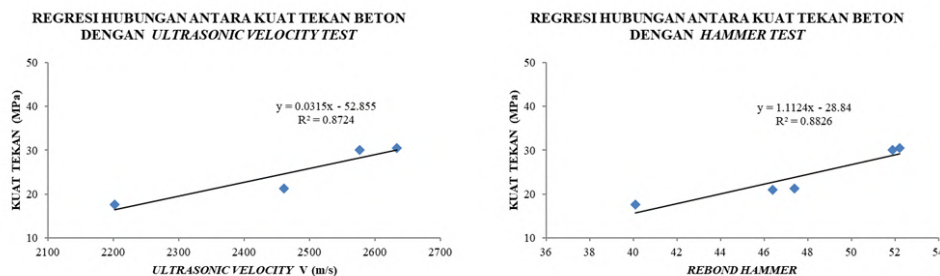
Hasil dari uji palu beton dan *Ultrasonic Pulse Test* (UPV) dikorelasikan dengan uji kuat tekan beton inti (*core drill*) untuk mendapatkan gambaran kuat tekan beton di titik uji palu beton dan UPV. Pengujian palu beton dan UPV yang dalam pelaksanaannya diambil secara acak pada permukaan struktur beton. Pengujian palu beton ini dilakukan sebanyak 21 titik dengan lokasi menyebar pada elemen kolom, balok dan pelat bangunan beton. Sedangkan pengujian UPV ini dilakukan sebanyak 10 titik dengan lokasi menyebar pada balok dan pelat lantai. Pada Gambar (6) korelasi antara nilai *rebound hammer* dan *ultrasonic*



Gambar 4 (a) Pelaksanaan pengujian lebar retak, (b) Pelaksanaan pengujian kedalaman retak.



Gambar 5 (a) Pengecekan diameter tulangan kondisi terkini, (b) Pelaksanaan pengujian tebal selimut dan jarak antar tulangan.



Gambar 6 Hasil korelasi kuat tekan beton dengan *rebound hammer* dan UPV.

velocity yang telah dikoreksi dengan kuat tekan beton ditentukan melalui regresi linear antara kuat tekan beton silinder hasil uji *core drill* dengan hasil pengukuran *non-destructive test* sebelumnya. Hasil yang didapatkan untuk kuat tekan beton rata-rata dari kedua pengujian ini sebesar (f_c') 23,71 MPa, di bawah standar mutu rencana.

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan pada baja tulangan beton yang diambil dari struktur beton bertulang dari Benda Uji Silinder Beton yang diambil dengan *Core Drill* dan bagian kolom lantai atap yang tersisa. Pengujian kuat tarik baja tulangan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik baja tulangan *existing* pada saat studi ini dilaksanakan. Pengujian dilakukan 5 buah untuk baja tulangan yang terambil bersamaan dengan *core drill* beton dan sisa kolom bagian atas. Baja tulangan di bentuk sampel benda uji dan disambung dengan baja yang lebih besar agar bisa ditarik pada alat uji di laboratorium. Pelaksanaan pengujian kuat tarik baja tulangan terlihat pada Gambar (7).

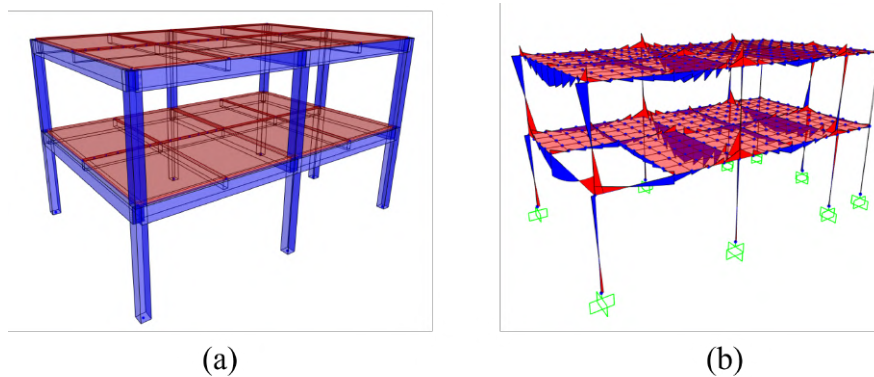
Hasil pengujian kuat tarik 5 buah benda uji baja tulangan dari struktur bangunan gedung menunjukkan bahwa baja tulangan mempunyai nilai kuat tarik leleh rata-rata baja tulangan adalah (f_y) 396 MPa.



Gambar 7 Pengujian Tarik Baja.

4.3 | Pemodelan Struktur

Struktur bangunan ini dievaluasi menggunakan sistem tunggal berupa sistem rangka pemikul momen yang terdiri dari balok dan kolom. Analisis struktur dilakukan menggunakan metode *Response Spectrum* untuk analisis gempa. Desain dan analisis struktur akan dilaksanakan menggunakan perangkat lunak SAP2000, yang merupakan program analisis struktur berbasis teori metode elemen hingga untuk pemodelan dan penyelesaian persamaan statika. Struktur Gedung Perkantoran yang telah direncanakan *layout* dan fungsinya, harus ditentukan disain detailnya yang direncanakan dapat melayani beban-beban yang bekerja. Maka itu dilakukan analisis gaya dan pembebanan. Pembebanan mengacu pada SNI 1727^[8]. Perhitungan beban gempa ditentukan berdasar peraturan "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung" yaitu SNI 1726-2019^[7]. Dalam perhitungan ini direncanakan struktur dapat menahan level gempa sebesar probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (Gempa 2500 tahun). Dalam proses perencanaan beban gempa 2500 tahun diperlukan beberapa informasi dari struktur Bangunan, diantaranya yaitu lokasi, jenis/fungsi bangunan, jenis tanah tempat berdirinya bangunan. Setelah itu diperlukan juga parameter-parameter gempa dengan melihat "Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2017". Penentuan respon spektra percepatan gempa (MCER) di permukaan tanah memerlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik, 1 detik, dan *peak ground acceleration* (Surabaya: $S_s = 0,7046$, $S_1 = 0,3045$). Berdasarkan uji tanah, lokasi struktur Gedung Perkantoran diklasifikasikan sebagai kelas situs SE (tanah lunak).



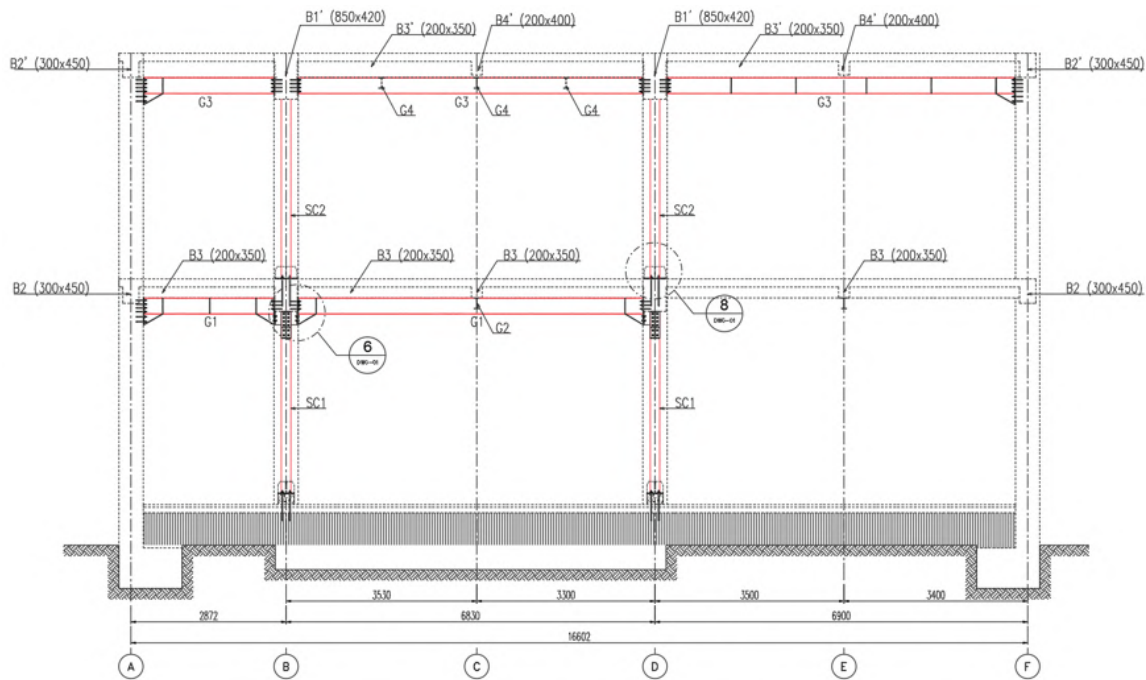
Gambar 8 (a) Pemodelan Struktur Gedung Perkantoran dengan Program SAP2000, (b) *output* gaya dalam pada pemodelan struktur.

Analisis struktur Gedung Perkantoran menggunakan asumsi sistem *moment resisting frame (3D frame system)*, dengan elemen struktur dirancang memiliki 6 derajat kebebasan pada setiap ujung nodal elemen ($U_x, U_y, U_z, R_x, R_y, R_z \neq 0$). Model *undeformed shape* struktur bangunan ini dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini yang merupakan *capture picture* dari SAP2000 seperti pada Gambar (7) a. Pada pemodelan struktur ini untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau. Analisa struktur dilakukan dengan memakai program *Structural Analysis Program* SAP2000. Gaya-gaya dalam maksimum yang diperoleh (momen, aksial, geser) Gambar (7) a selanjutnya dipakai untuk melakukan evaluasi struktur.

Tabel 1 Perbandingan Kapasitas Balok Kondisi Terkini dengan Gaya dalam Balok

No.	Tipe Balok	Dimensi Balok (cm)	Kapasitas Lentur (kNm)	Momen Maksimum (kNm)	Cek
1.	B1	42/60	184.12	301.12	Tidak Aman
2.	B2	30/45	97.65	83.96	Aman
3.	B3	20/35	33.68	57.37	Tidak Aman
4.	B1'	42/82	259.46	341.02	Tidak Aman
5.	B2'	30/45	97.65	83.96	Aman
6.	B3'	20/45	45.43	62.32	Tidak Aman

Setelah dilakukan pemodelan struktur Gedung Perkantoran, analisis gaya dalam menghasilkan rekapitulasi kapasitas struktur balok sebagaimana ditunjukkan dalam tabel. Tabel 1 memperlihatkan perbandingan antara kapasitas lentur balok kondisi terkini dengan momen maksimum yang terjadi pada masing-masing tipe balok. Berdasarkan hasil perhitungan, dari enam tipe balok yang dianalisis, hanya satu tipe balok yang dinyatakan aman, yaitu tipe B2 dengan dimensi 30/45 cm yang memiliki kapasitas lentur sebesar 97,65 kNm dan momen maksimum 83,96 kNm. Sementara itu, lima tipe balok lainnya dinyatakan tidak aman, karena kapasitas lentur yang lebih rendah dibandingkan momen maksimum yang terjadi. Hal ini menunjukkan perlunya evaluasi dan perbaikan terhadap balok-balok yang tidak aman untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktur secara keseluruhan.

**Gambar 9** Hasil perkuatan struktur pada Gedung Perkantoran.

4.4 | Metode Perkuatan dan Perbaikan Struktur

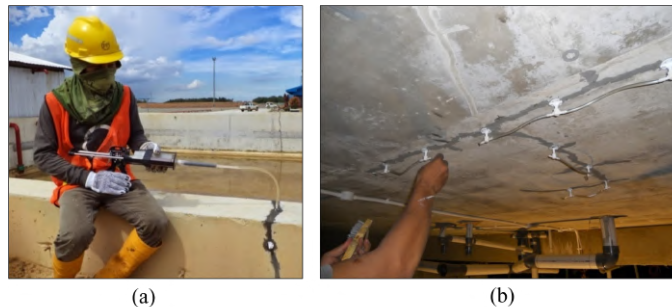
Berdasarkan hasil analisa evaluasi struktur kondisi terkini, didapatkan hasil bahwa struktur kolom dan pelat lantai masih dalam kondisi aman, akan tetapi sebagian struktur balok masuk dalam kondisi tidak aman. Dimana dibuktikan dengan adanya kerusakan berupa retak lentur pada balok kondisi terkini dan kurangnya kapasitas lentur pada balok kondisi terkini. Sehingga diperlukan perkuatan yang signifikan untuk meningkatkan kapasitas balok kondisi terkini. Pada Gambar (8) perkuatan struktur Gedung Perkantoran ini dilakukan dengan cara penambahan struktur kolom baja pada tengah bentang balok utama. Hal ini didasarkan

bahwa struktur balok utama mengalami kurangnya kapasitas momen yang lebih dari 50% dari kapasitas balok. Perkuatan struktur ini menggunakan balok baja WF 300x150 dan kolom baja WF 350x175. Struktur tersebut dipasang di sisi bawah balok beton kondisi terkini yang berfungsi sebagai penyangga. Sistem sambungan yang digunakan pada perkuatan ini adalah menggunakan sistem *chemical anchor*, dimana angkur tersebut akan ditanamkan pada struktur beton kondisi terkini.

Selanjutnya dalam menentukan metode perbaikan yang lebih tepat, menggunakan metode injeksi resin dalam menangani retakan pada beton^[11]. Beton tidak perlu dibongkar, melainkan cukup dilakukan injeksi retakan menggunakan material resin.

Tahapan perbaikan retak pada beton seperti pada Gambar 10 adalah sebagai berikut:

1. Bersihkan permukaan retakan dengan sikat kawat untuk menghilangkan kotoran, minyak, jamur, dan debu. Gunakan kompresor atau *vacuum* untuk memastikan retakan bersih dan kering.
2. Aplikasikan resin (*epoxy*) untuk menutup retak dan pasang nipel injeksi dengan *epoxy compound* setiap 20 cm. Pastikan nipel tepat terpasang pada retakan beton dengan tekanan tangan selama tiga detik, seperti pada Gambar (10).
3. Pasang jarum atau pipa injeksi pada lubang 1, 2, 3, dan seterusnya.
4. Lakukan injeksi resin (*epoxy*) dan kontrol aliran dari pipa. Pasang *epoxy compound* di antara nipel untuk mencegah kebocoran. Campur resin (*epoxy*) dengan *paddle mixer* selama dua menit, tambahkan *hardener*, dan aduk lagi selama tiga menit. Injeksi dilakukan dengan tekanan rendah hingga resin (*epoxy*) mengisi retakan dan mengeras dalam 24 jam. Potong *nipple* yang mengeras dengan gerinda.
5. Ulangi proses injeksi hingga retakan terisi penuh dengan resin (*epoxy*).



Gambar 10 (a) Metode injek dengan resin (*epoxy*), (b) Metode penempatan *nipple* injek beton.

4.5 | Sosialisasi Hasil Rekomendasi

Pada sesi sosialisasi hasil rekomendasi, tim pengabdian masyarakat menyampaikan poin-poin utama dari hasil pengujian dan analisa struktur sebagai dasar untuk rekomendasi perbaikan gedung. Berdasarkan pengujian material, diperoleh mutu beton kondisi terkini dengan kuat tekan rata-rata sebesar 23,71 MPa, sedikit di bawah standar mutu yang direncanakan sebesar 25 MPa. Sementara itu, uji kuat tarik baja tulangan menunjukkan nilai rata-rata sebesar 396 MPa. Kondisi material ini menjadi dasar penting dalam perumusan rekomendasi perkuatan.

Analisa struktur menunjukkan bahwa beberapa elemen balok, yaitu tipe B1, B3, B1', dan B3', mengalami *overstress*, di mana momen *ultimate* yang terjadi pada balok-balok tersebut melebihi kapasitas yang mampu ditahan oleh struktur kondisi terkini. Tanpa tindakan perkuatan, elemen-elemen ini tidak akan mampu menahan beban secara optimal sesuai standar keselamatan yang berlaku. Untuk mengatasi hal tersebut, direkomendasikan pemasangan portal tambahan yang terdiri dari balok baja WF 300x150 dan kolom baja WF 350x175, yang dirancang untuk menambah kapasitas struktur guna menahan beban di atasnya dan memastikan stabilitas gedung dalam jangka panjang.



Gambar 11 Sosialisasi dan diskusi tanya-jawab.

Sosialisasi ini diakhiri dengan sesi tanya jawab seperti pada Gambar (11), dimana tim memberikan klarifikasi atas setiap rekomendasi yang disampaikan, sehingga mitra memahami secara komprehensif langkah-langkah perbaikan yang perlu dilakukan demi menjaga keamanan dan fungsi gedung sesuai dengan standar yang berlaku.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah bahwa evaluasi kondisi struktur gedung perkantoran di Surabaya telah dilakukan secara komprehensif melalui inspeksi visual, pengujian material, dan analisa struktural yang menghasilkan rekomendasi teknis untuk peningkatan keamanan dan stabilitas bangunan. Hasil inspeksi visual menunjukkan adanya retakan signifikan pada elemen balok, terutama pada bentang tengah, yang disebabkan oleh kurangnya kapasitas struktur dalam menahan beban. Pengukuran lebih lanjut menemukan bahwa kedalaman retak rata-rata mencapai 224,6 mm dengan lebar retakan sebesar 0,84 mm, yang melampaui batas toleransi untuk kondisi struktur beton bertulang. Pengujian material menunjukkan mutu beton kondisi terkini memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 23,71 MPa, sedikit di bawah standar mutu yang direncanakan sebesar 25 MPa, sementara uji tarik baja tulangan menunjukkan nilai rata-rata sebesar 396 MPa. Analisa struktural lebih lanjut mengidentifikasi *overstress* pada beberapa elemen balok, yaitu tipe B1, B3, B1', dan B3', di mana momen *ultimate* yang terjadi pada elemen-elemen tersebut melebihi kapasitas struktur kondisi terkini. Berdasarkan temuan ini, disarankan penambahan portal tambahan yang terdiri dari balok baja WF 300x150 dan kolom baja WF 350x175 sebagai perkuatan, yang didesain khusus untuk menambah kapasitas struktur dan memastikan stabilitas gedung dalam jangka panjang.

Sebagai saran, implementasi rekomendasi perkuatan di lapangan sebaiknya dilakukan secara bertahap, dimulai dengan elemen-elemen struktur yang paling kritis untuk menjaga keamanan gedung. Dinas Perumahan Rakyat sebagai mitra disarankan untuk melakukan pemantauan berkala terhadap kondisi struktur setelah perkuatan, guna mengevaluasi efektivitas perbaikan dan mendeteksi potensi kebutuhan perbaikan tambahan. Penerapan metode injeksi resin pada retakan juga direkomendasikan sebagai solusi efektif tanpa pembongkaran, yang meminimalkan gangguan pada fungsi operasional gedung. Evaluasi hasil kegiatan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi program perkuatan serupa pada gedung-gedung lain dengan karakteristik struktural yang sebanding dan usia bangunan yang rentan terhadap kerusakan.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

"Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Kerjasama dan Pengelolaan Usaha (DKPU) – Institut Teknologi Sepuluh Nopember serta Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman dan Cipta Karya Provinsi Jawa Timur"

Referensi

1. Chalid NA, Walujodjati E. Evaluasi Struktur Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Gedung KORPRI Kab. Garut. *Jurnal Konstruksi* 2024;22(1):67–75.
2. Pranoto Y, Setiabudi R. Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Gedung (Studi Kasus: Bangunan Gedung SMPN 19 Samarinda, Kalimantan Timur). *Jurnal Rekayasa* 2018;8(2):101–122.
3. Zárate DM, Cárdenas F, Forero EF, Peña FO. Strength of concrete through ultrasonic pulse velocity and uniaxial compressive strength. *International Journal of Technology* 2022;13(1):103–114.
4. Firmansyah MF, Tavio T, Al Rasyid H. Kajian Perkuatan Struktur Rumah Sakit RKZ Surabaya Menggunakan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Sheets. *Jurnal Teknik ITS (SINTA: 4, IF: 11815)* 2022;11(3):D138–D145.
5. Villar-Salinas S, Guzmán A, Carrillo J. Performance evaluation of structures with reinforced concrete columns retrofitted with steel jacketing. *Journal of Building Engineering* 2021;33:101510.
6. Computers & Structures, Inc ., CSI Analysis Reference Manual For SAP2000, ETABS, SAFE and CSiBridge; 2016. <https://docs.csiamerica.com/manuals/sap2000/CSiRefer.pdf>.
7. Badan Standarisasi Nasional. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. SNI 2012;1726:2012.
8. Badan Standarisasi Nasional. SNI 1727: 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standarisasi Nasional 2020;8:1–336.
9. Alam M, Ahmad SI. Rebound Number of Hardened Concrete 2021;.
10. ASTM, Standard test method for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete; 2003.
11. Darmawan MS, Husin NA, Bayuaji R, Wahyudi DI, Subekti S, Rahardjo IP, et al. Evaluasi Struktur Beton Outfall Condenser Di PLTU Tarahan. *Sewagati* 2020;4(3):204–212.

Cara mengutip artikel ini: Yudoprasetyo, K., Tajunnisa, Y., Affandhie, R.B.A., Suwandi, (2024), Evaluasi Kondisi Struktur Terkini dan Rekomendasi Perkuatan pada Gedung Perkantoran di Surabaya, *Sewagati*, 8(6):2336–2346, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i6.2179>.