

Implementasi Nilai Profesionalisme dan K3L pada Tahap Desain Perkuatan Struktur Eksisting dengan Sistem Flat Slab

Juan Christhoper¹, Surya Hermawan²

¹Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra,
juan.christoper@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil dan Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra
shermawan@petra.ac.id

Abstract—The construction of infrastructure, buildings, and public facilities in Indonesia continues to support economic growth and social development. A common issue encountered is the presence of stalled buildings, where construction halts due to financing issues, licensing, or planning errors. This research examines an unfinished building project that is scheduled to resume construction despite limited documentation, resulting in uncertainty regarding the current structural feasibility. The objective of this research is to professionally plan the structural strengthening design using a flat slab system on existing buildings, while also addressing OHS&E (Occupational Health, Safety, and Environmental) aspects to ensure that each phase of reinforcement considers the safety of workers and building users. The strengthening methods include adding lateral support elements such as shear walls and repairing areas with material degradation. Both non-destructive and destructive tests are conducted to ensure structural integrity, including coredrill and rebound hammer tests to assess concrete quality. The results indicate that the addition of shear walls effectively improves the structure's stability against lateral loads, with walls absorbing approximately 78% of earthquake forces. Observations and feasibility tests suggest the need for repairs on degraded elements and areas exposed to prolonged weathering. The implementation of professionalism has been carried out during the strengthening design and structural testing phases. However, the structural testing process has not yet fully applied OHS&E standards.

Keywords: professionalism, K3L, structural reinforcement, flat slab, shear wall, coredrill, rebound hammer

Abstrak—Pembangunan infrastruktur, gedung, dan fasilitas publik di Indonesia terus berlanjut untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan perkembangan sosial. Masalah yang sering dihadapi yaitu banyak bangunan mangkrak yang terhenti pembangunannya akibat masalah pembiayaan, perizinan, dan kesalahan perencanaan. Penelitian ini mengambil proyek gedung mangkrak yang akan dilanjutkan kembali pembangunannya dengan dokumentasi yang terbatas sehingga tidak diketahui kelayakan strukturnya saat ini. Tujuan penelitian ini secara profesional melakukan perencanaan desain perkuatan struktur dengan sistem *flat slab* pada bangunan eksisting dan secara aspek K3L (Keamanan, Keselamatan, dan Kesehatan Lingkungan Kerja) memastikan bahwa setiap tahapan perkuatan dilakukan dengan mempertimbangkan keselamatan pekerja dan pengguna bangunan. Metode perkuatan meliputi penambahan elemen penahan lateral seperti dinding geser dan perbaikan pada area yang mengalami degradasi material. Pengujian non-destruktif dan destruktif dilakukan untuk memastikan integritas struktural, termasuk pengujian *coredrill* dan *rebound hammer* untuk menilai mutu beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser efektif meningkatkan stabilitas struktur terhadap beban lateral dimana dinding menyerap sekitar 78% gaya gempa. Dari hasil pengamatan dan pengujian kelayakan struktur, diperlukan tindakan perbaikan pada elemen yang mengalami degradasi serta pada area yang terekspos cuaca dalam waktu lama. Implementasi nilai profesionalisme sudah dilakukan pada tahap desain perkuatan serta pengujian struktur. Namun, pada proses pengujian struktur didapati bahwa K3 masih belum diterapkan secara penuh.

Kata Kunci : profesionalisme, K3L, perkuatan struktur, *flat slab*, dinding geser, *coredrill*, *rebound hammer*

I. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), kontribusi sektor konstruksi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) mencapai lebih dari 10% pada triwulan IV tahun 2022 [1]. Pembangunan infrastruktur, gedung, dan fasilitas publik terus dilakukan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan perkembangan sosial. Namun, di tengah perkembangan ini, muncul tantangan signifikan berupa banyaknya bangunan mangkrak atau

terbengkalai, baik karena masalah pembiayaan, perizinan, maupun kesalahan perencanaan.

Berdasarkan data dari Kementerian Investasi / Badan Koordinasi Penanaman Modal (BKPM), proyek investasi mangkrak di Indonesia mencapai Rp 149,3 triliun atau 21,1% [2]. Proyek Menara Indonesia 1 di Jakarta menjadi salah satu proyek yang terhenti dikarenakan berbagai masalah internal seperti sengketa kepemilikan dan permasalahan administrasi [3]. Beberapa penyebab lain dari fenomena bangunan mangkrak ini meliputi ketidakmampuan keuangan pemilik

proyek, perubahan regulasi, ketidakcocokan desain dengan kondisi lapangan, hingga ketidakmampuan kontraktor dalam melanjutkan pekerjaan. Akibatnya, banyak bangunan yang tidak terselesaikan dan dibiarkan mangkrak dalam waktu yang lama.

Bangunan mangkrak yang akan dilanjutkan pembangunannya harus melalui proses evaluasi yang ketat untuk memastikan kelayakan struktur yang sudah ada. Kelayakan ini harus ditinjau dari aspek teknis, termasuk keamanan struktur, serta memastikan bahwa bangunan mampu menahan beban sesuai dengan fungsinya. Dalam banyak kasus, bangunan mangkrak yang telah berdiri lama mengalami penurunan kualitas bahan dan struktur. Ismail mengemukakan bahwa terjadi degradasi kekuatan pada beton dan tulangan beton akibat struktur yang terekspos cuaca dalam waktu lama [4,5]. Perkuatan struktur menjadi aspek krusial dalam memastikan keberlanjutan dan keamanan proyek konstruksi tersebut.

Dalam penelitian ini, peneliti mengambil proyek gedung mangkrak dengan sistem *flat slab* yang akan dilanjutkan kembali pembangunannya. Permasalahan dalam penelitian ini meliputi terbatasnya dokumentasi dan informasi saat pembangunan sebelumnya sehingga tidak diketahui kelayakan struktur saat ini.

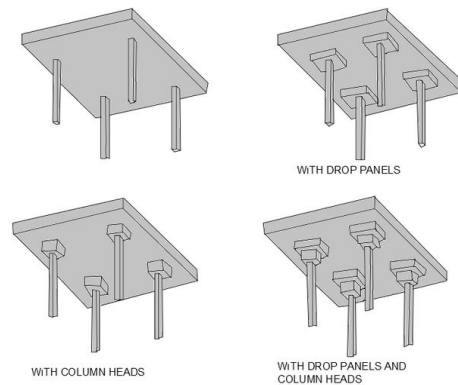
Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Secara profesional melakukan pemeriksaan kelayakan bangunan secara cermat, melakukan perhitungan yang tepat, dan mengambil langkah-langkah teknis yang sesuai. Selain itu, peneliti melakukan desain perkuatan struktur sehingga gedung tersebut dapat digunakan sesuai fungsinya sekarang.
- Secara prinsip K3L (Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan Hidup) memastikan bahwa setiap tahapan perkuatan dilakukan dengan mempertimbangkan keselamatan pekerja dan pengguna bangunan.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Struktur Flat Slab

Struktur dengan sistem *flat slab* merupakan sistem konstruksi beton bertulang dimana pelat lantai langsung ditopang oleh kolom tanpa menggunakan balok. *Flat slab* menawarkan keunggulan seperti tampilan arsitektural yang lebih baik dan pemanfaatan ruang internal yang maksimal. Sistem ini cocok untuk bangunan komersial yang membutuhkan ruang bebas seperti *hall*, *mall*, teater, dan gedung olahraga. Dari segi ekonomis, sistem *flat slab* dapat mengurangi biaya dari pekerjaan pembesian, perancah, dan bekisting dibandingkan sistem struktur menggunakan balok. Waktu pekerjaan yang dibutuhkan juga lebih cepat [6,7]. Sistem ini sering didukung dengan penebalan di area kolom yang disebut *drop panel* atau dengan pembesaran pada kepala kolom yang disebut *column capital/column head*, seperti Gambar 1.



Gambar. 1. Pengaplikasian struktur *flat slab* [8]

Sistem struktur *flat slab* memiliki kemampuan menahan gaya geser yang lebih rendah dibandingkan struktur yang memiliki elemen balok karena bersifat lebih fleksibel. Adanya transfer gaya geser dan momen yang tidak seimbang antara pelat dan kolom akibat beban siklik lateral mengakibatkan fenomena *punching shear* pada koneksi antara pelat dan kolom [9]. *Punching shear* merupakan jenis kegagalan pelat akibat gaya lokal yang tinggi dan dapat terjadi tanpa indikasi sebelumnya. Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan *drop panel*, *column capital*, penebalan pelat secara keseluruhan, dan penambahan tulangan geser dapat meningkatkan kekuatan geser. Dalam beberapa penelitian terdahulu, sistem *flat slab* pada wilayah gempa membutuhkan dinding geser sebagai penahan gaya lateral utama yang terbukti dapat mengurangi deformasi akibat beban lateral [10,11]. Analisis dapat dilakukan dengan metode rangka ekuivalen dan metode desain langsung, dengan memperhatikan persyaratan panjang penyaluran tulangan dan kapasitas geser sesuai standar yang berlaku.

B. Pengujian Kelayakan Struktur

Pengujian kelayakan struktur adalah proses evaluasi yang dilakukan untuk menilai kondisi, kekuatan, dan keselamatan suatu struktur yang sudah dibangun, biasanya setelah jangka waktu tertentu atau akibat adanya perubahan penggunaan, kerusakan, atau penambahan beban. Tujuannya adalah memastikan bahwa struktur tersebut masih memenuhi persyaratan keselamatan, fungsionalitas, dan umur pakai yang diharapkan. Pengujian kelayakan struktur eksisting melibatkan berbagai aspek seperti pengamatan visual, pengujian fisik pada elemen struktural, analisis beban yang bekerja, pemeriksaan material, serta evaluasi terhadap ketentuan teknis yang berlaku. Hasil dari pengujian ini menentukan apakah struktur perlu diperkuat, diperbaiki, atau bisa tetap digunakan tanpa perubahan.

Pengujian struktur melibatkan berbagai metode yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan, stabilitas, dan integritas elemen struktural. Metode-metode ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama :

1. Pengujian non-destruktif

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi struktur tanpa merusaknya, sehingga struktur tetap dapat digunakan setelah pengujian. Salah satu metode yang umum digunakan yaitu *Schmidt Hammer (Rebound Hammer)* untuk mengukur kekuatan tekan permukaan beton. Alat ini bekerja dengan menghantam permukaan

beton dan mengukur nilai pantulan, yang berkorelasi dengan kekuatan beton. Pengujian dengan metode ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kehalusan permukaan beton yang diuji, ukuran dan kekakuan spesimen, jenis agregat dan semen, umur spesimen, dan kelembapan baik pada permukaan dan internal beton [12]. Hal ini menjadikan metode ini tidak direkomendasikan untuk menggantikan uji tekan, namun lebih cocok untuk menentukan homogenitas beton dalam struktur.

2. Pengujian destruktif

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil sampel dari struktur untuk diuji di laboratorium atau dengan memberikan beban langsung pada elemen struktur hingga mencapai titik kerusakan. Salah satu metode yaitu *Core drill test* dengan mengambil inti beton elemen struktur eksisting untuk diuji kekuatan tekan dan kepadatannya di laboratorium. Ini memberikan gambaran langsung tentang kualitas material di lapangan. Pengambilan sampel perlu diperhatikan karena bisa berpengaruh pada hasil yang didapat nantinya [13].

C. Perkuatan Struktur

Perkuatan struktur adalah proses peningkatan kapasitas atau kekuatan suatu bangunan yang sudah ada agar dapat menahan beban yang lebih besar atau agar sesuai dengan standar dan peraturan yang lebih baru. Perkuatan diperlukan ketika bangunan dianggap tidak lagi memenuhi persyaratan kinerja atau keamanannya menurun akibat faktor-faktor tertentu, seperti faktor usia, cuaca, kerusakan pada struktur, perubahan fungsi, kesalahan desain atau pelaksanaan serta penyesuaian terhadap standar gempa yang lebih baru. Perkuatan dilakukan untuk memastikan bangunan tetap aman dan fungsional, serta untuk memperpanjang umur pakainya. Tindakan ini bisa diterapkan pada berbagai elemen struktur seperti pelat, kolom, balok, dinding geser, pondasi, dan struktur atap.

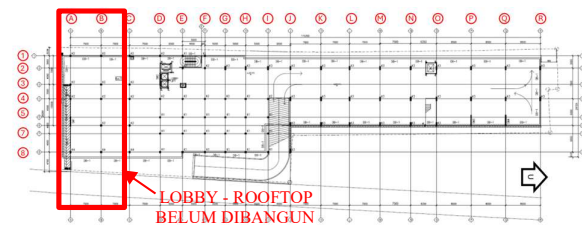
Metode perkuatan bergantung pada jenis struktur dan pembebanannya. Untuk elemen struktur yang menerima beban statis, peningkatan kekuatan lentur dan aksial tekan sangat penting. Sedangkan, elemen struktur yang menerima beban dinamis, peningkatan kekuatan lentur dan geser menjadi krusial [14]. Prakoso melakukan analisa perkuatan struktur asrama yang terjadi penambahan lantai bangunan dengan perkuatan salah satunya menggunakan dinding geser [15].

III. METODOLOGI PENELITIAN

D. Perkuatan Struktur

Proyek yang akan dijadikan studi kasus dalam penelitian ini adalah proyek gedung mangkrak dengan sistem *flat slab* yang terhenti pembangunannya dan akan kembali dilanjutkan. Sistem *flat slab* menggunakan tulangan pelat yang lebih besar pada area kolom dan dinding geser sebagai elemen penahan beban lateral. Struktur ini terdiri dari lantai *basement* hingga *rooftop* yang memiliki total 7 lantai. Bangunan memiliki dimensi panjang 115,35 meter dan lebar 23,5 meter. Denah struktur beserta kode sumbu bisa dilihat pada Gambar 2. Struktur bangunan yang saat ini telah berdiri mencakup keseluruhan area basement, di mana seluruh tapak bangunan telah terbangun. Namun, untuk lantai lobby ke atas,

struktur bangunan baru dimulai dari sumbu C hingga R, sementara area dari sumbu A ke C masih belum dibangun. Meskipun demikian, tulangan baja di sumbu C sudah terpasang, tetapi saat ini dalam kondisi berkarat akibat paparan cuaca.



Gambar 2. Denah struktur dan penamaan sumbu

E. Tahap Desain Perkuatan Struktur

Langkah pertama untuk meninjau kelayakan struktur yaitu dengan *modeling* struktur pada *software* ETABS. Beban diasumsikan sesuai fungsi dari bangunan yaitu bangunan hotel, selain itu analisa gempa juga menggunakan analisa respons spektrum dengan nilai S_d dan S_{d1} yang didapatkan dari <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>. Dalam tahap awal analisis, peneliti melakukan pengecekan kolom dan dinding geser pada desain sebelumnya terhadap beban lateral. Apabila penahan gaya lateral tersebut tidak mencukupi, penambahan dinding geser akan dilakukan sehingga struktur aman terhadap beban lateral. Beban lateral diharapkan diterima sebagian besar oleh dinding geser karena kolom dalam struktur eksisting banyak mengalami degradasi dan adanya perbedaan mutu saat pekerjaan. Oleh karena itu dalam melakukan analisa, struktur digolongkan sebagai sistem rangka bangunan dinding geser bertulang khusus dengan koefisien modifikasi respons (R) yaitu enam. Selain penambahan dinding geser, penyesuaian dilakukan terhadap gambar desain terbaru sehingga perlu ada beberapa perubahan dari struktur lama. Adapun rangkuman dari tahapan desain perkuatan struktur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan desain perkuatan struktur

Perbaikan struktur juga perlu dilakukan pada area yang mengalami degradasi kualitas serta pada bagian yang perlu penanganan segera. Perbaikan dan perkuatan struktur agar bangunan menjadi reliabel dengan standar beban yang ada sekarang dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti:

1. Penambahan elemen penahan beban lateral seperti dinding geser atau kolom.
2. *Concrete Jacketing* merupakan lapisan beton bertulang yang ditambahkan pada elemen struktural seperti kolom. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas geser elemen kolom dengan memperbesar penampang.
3. *Grouting* merupakan metode penyuntikan beberapa material ke dalam rongga atau retakan struktur beton. *Grouting* berupa campuran beberapa fluida yang terdiri dari semen, agregat halus, air, dan bahan *admixture* tambahan. Komposisi *grout* dapat berubah mengikuti bidang pengaplikasiannya.

F. Tahap Pengujian Kelayakan Struktur

Pengecekan dan pengujian terhadap bangunan eksisting perlu dilakukan selain untuk mengetahui kondisi aktualnya, juga untuk validasi dari *modeling* validasi dari *modeling* yang dilakukan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengamatan visual serta pengujian material beton dengan *core drill*, uji *rebound hammer*, serta pengecekan jumlah tulangan menggunakan *rebar scanner*. Bangunan secara keseluruhan dibagi menjadi dua sisi, yaitu bangunan sisi selatan dengan sumbu A hingga J dan bangunan sisi utara dengan sumbu J hingga R. Pembagian ini dilakukan karena ada indikasi mutu konstruksi yang berbeda dikarenakan kronologi pembangunan yang bertahap.

Core Drill Test merupakan pengujian struktur yang bersifat merusak/destruktif benda uji. Pada pengujian ini, diambil sampel potongan beton dari beberapa titik bangunan dan kemudian dilakukan tes kuat tekan pada laboratorium. Sampel beton ditekan dari bagian atas dan bawah hingga hancur. Tes kuat tekan beton dari *core drill* mengacu pada ASTM C 42 (*Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*). Cara pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Alat *core drill* didirikan di atas titik dimana sampel beton akan diambil. Setelah alat *core drill* terpasang dengan benar, maka pengeboran siap dilakukan.
2. Setelah sampel beton didapatkan, maka dilakukan pengujian tes kuat tekan pada laboratorium.
3. Korelasi antara hasil *core drill* dengan nilai *rebound hammer* dilakukan dengan membandingkan nilai hasil uji tekan dengan nilai *rebound hammer* yang didapatkan dari lokasi di sekitar titik *core drill*.

Rebound Hammer Test merupakan pengujian yang sifatnya tidak merusak (*non-destructive*) benda uji. Pada pengujian ini, kekokohan beton dianggap sebanding dengan berapa jauh melentur kembalinya (*rebound*) kepala *hammer* bila ditembakkan ke permukaan beton. Jadi, sebetulnya yang dites adalah kekerasan permukaannya. Pengujian ini merupakan metode pengujian yang paling cocok untuk beton yang mempunyai mutu 20 – 60 N/mm². *Hammer test* yang dilakukan mengacu pada aturan ASTM C 805 – 02 (*Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete*).

Setelah dilakukan kalibrasi *rebound hammer*, pengetesan dapat dilakukan. Metode pengetesan, yaitu:

1. Alat *hammer* ditembakkan sebanyak lima kali pada permukaan beton yang akan diuji pada beberapa titik. Pembacaan pada skala *rebound* merupakan faktor kekuatan pada beton itu.
2. Nilai yang menyimpang terlalu jauh (maksimum selisih 5) harus diganti karena kemungkinan *rebound hammer* mengenai kerikil atau bagian beton yang keropos. Hasil pengujian tergantung pada sudut tumbukan, kerataan permukaan, dan kondisi kelembaban permukaan.

Rebound Hammer Test dilakukan secara acak tetapi mewakili terhadap struktur kolom, balok, dan pelat. Nilai *rebound hammer test* yang didapatkan tidak dikorelasikan dengan grafik hubungan kekuatan dan nilai *rebound* standar yang dikeluarkan oleh pembuat alat, karena keterbatasan korelasi antara nilai *hammer* dengan kondisi nyata struktur. *Rebound Hammer* yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat rebound hammer

Pengujian *rebar scanner* dilakukan untuk memeriksa jumlah, posisi, dan kondisi tulangan baja yang tertanam di dalam beton tanpa merusak struktur yang ada. Alat *rebar scanner* menggunakan teknologi elektromagnetik untuk mendeteksi keberadaan tulangan baja, serta untuk menentukan kedalaman selimut beton dan jarak antar tulangan. Alat *rebar scanner* yang digunakan adalah Hilti Ferroskan PS200S seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Metodologi pengujian dilakukan dengan membersihkan permukaan dari kotoran, debu, atau lapisan lain yang dapat mempengaruhi hasil pengujian. *Rebar scanner* dikalibrasi sesuai dengan data diameter tulangan yang terpasang pada struktur beton dari data spesifikasi teknis dan ketebalan beton yang akan diperiksa. Alat ini tidak dapat menentukan diameter besi terpasang, namun dapat mengestimasi kedalaman selimut beton dari data diameter tulangan yang diinputkan. Alat *rebar scanner* kemudian digerakkan secara perlahan di permukaan beton untuk mendeteksi tulangan yang ada. Data yang dihasilkan kemudian direkam untuk dianalisis lebih lanjut. Data yang diperoleh dari *rebar scanner* dianalisis untuk menentukan kondisi dan distribusi tulangan. Hasil analisis ini memberikan informasi penting mengenai kualitas pelaksanaan pekerjaan tulangan, termasuk apakah jumlah tulangan sesuai dengan desain, serta mendeteksi potensi area di mana tulangan mungkin tidak sesuai dengan spesifikasi.



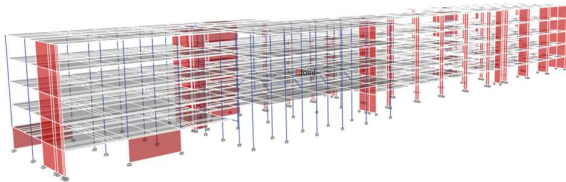
Gambar 5. Alat rebar scanner

Peninjauan kelayakan struktur juga dilakukan dengan memodelkan struktur eksisting dalam *software* ETABS. Asumsi beban yang bekerja sesuai dengan SNI 1727:2020 dan menggunakan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019. Setelah keseluruhan struktur eksisting sudah dimodelkan, maka akan ditinjau sisi yang memerlukan perkuatan terutama dalam hal penahan beban lateral.

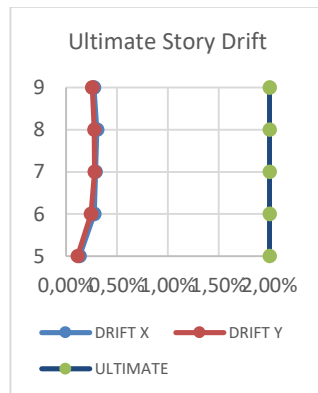
IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Desain Perkuatan Struktur

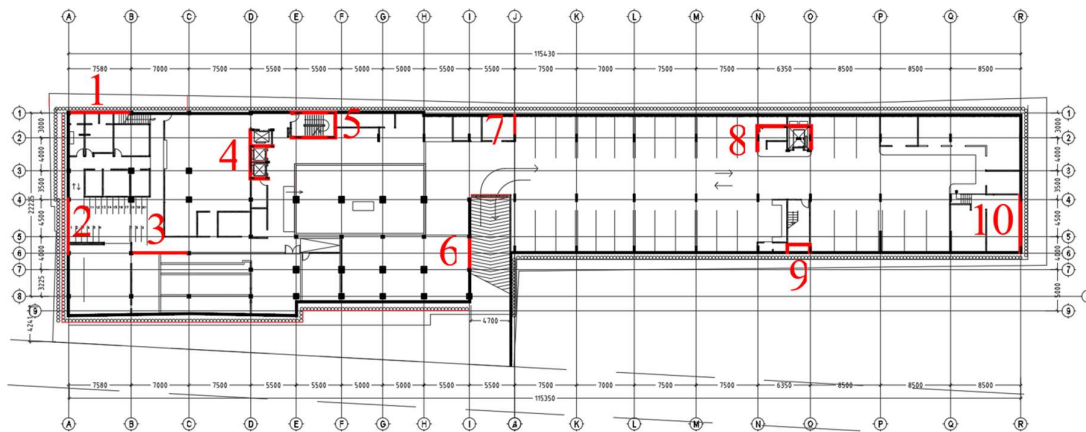
Berdasarkan gambar arsitek terbaru, *modeling* struktur pada ETABS dapat dilihat pada Gambar 6. Mutu beton yang digunakan dalam perhitungan adalah 30 MPa dimana hal ini mengikuti hasil pengujian beton yang sudah dilakukan. Pada model tersebut, didapatkan bahwa memang perlu ada penambahan dinding geser agar beban lateral bisa sebagian besar diterima oleh dinding geser.



Gambar 6. *Modeling* struktur



Gambar 7. *Drift* struktur setiap lantai



Gambar 8. Posisi dinding geser

Tabel I dan Tabel II menunjukkan persentase gaya yang diterima antara dinding geser dan kolom terhadap gempa arah X dan Y dimana dinding geser mampu menyerap hampir 80% dari total gaya geser akibat gempa. Pengecekan simpangan antar lantai/*drift* juga dilakukan dimana hasilnya bisa dilihat pada Gambar 7. *Drift* dari struktur memenuhi syarat dimana nilainya di bawah 0,02 hsx atau 2% dari tinggi lantai.

TABEL I
PERSENTASE GAYA ANTARA WALL DAN KOLOM AKIBAT GEMPA ARAH X

Story	Vx (kN)		Total (kN)	Persentase Gaya	
	Wall	Kolom		Wall	Kolom
Roof	1323,0	1512,5	2835,4	47%	53%
8	3620,5	1763,8	5384,4	67%	33%
7	5405,5	1884,3	7289,8	74%	26%
6	6570,5	1535,2	8105,7	81%	19%
5	6850,3	1301,5	8151,8	84%	16%

TABEL II
PERSENTASE GAYA ANTARA WALL DAN KOLOM AKIBAT GEMPA ARAH Y

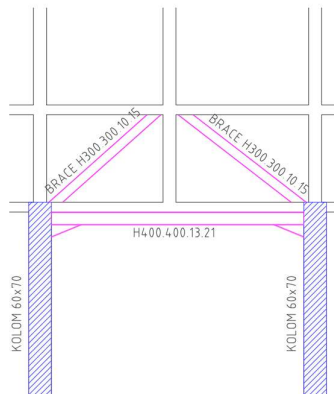
Story	Vy (kN)		Total	Persentase Gaya	
	Wall	Kolom		Wall	Kolom
Roof	1630,0	1903,3	3533,4	46%	54%
8	4245,2	2625,9	6871,1	62%	38%
7	4888,1	2150,2	7038,4	69%	31%
6	8561,8	2433,1	10994,9	78%	22%
5	8950,0	2456,8	11406,8	78%	22%

Setelah melalui pemeriksaan *concrete check*, kolom dari desain awal juga dinilai mampu menahan beban baik gravitasi maupun lateral yang diberikan. Beberapa dinding geser dari desain awal harus diperbesar serta ditambah tulangannya. Usulan posisi dinding geser bisa dilihat pada Gambar 8, selain itu dimensi dan tulangan dari dinding geser bisa dilihat pada Tabel III. Selama menentukan penempatan dinding geser yang efektif, kesulitan terletak pada ruang yang bisa diberikan dinding. Dikarenakan ruang yang terbatas, beberapa dinding seperti dinding 5 dan 8 harus ditebalkan agar kekakuan dari struktur bisa tersebar secara merata.

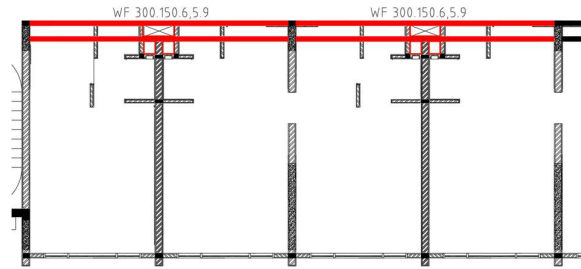
TABEL III
DIMENSI DAN PENULANGAN DINDING GESER

Wall No.		Lantai					
		B	L	5	6	7	8
1	Tebal (mm)	300	300				
	Tulangan Utama	D13-200	D13-200				
	Tulangan Geser	D10-200	D10-200				
2	Tebal (mm)	250	250	250	250	250	250
	Tulangan Utama	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150
	Tulangan Geser	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
3	Tebal (mm)	300	300				
	Tulangan Utama	D13-200	D13-200				
	Tulangan Geser	D10-200	D10-200				
4	Tebal (mm)	350	350	350	250 & 350	250 & 350	250 & 350
	Tulangan Utama	D16-150	D16-150	D16-150	D13-200	D13-200	D13-200
	Tulangan Geser	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200	D10-200
5	Tebal (mm)	350	350	350	250	250	250
	Tulangan Utama	D19-150	D19-150	D19-150	D13-150	D13-150	D13-150
	Tulangan Geser	D16-150	D16-150	D16-150	D13-150	D13-150	D13-150
6	Tebal (mm)	350	350	250	250	250	250
	Tulangan Utama	D16-150	D16-150	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150
	Tulangan Geser	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200	D10-200
7	Tebal (mm)	250	250	250	250	250	
	Tulangan Utama	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150	
	Tulangan Geser	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	
8	Tebal (mm)	400	400	400	400	400	400
	Tulangan Utama	D22-150	D22-150	D22-150	D16-200	D16-200	D16-200
	Tulangan Geser	D16-150	D16-150	D16-150	D16-150	D13-150	D13-150
9	Tebal (mm)	350	350	350	250	250	250
	Tulangan Utama	D16-150	D16-150	D16-150	D16-200	D16-200	D16-200
	Tulangan Geser	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200	D10-200
10	Tebal (mm)	350	350	350	250	250	250
	Tulangan Utama	D19-150	D19-150	D19-150	D19-150	D16-200	D16-200
	Tulangan Geser	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200

Dalam model ini, juga dicek pembesaran kolom pada grid E7-H7 dan E4-H4. *Bracing* baja juga ditambahkan agar terjadi distribusi gaya aksial pada kolom dimana detail perkuatan bisa dilihat pada Gambar 9. Hal ini dilakukan karena adanya pemotongan kolom grid E5-H5 pada lantai 5 ke bawah. Selain itu, perkuatan juga diberikan pada lubang *shaft* antar dua bentang kolom. Perkuatan diberikan karena adanya lubang tersebut mengganggu sistem kerja *flat slab*. Metode perkuatan yaitu dengan menghubungkan kolom menggunakan profil baja pada Gambar 10. Selama penulisan *paper* ini, proyek masih dalam status *hold* dan menunggu masukan dari arsitek.



Gambar 9. Perkuatan pada daerah pemotongan kolom



Gambar 10. Perkuatan pada lubang *shaft*

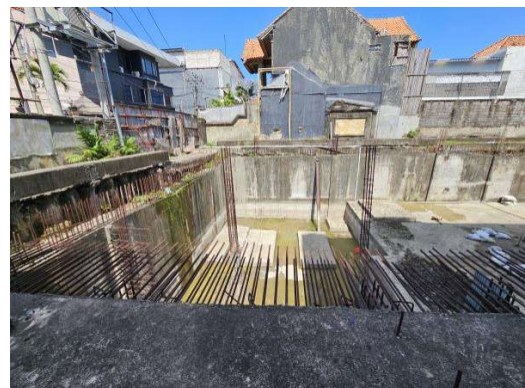
B. Pengujian Kelayakan Struktur

Berdasarkan hasil dari pengamatan visual, didapatkan beberapa kerusakan yang disebabkan oleh paparan cuaca dan ketidaksempurnaan konstruksi. Pada lantai *basement* dapat dilihat pada Gambar 11, struktur *ramp* menunjukkan indikasi adanya degradasi permukaan beton akibat genangan air sehingga dalam waktu lama dapat berpotensi menyebabkan korosi pada tulangan.



Gambar 11. Kondisi struktur basement pada area ramp

Lantai *lobby* terdapat beberapa bagian dinding yang belum selesai pengerjaannya dan berada di area terbuka pada Gambar 12. Beberapa tanda degradasi dan pelapukan juga ditemukan pada permukaan beton terutama bagian lubang *shaft* akibat paparan cuaca. Gambar 13 menunjukkan kecacatan pada permukaan pelat yang disebabkan kurangnya pemadatan beton dan dapat mengurangi kekuatan pelat.



Gambar 12. Kondisi lantai lobby



Gambar 13. Kondisi permukaan pelat karena kurangnya pemadatan

Pada lantai 5 hingga 8, ditemukan retak geser pons di beberapa koneksi pelat dan kolom akibat adanya lubang *shaft* pada daerah kolom sehingga mengurangi kapasitas geser untuk transfer beban dari pelat lantai ke kolom (Gambar 14). Selain itu, adanya beberapa lubang *shaft* pada daerah kolom dapat mengurangi kapasitas sambungan pelat lantai ke kolom. Di lantai 5, dijumpai lubang pada bagian pelat yang memotong koneksi antara dua bentang kolom sehingga mempengaruhi kerja sistem *flat slab*. Lubang pada pelat juga mengalami degradasi *spalling* pada beton dan korosi pada tulangan yang diakibatkan air dan genangan dalam waktu cukup lama. Secara keseluruhan, lantai *rooftop* memerlukan tindakan perbaikan signifikan, terutama pada area yang mengalami pelapukan dan degradasi akibat cuaca pada Gambar 15. Perkuatan dan pembersihan permukaan, serta pemeriksaan dan perbaikan elemen struktural seperti kolom dan kantilever, harus dilakukan untuk memastikan keamanan dan stabilitas bangunan sebelum melanjutkan pembangunan.



Gambar 14. Retak geser pons pada koneksi pelat dan kolom



Gambar 15. Bagian kolom rooftop yang mengalami pelapukan

Hasil pengujian *coredrill* ditunjukkan pada Tabel IV dan nilai estimasi kuat tekan beton dari *hammer test* yang diambil dari korelasi antara nilai *rebound hammer* dan *core drill* yang telah dilakukan bisa dilihat pada Tabel V. Dari kedua pengujian ini, didapatkan adanya variasi mutu beton yang mencerminkan variasi dalam kualitas pengecoran dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi beton selama periode eksposur. Meskipun beberapa sampel didapatkan nilainya cukup rendah, hal ini masih dalam toleransi mutu 30

MPa, dimana untuk uji *coredrill*, mutu yang diijinkan sebesar 75% dari mutu rencana atau diatas 22,5 MPa.

TABEL IV
REKAP HASIL NILAI KUAT TEKAN BETON DARI UJI *COREDRILL*

Lokasi Gedung	Lantai	Sumbu	Mutu Beton (MPa)	Rata-Rata (MPa)
Selatan	Rooftop	CD	42,71	34,33
	8	EF	39,17	
	7	DE	29,67	
	6	NO	33,53	
	5	EF	34,92	
	Lobby	CD	26,01	
Utara	Rooftop	NO	44,58	39,74
	8	OP	44,78	
	7	OP	38,29	
	6	GH	33,61	
	5	OP	34,23	
	Lobby	OP	42,95	

TABEL V
REKAP HASIL NILAI KUAT TEKAN BETON DARI KORELASI UJI REBOUND HAMMER

Korelasi Hammer dengan Mutu Beton	Rata-Rata (MPa)	Max (MPa)	Min (MPa)
Sisi Selatan	33,64	42,34	22,06
Sisi Utara	32,76	45,13	19,84
Kombinasi	33,09	45,13	19,84

Hasil dari pengujian *rebar scanner* menunjukkan bahwa tulangan baja dalam struktur yang ada umumnya berada dalam kondisi yang baik dan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Jumlah tulangan serta ukuran kolom yang sudah terpasang di lapangan masih sesuai dengan data gambar struktur yang tersedia dengan toleransi yang masih dapat diterima. Proses pengujian dan contoh kolom yang diuji bisa dilihat pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Proses pengujian posisi tulangan baja

Gambar 17. Sampling hasil pengujian *rebar scanner*

Penerapan K3 dalam proyek ini masih belum terlihat dikarenakan belum adanya kegiatan pembangunan atau perkuatan yang dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian kelayakan struktur, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan struktur bangunan masih dalam kondisi yang baik terlepas dari adanya beberapa masalah yang ditemui. Adanya perancah yang masih terpasang pada beberapa bagian bangunan terutama area kantilever, membantu memberikan kestabilan struktur sebelum nantinya bagian tersebut akan dihilangkan. Selain itu, penerapan K3 saat pengujian struktur dilakukan masih belum maksimal dalam hal APD.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Secara profesionalisme, hasil desain perkuatan struktur serta pengujian kelayakan struktur beserta langkah perbaikan yang bisa diambil adalah:
 - Struktur telah ditinjau terhadap gempa dimana perlu ditambahkan elemen penahan beban lateral yaitu dinding geser. Usulan penambahan dinding geser ini dinilai efektif dalam menahan beban lateral dimana dinding mampu menerima minimal 78% dari gaya yang ada. Selain itu, simpangan antar lantai juga memenuhi syarat dengan ditambahkannya dinding geser ini.
 - Perkuatan pada lubang *shaft* terutama yang terletak antara dua bentang kolom dengan menggunakan profil baja.
 - Korosi pada tulangan, segregasi beton, dan retak pada beberapa elemen struktur perlu ditindak secara menyeluruh, terutama pada bagian yang terekspos cuaca dalam waktu lama. Penggunaan *grouting* untuk memperbaiki sambungan beton dan pelapisan ulang tulangan baja dengan bahan anti korosi dianjurkan.
 - Perlu adanya pembersihan dan tindakan penguatan pada area yang mengalami degradasi beton dan bocor terutama akibat genangan air.
 - Hasil pengujian *coredrill* dan *rebound hammer* menunjukkan adanya variasi dalam mutu beton namun secara keseluruhan masih dalam batas aman.
2. Secara K3, pengujian kelayakan struktur dinilai masih belum menerapkan K3 secara penuh dalam hal APD. Hal ini bisa disebabkan karena tidak ada aktivitas pembangunan dalam gedung serta pengujian yang dilakukan tidak menimbulkan resiko pada penguji serta struktur yang diuji. Secara keseluruhan, kondisi struktur bangunan masih dalam kondisi yang aman sebelum dilakukannya perkuatan dan pembangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kasih karunia-Nya sehingga paper ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr.rer.nat. Surya Hermawan, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan paper ini.

2. Tim Laboratorium Beton dan Konstruksi Universitas Kristen Petra selaku pihak yang melaksanakan pengujian kelayakan struktur.
3. Ir. Tanti Octavia, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Profesi Insinyur.
4. Seluruh dosen yang terlibat dalam Program Profesi Insinyur.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (2023) Indikator konstruksi, triwulan IV-2022. [Online]. Tersedia: <https://www.bps.go.id/publication/2023/05/18/0a18d6dd017b1005c31ea834/indikator%02konstruksi--triwulan-iv-2022.html>
- [2] Putri, C. A. (2022) Proyek mangkrak di RI tembus Rp149,3 triliun. [Online]. Tersedia: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220720172553-4-357206/proyek-mangkrak-di-ri-tembus-rp1493-triliun>
- [3] Alexander, H. B. (2020) Fakta Indonesia 1, supertall Rp 8 triliun milik China Sonangol yang terancam mangkrak. [Online]. Tersedia: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220720172553-4-357206/proyek-mangkrak-di-ri-tembus-rp1493-triliun>
- [4] Ismail, M., Yew, C. K., & Muhammad, B. (2016). Life-span prediction of abandoned reinforced concrete residential buildings. *Construction and Building Materials*. [Online]. 112, hal. 1059–1065. Tersedia: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.012>
- [5] Ismail, M., Muhammad, B., & Ismail, M. E. (2010). Compressive strength loss and reinforcement degradations of reinforced concrete structure due to long-term exposure. *Construction and Building Materials*. [Online]. 24, hal. 898–902. Tersedia: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.003>
- [6] Handaya & Sutandi, A. (2019). Perbandingan slab dengan drop panel dan slab dengan balok ditinjau dari volume beton dan biaya. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. [Online]. 2(1), hal. 47–56. Tersedia: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/3034/1861>
- [7] Harsoyo, Y. A. & Nurfiansyah, E. (2020). Analisa perbandingan efisiensi sistem struktur pelat-balok dengan sistem struktur flat slab-drop panel pada proyek Jogja apartment. *Semesta Teknik*. [Online]. 23(1), hal. 14–26. Tersedia: <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/7612>
- [8] Huroi, Y. (Januari 2016). The tectonics of structural systems – an architectural approach. (edisi pertama) [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.4324/9781315720302>
- [9] Hueste, M. B. D. et al. (2007). Seismic design criteria for slab-column connections. *ACI Structural Journal*. [Online]. 104(4), hal. 448–458. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/287593039_Seismic_design_criteria_for_slab-column_connections
- [10] Walvekar, A. & Jadhav, H. S. (2015). Parametric study of flat slab building with and without shear wall to seismic performance. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*. [Online]. 4(4), hal. 601–607. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/338159085_Seismic_Performance_of_Flat_Slab_in_Tall_Buildings_with_and_without_Shear_wall
- [11] Vijayan, D. S., Kumar, K. N., & Sivasuriyan, A. (2019). Seismic performance of flat slab in tall buildings with and without shear wall. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. [Online]. 9(1), hal. 2672–2675. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/338159085_Seismic_Performance_of_Flat_Slab_in_Tall_Buildings_with_and_without_Shear_wall
- [12] Hannachi, S. & Guetteche, M. N. (2014). Review of the rebound hammer method estimating concrete compressive strength on site. *Proceedings of International Conference on Architecture And Civil Engineering (ICAACE'14)*. [Online], hal. 118–127. Tersedia: <https://uruae.urst.org/siteadmin/upload/8844U1214338.pdf>
- [13] Neville, A.M, *Properties of Concrete*. England: Pearson Education Limited, Essex, 2011.
- [14] Tayeh, B. A., Naja, M. A., Shihada, S., & Arafat, M. (2019). Repairing and strengthening of damaged rc columns using thin concrete jacketing. *Advances in Civil Engineering*. [Online]. (1), hal. 1–16. Tersedia: <https://doi.org/10.1155/2019/2987412>
- [15] Prakoso, S. W. & Sudibyo, T. (2018). Analisis perkuatan struktur gedung eksisting pada proyek pembangunan lanjutan asrama mahasiswa UGM sendowo 7 lantai [Unpublished undergraduate thesis]. Universitas Gajah Mada.