

EVALUASI STRUKTUR EKSISTING GEDUNG GRAHA PT PETROKIMIA GRESIK

Muhammad Wahyu Firdani¹, Muhammad Sigit Darmawan², Nur Ahmad Husin²,
Budi Suswanto³, Gentur Prihantono⁴

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

²Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

³Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

⁴Persatuan Insinyur Indonesia Jawa Timur

wahyu.firdani22@gmail.com

ABSTRACT

This paper discusses the Evaluation of the Existing Structure of the Graha Building of PT Petrokimia Gresik. The building was constructed on December 6, 2021, and handed over on June 28, 2023. However, in August 2025, cracks were discovered in the rear section of the building. These cracks were found in areas such as the staircase access from the 1st to the 2nd floor, the head office's room, and on beams across several floors. Consequently, a special identification of this damage is required, encompassing visual inspection, concrete surface hardness testing, concrete core sampling, and analysis using SAP2000. Therefore, a technical study is necessary to analyze the structural strength of the existing building. Based on the structural system analysis, the selected strengthening methods are: Adding new post columns using IWF 250 x 250 sections, Injecting the concrete cracks, Strengthening the cantilever beams using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). Furthermore, risk mitigation for these work methods is required to ensure the project implementation can be completed safely.

Keyword: Structural Evaluation, Non-Destructive Testing, Structural Strengthening

ABSTRAK

Makalah ini membahas tentang Evaluasi Struktur Eksisting Gedung Graha PT Petrokimia Gresik yang dibangun pada 6 Desember 2021, serah terima pada 28 Juni 2023 namun, pada bulan agustus 2025 ditemukan retakan-retakan pada bagian belakang Gedung seperti di area jalur tangga lantai 1 ke lantai 2, ruang kepala kantor, dan retakan pada balok di beberapa lantai sehingga perlu identifikasi khusus terkait kerusakan tersebut meliputi pemeriksaan visual, pengujian kekerasan permukaan beton, pengambilan sampel inti beton serta Analisa dengan SAP2000. Maka dari itu diperlukan kajian teknis dengan menganalisa kekuatan struktur Gedung eksisting, Dan dari Analisa system struktur, jenis perkuatan yang dipilih adalah menambahkan Post Column IWF 250 x 250, injection beton yang retak dan perkuatan dengan CFRP pada balok cantilever. selain itu diperlukan mitigasi resiko terhadap metode pekerjaan yang agar pelaksanaan dapat diselesaikan dengan aman.

Kata Kunci: Evaluasi Struktur, Uji Non-Destructive, Perkuatan struktur

A. PENDAHULUAN

Evaluasi struktur eksisting Gedung Graha PT Petrokimia Gresik dilakukan untuk menilai integritas dan kelayakan bangunan terhadap beban desain dan kondisi actual. Berdasarkan latar belakang, Gedung Graha PT Petrokimia Gresik dibangun pada tanggal 6 Desember 2021, Serah terima pada 28 Juni 2023. Penelitian ini difokuskan pada jenis-jenis kerusakan structural, pengujian non-destructive & destructive, dan alternatif perbaikan atau perkuatan yang dilakukan pada struktur eksisting Gedung graha PT Petrokimia Gresik yang mengalami retakan-retakan pada struktur gedung.

Selain itu, dalam pekerjaan perbaikan struktur eksisting gedung graha ini melibatkan beberapa prinsip kode etik keinsinyuran dalam penyelesaian salah satunya mengutamakan sikap kejujuran dalam menyampaikan pendapat, mengutamakan Keselamatan, Kesehatan dan kemaslahatan serta lingkungan.



**Gambar 1. Kondisi Eksisting
Gedung Graha PT Petrokimia
Gresik**

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Bangunan Gedung

Bangunan gedung merupakan wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas atau di dalam tanah atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatan, baik untuk tempat tinggal atau hunian, kegiatan usaha, kegiatan keagamaan, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus (*PermenPU24-2008*, n.d.).

2. Perkuatan

Perawatan merupakan kegiatan memperbaiki atau mengganti bagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan sarana prasarannya agar bangunan gedung tetap layak fungsi serta kuratif setelah adanya kerusakan atau masalah, baik pada tingkat ringan, sedang atau berat. Pekerjaan perawatan meliputi perbaikan dan atau penggantian bagian bangunan, komponen, bahan bangunan, dan atau prasarana dan sarana berdasarkan dokumen rencana

teknis perawatan bangunan mempertimbangkan gedung dokumen dengan pelaksanaan konstruksi (*PermenPU24-2008*, n.d.).

- i. Faktor ketidakstabilan yang disebabkan oleh pergerakan air
- j. Faktor ketidakstabilan yang disebabkan oleh perubahan suhu

3. Analisa Kerusakan Bangunan

Pada dasarnya, analisis kerusakan bangunan dilakukan dengan berlandaskan pengetahuan umum mengenai konstruksi. Penilaian kerusakan dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu: (1) analisis berdasarkan stabilitas, dan (2) analisis berdasarkan kondisi higrotermal. Masing-masing kategori kemudian dapat diuraikan lebih detail, dengan pengelompokan kerusakan yang didasarkan pada gejala-gejala yang terlihat pada elemen konstruksi. (Ariyanto, 2020).

- a. Struktur dan stabilitas
- b. Distorsi dan kriteria penilaian
- c. Pengaruh bentuk struktur terhadap timbulnya kerusakan
- d. Ketidakstabilan akibat beban luar
- e. Ketidakstabilan yang berkaitan dengan bentuk struktur dan definisinya.
- f. Ketidakstabilan internal yang bersumber dari struktur bawah.
- g. Ketidakstabilan selama proses konstruksi.
- h. Ketidakstabilan akibat sifat material.

4. Pengujian Struktur Eksisting Gedung

Salah satu faktor utama yang menentukan kekuatan struktur bangunan adalah kuat tekan beton. Untuk mengevaluasi kekuatan beton, compression test merupakan metode standar yang digunakan untuk menilai kualitas struktur secara keseluruhan. Pengujian kualitas beton dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu *Destructive Test* (DT) dan *Non-Destructive Test* (NDT). (Apriani, 2016).

- a. Core Drill Test
- b. Hammer Test
- c. Ultrasonic Pundit Velocity (UPV)
- d. Rebar Locator

5. Software SAP2000

Structure Analysis Program 2000 (SAP2000) adalah perangkat lunak analisis struktur yang memiliki fitur lengkap namun tetap mudah digunakan. Prinsip kerjanya meliputi pemodelan struktur, pelaksanaan analisis, serta pemeriksaan atau optimasi desain, yang semuanya dapat dilakukan secara terpadu dalam satu proses dan satu tampilan. (Simatupang & Wadu, 2020).

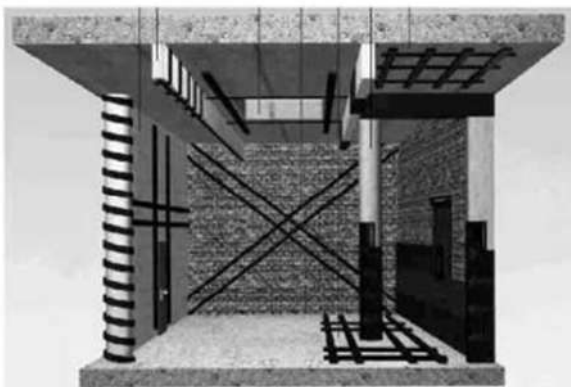
6. Perkuatan Struktur Gedung Beton

Bertulang

Untuk struktur Gedung yang mengalami kerusakan, kondisi agar bangunan Gedung dapat dipergunakan tentu saja, perkuatan yang dilakukan harus memenuhi ketentuan dalam peraturan. Teknik-teknik perbaikan yang dikembangkan antara lain menambah kolom (Post Column). (Khoeri, 2021).

a. Perkuatan CFRP

Perkuatan balok direncanakan menggunakan fiber carbon. Sistem perkuatan dengan FRP (*Fibre Reinforced Polymer*) dilakukan dengan menempelkan material ini pada permukaan beton menggunakan perekat epoxy. FRP merupakan material yang ringan, memiliki kekuatan tinggi, serta tahan terhadap korosi. Penerapan FRP pada beton bertulang relatif mudah dilakukan dan terbukti ekonomis untuk memperbaiki serta meningkatkan kapasitas kekuatan balok.



Gambar 2. Perkuatan Struktur CFRP

b. Injection Beton Retak

Perkuatan balok direncanakan menggunakan Injection beton. Sistem perkuatan injeksi dilakukan dengan cara memasang pipa injeksi agar bahan perekat epoxy resin injeksi dapat mengalir di antara pipa dan mengisi celah retak yang ada pada beton. Injeksi epoxy resin merupakan material yang memiliki kekuatan tinggi, serta cocok untuk retak struktural.

c. Post Column

Kolom tambahan yang dipasang belakangan untuk memperkuat struktur eksisting dengan tujuan menambah kapasitas dukung beban vertical, mengurangi lendutan balok atau pelat, dan menyokong elemen yang mengalami kerusakan atau penurunan kekuatan.

7. Perhitungan Biaya

Proses perhitungan biaya setiap pekerjaan atau komponen proyek mulai persiapan, pelaksanaan, hingga penyelesaian berdasarkan volume pekerjaan, kebutuhan material, tenaga kerja, peralatan, dan biaya lain yang mendukung pelaksanaan proyek.

8. Curve-S

Kurva s adalah hasil plot dari bar chart yang bertujuan untuk mempermudah melihat progress yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress.

C. METODE

1. Diagram Alir

Dalam pengerjaan laporan keinsinyuran ini diperlukan beberapa tahapan pelaksanaan tertera pada gambar 3 dan gambar 4.

2. Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data sebagai penunjang laporan keinsinyuran ini sebagai berikut

- a. Data Primer: data yang didapatkan dari observasi dilapangan.
- b. Data Sekunder: data yang telah ada sebelumnya, seperti gambar kerja, laporan inspeksi dan lain-lain.

3. Objek Lokasi Praktik Keinsinyuran

Pelaksanaan praktik keinsinyuran pada Gedung Graha PT Petrokimia Gresik.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengamatan Visual

Pengamatan visual dilakukan pada semua lantai namun pengamatan tidak bisa dilakukan secara menyeluruh, hanya spot tertentu mengingat akses yang agak sulit dari setiap lantai karena adanya ducting AC dan instalasi listrik.

Tabel 1. Estimasi Kerusakan Elemen Struktur

No	Elemen Struktur	Tingkat Kerusakan		
		Ringan	Sedang	Berat
		Retakan (m)		
1.	Lantai 2	17,2	-	-
2.	Lantai 3	56,4	-	-
3.	Lantai 4	48,8	-	-
4.	Lantai Atap	27,7	-	-
Total (m)		150	-	-

2. Pengujian Kekerasan Permukaan Beton

(Hammer Test)

Dari hasil pengujian kekerasan permukaan beton pada elemen struktur Graha Petrokimia menunjukkan nilai kekerasan permukaan beton berkisar antara 14,57 Mpa – 45,43 MPa.

3. Pengujian Kedalaman Retakan (UPV)

Hasil Pengujian estimasi kedalaman retakan menggunakan metode ultrasonic sebagai berikut :

Tabel 1. Pengujian Kedalaman Retak Beton (UPV)

No	Kode-As	Elemen Struktur	Nilai max uji kedalaman retakan (mm)	Nilai lebar retakan (mm)
1	UPV – R4 6/B-C, Lt. 3	Balok	80-96	0.40
2	UPV – R1 6/B-C, Lt. Atap	Balok	154-158	0.60
3	UPV – R2 5-6/B, Lt. Atap	Balok	141-231	0.50
4	UPV – R3 5-6/B', Lt. Atap	Balok	43-61	0.60
5	UPV – R5 1-2/B', Lt. 2	Balok	49	0.75
6	UPV – R6 1'/B-C, Lt. 2	Balok	32-224	0.8-1.40
7	UPV – R7 1/B-C, Lt. 2	Balok	27-69	0.75-0.90
8	UPV – R8 6/B-C, Lt. 2	Balok	108	1.00
9	UPV – R11 3/B-C, Lt. 4	Balok	64-114	0.65-0.80
10	UPV – R12 1'/B-C, Lt. 4	Balok	27-95	0.60
11	UPV – R13 1/B-C, Lt. 4	Balok	23-33	0.60

4. Pengujian Kepadatan Beton (UPV)

Pada elemen struktur balok dan kolom menunjukkan tingkat kepadatan beton dalam kategori sangat buruk hingga baik. Hal ini terindikasi dengan kecepatan rambat gelombang ultrasonik berada pada kisaran 1,65 hingga 4,81 km/sec.

yang tidak korosif pada elemen struktur yang berhubungan dengan tanah atau cuaca adalah 50 mm. Dari hasil pengujian ketebalan selimut beton, pada elemen struktur balok didapatkan ketebalan selimut beton berkisar antara 28 – 93 mm dan pada elemen struktur kolom didapatkan ketebalan selimut beton berkisar antara 16 – 139 mm.

5. Pengujian Kuat Tekan Beton Inti (Core Drill)

Pengambilan sampel beton inti dilakukan sebanyak total 18 lokasi pada struktur balok tersebar pada lantai 2, 3, 4 dan Atap. Berdasarkan hasil uji kuat tekan aktual sampel beton inti yang dilakukan, nilai kuat tekan sampel pada rentang 9,70 – 20,14 MPa. Semua nilai sampel berada di bawah mutu rencana 29.5 Mpa.

7. Konversi UPV dan Hammer Test Ke Kuat Tekan

Pengambilan sampel kuat tekan beton menyebar dari area basemen hingga LT. atap, dimana elemen struktur nya dapat di akses. Untuk area lainnya, dilakukan pendekatan konversi dari hasil uji Sound/UPV dan uji Kekerasan Permukaan/Rebound Hammer menjadi nilai kuat tekan.

6. Pengujian Deteksi Tulangan dan Tebal Selimut (Rebar Locator)

Berdasarkan SNI 2847-2019 tebal minimum selimut beton untuk lingkungan

Tabel 2. Nilai Rata-rata kuat tekan dan Modulus Elastisitas

Kuat Tekan (Mpa)				
	Basement - LT.2	LT.2 ke LT.3	LT.3 ke LT.4	LT.4 ke LT.Atap
Nilai Rata-rata	16.59	15.80	14.39	11.91
Modulus Elastisitas (Mpa)				
Nilai Rata-rata	19145.41	18679.17	17826.57	16220.11

Hasil uji kuat tekan semua sampel berada di bawah nilai rencana (29,5 MPa).

Beban Mati (DL) : 1.47 kN/m²

Beban Hidup (LL)

a. Kantor : 2.4 kN/m²

b. Hujan : 0.29 kN/m²

c. Atap : 0.96 kN/m²

d. Pekerja : 0.981 kN/m²

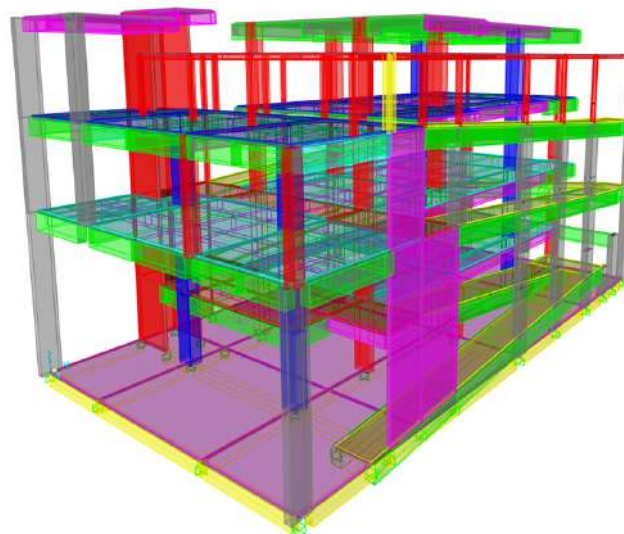
e. Koridor : 3.83 kN/m²

f. Ramp : 3.83 kN/m²

g. Parkir : 1.92 kN/m²

8. Analisa Struktur Eksisting

Untuk mengetahui kemampuan Gedung eksisting dalam menumpu beban perlu dilakukan Analisa dengan menggunakan program SAP2000. Dengan pembebanan sebagai berikut :



Gambar 3. Permodelan Struktur Eksisting dengan SAP2000

a. Kontrol Cek Lendutan

Dari simulasi lendutan Tengah bentang grid 6 dengan sap2000 didapat nilai lendutan

> batas ijin lendutan yang diijinkan dan perlu perkuatan.

Batas ijin lendutan = $L/480 = 14650\text{mm} / 480 = 30.52 \text{ mm}$.

Tabel 4. Nilai Lendutan Tengah Bentang Frame Grid 6

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
62	COMB3-1	Combination	2.593931	6.419602	-41.16605	-0.012779	0.001004	0.000007331
86	COMB3-1	Combination	4.155572	14.956049	-38.127745	-0.011222	0.000698	0.000082
218	COMB3-1	Combination	0.367371	-0.168035	-27.152994	-0.007176	0.000341	-0.000002078
248	COMB3-1	Combination	1.124163	0.165291	-32.933575	-0.010554	0.000624	-0.000006631

Dari simulasi lendutan Tengah bentang grid 1 dengan sap2000 didapat nilai lendutan < batas ijin lendutan yang diijinkan dan perlu perkuatan.

Batas ijin lendutan = $L/480 = 14650\text{mm} / 480 = 30.52\text{ mm}$.

Tabel 3. Nilai Lendutan Tengah Bentang Frame Grid 1

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
193	COMB3-1	Combination	2.404924	-1.124162	-20.613252	0.00413	0.00082	0.000054
234	COMB3-5	Combination	0.982399	0.135969	-21.079706	0.004958	0.000916	0.000003727

b. Cek Struktur Pelat Eksisting

Dalam Analisa SAP 2000, didapatkan momen ultimate pelat pada setiap lantai sebagai berikut:

$$Mu < \phi Mn$$

$$Mu \text{ Lantai Ramp} : 43.71 < 113.85 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Lantai 2} : 60.14 < 166.02 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Lantai 3} : 16.84 < 166.02 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Lantai 4} : 8.31 < 166.02 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Lantai Atap} : 16.02 < 82.77 \text{ kNm}$$

Sehingga kapasitas momen pelat pada setiap lantai masih cukup untuk menahan beban.

c. Cek Struktur Balok Eksisting

Dalam Analisa SAP 2000, didapatkan momen ultimate balok dan gaya geser pada setiap lantai sebagai berikut:

$$\phi Mu < Mn$$

$$Mu \text{ Balok Lantai 2} : 115.05 < 145.69 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Balok Lantai 3} : 127.19 < 145.69 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Balok Lantai 4} : 125.30 < 145.69 \text{ kNm}$$

$$Mu \text{ Balok Atap} : 47.02 < 145.69 \text{ kNm}$$

Sehingga kapasitas momen balok pada setiap lantai masih cukup untuk menahan beban.

$$Vu < \phi Vn$$

$$Vu \text{ Balok Lantai 2} : 69.26 < 647.69 \text{ kNm}$$

$$Vu \text{ Balok Lantai 3} : 185.93 < 647.69 \text{ kNm}$$

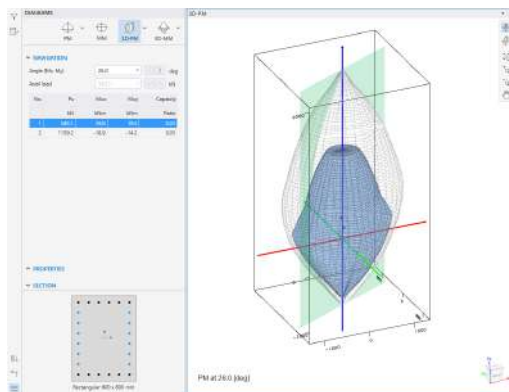
$$Vu \text{ Balok Lantai 4} : 299.43 < 259.98 \text{ kNm}$$

$$Vu \text{ Balok Atap} : 83.27 < 647.98 \text{ kNm}$$

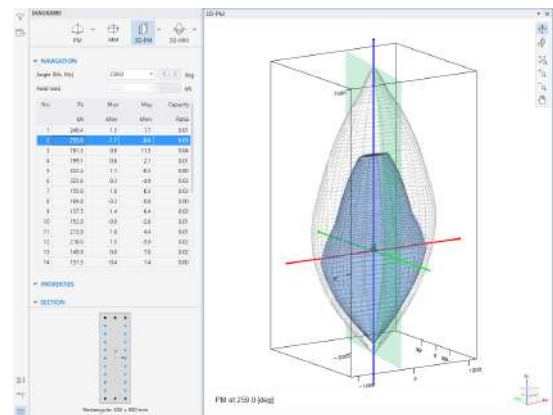
Sehingga kapasitas gaya geser pada balok B2 lantai 4 perlu perkuatan.

d. Cek Struktur Kolom

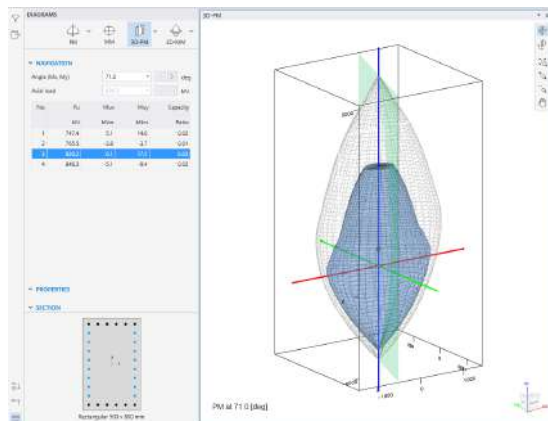
Analisa kapasitas kolom menggunakan program SP Column dengan meng-input gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa SAP2000.



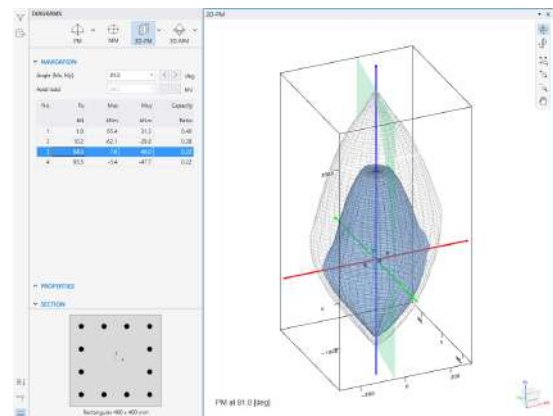
Gambar 4. Diagram Interaksi K1 (600x800)



Gambar 7. Diagram Interaksi K4 (300x900)

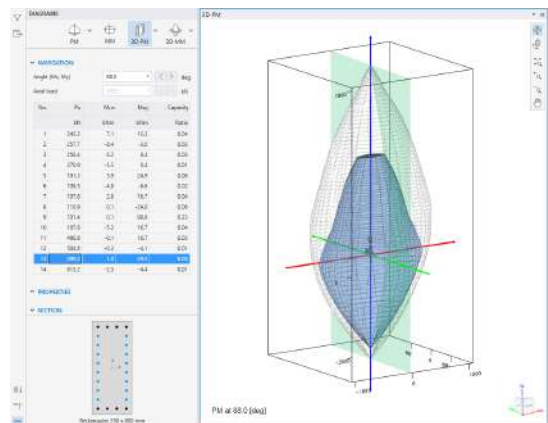


Gambar 5. Diagram Interaksi K2 (500x800)



Gambar 8. Diagram Interaksi K5 (400x400)

Dari hasil Analisa spColumn gaya dalam masih berada didalam diagram interaksi sehingga kekuatan kolom masih **memenuhi** untuk menahan beban.



Gambar 6. Diagram Interaksi K3 (350x800)

e. Cek Struktur Dinding Geser

Kapasitas geser pada shearwall harus memenuhi persyaratan SNI 2847-2019 pasal 21.9.4.1 di mana kuat geser harus memenuhi persamaan berikut :

$$\phi V_n > V_u$$

**Tabel 4. Kapasitas Dinding Geser
Corewall (CW 1)**

Lantai	Type	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	Kontrol
Lantai 1	CW 1	6,851	0,495	Oke!
Lantai 2	CW 1	5,093	0,265	Oke!
Lantai 3	CW 1	5,093	0,580	Oke!
Lantai 4	CW 1	6,851	4,500	Oke!

**Tabel 5. Kapasitas Dinding Geser
Corewall (CW 2)**

Lantai	Type	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	Kontrol
Lantai 1	CW 2	8,757	5,654	Oke!
Lantai 2	CW 2	6,998	6,515	Oke!

**Tabel 6. Kapasitas Dinding Geser
Shearwall (SW 1)**

Lantai	Type	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	Kontrol
Lantai 1	SW1	4,369	2,425	Oke!
Lantai 2	SW1	4,369	2,259	Oke!
Lantai 3	SW1	4,369	2,501	Oke!

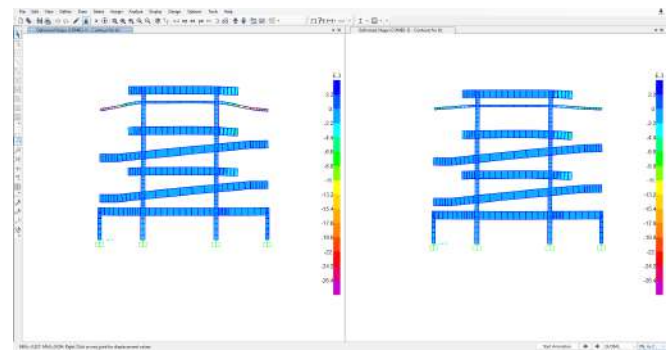
**Tabel 7. Kapasitas Dinding Geser
Shearwall (SW 2)**

Lantai	Type	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	Kontrol
Lantai 1	SW2	4,369	2,233	Oke!
Lantai 2	SW2	4,369	2,522	Oke!

9. Desain Perkuatan

a. Penambahan Post Column

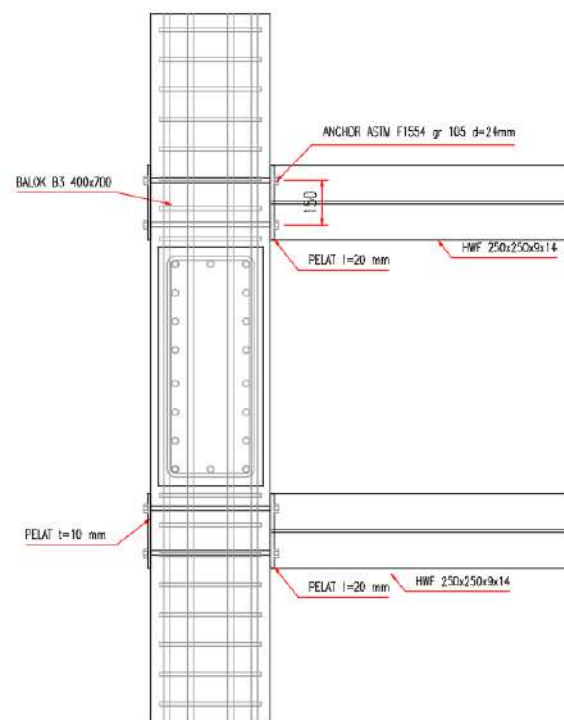
Untuk menambah kapasitas kekuatan balok yang terindikasi lendutan dan retakan pada grid 6 maka diperlukan perkuatan dengan post column baja IWF 394 x 399 x 22,61 x 36,53 seperti Analisa berikut :



Gambar 9. Permodelan Perkuatan Struktur dengan menggunakan Post Column

b. Penambahan Balok Diafragma

Terdapat soft story pada lantai 4, dimana lantai tersebut harus disambungkan dengan balok tambahan profil 2H 250 yang memotong void.



Gambar 10. Detail Perkuatan Balok Diafragma

c. Perkuatan Balok Geser CFRP

Untuk menambah kapasitas geser pada balok B2 lantai 4 maka diperlukan perkuatan CFRP sebagai berikut :

Tabel 8. Perkuatan Geser Balok B2 As

5.A'-B Lantai 4

PERKUATAN BALOK B2.400.700									
x	y	z	Letak	Material FRP			Regangan Efektif FRP		
5	A'-B	10.5	Tumpuan	Sika Wrap-600c			Le	=	33.36129 mm
Data Balok				wf	500	mm	k1	=	0.645421
b balok	400	mm	tf	0.331	mm	k2	=	0.87144	
h balok	700	mm	Ef	242000	Mpa	kv	=	0.116069	
fc'	14	Mpa	ffu*	3800	Mpa	efe	=	0.001577	
cover	40	mm	efu*	0.0143		Kuat geser			
tebal pelat	120	mm	sf	500	mm	wf	=	0.85	
Ø tarik	22	mm	n'	6	buah	φ	=	0.75	
Ø geser	10	mm	n"	1	ply	φVn	=	705.0322	kN
d efektif	639	mm	Ln	168.75	mm	Cek kuat geser			
dfv	519	mm	Desain material			φVn	≥	Vu	
Es	200000	Mpa	Ce	0.95		705.0322	≥	682.31	
L balok	1675	mm	ffu	3610	Mpa	(OKE)			
Kapasitas Geser				efu	0.013585				
Geser FRP									
φVn	668.49	kN							
Vu	682.31	kN	Afv	1986	mm²				
Vc	0	kN	ffe	381.5853	Mpa				
Vs	271.411	kN	Vf	786.6258	kN				

d. Perkuatan Balok Retak Injection

Untuk balok yang mengalami retakan akan dilakukan perkuatan dengan injection dengan epoxy.

10. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan perbaikan Gedung graha PT Petrokimia Gresik.

Tabel 9. Perkuatan Geser Balok B2 As 5.

C-C" Lantai 4

PERKUATAN BALOK B2.400.700									
x	y	z	Letak	Material FRP			Regangan Efektif FRP		
5	C-C'	10.5	Tumpuan	Sika Wrap-600c			Le	=	33.36129 mm
Data Balok				wf	500	mm	k1	=	0.645421
b balok	400	mm	tf	0.331	mm	k2	=	0.87144	
h balok	700	mm	Ef	242000	Mpa	kv	=	0.116069	
fc'	14	Mpa	ffu*	3800	Mpa	efe	=	0.001577	
cover	40	mm	efu*	0.0143		Kuat geser			
tebal pelat	120	mm	sf	500	mm	wf	=	0.85	
Ø tarik	22	mm	n'	7	buah	φ	=	0.75	
Ø geser	10	mm	n"	1	ply	φVn	=	788.6112	kN
d efektif	639	mm	Ln	168.75	mm	Cek kuat geser			
dfv	519	mm	Desain material			φVn	≥	Vu	
Es	200000	Mpa	Ce	0.95		788.6112	≥	725.08	
L balok	1675	mm	ffu	3610	Mpa	(OKE)			
Kapasitas Geser				efu	0.013585				
φVn	668.49	kN	Geser FRP						
Vu	725.08	kN	Afv	2317	mm²				
Vc	0	kN	fle	381.5853	Mpa				
Vs	271.411	kN	Vf	917.7301	kN				

Tabel 10. Anggaran Biaya Perbaikan

Pekerjaan	Biaya (Rp)
Pekerjaan Perkuatan Balok (SIKA Wrap-600C)	Rp97,894,512.77
Pekerjaan Post Column	Rp64,574,134.27
Pekerjaan Balok Diafragma	Rp57,946,215.83
Pekerjaan Injeksi Beton Retak	Rp111,655,637.50
Total	Rp332,070,500.37

11. Durasi Pekerjaan

Durasi pekerjaan didapatkan dari pekerjaan perbaikan Gedung graha PT Petrokimia yaitu 90 hari kalender.

sehingga didapatkan total durasi pada

Tabel 13. Durasi Pekerjaan

Pekerjaan	Hari
Pekerjaan Perkuatan Balok	14
Pekerjaan Post Column	34
Pekerjaan Balok Diafragma	22
Pekerjaan Injeksi Beton Retak	21
Total	90

D. KESIMPULAN

Evaluasi struktur eksisting Gedung Graha PT Petrokimia mengungkapkan terjadinya degradasi material beton yang serius. Kuat tekan beton aktual di semua lantai (11,91–16,59 MPa) berada jauh di bawah mutu rencana 29,5 MPa, diiringi penurunan modulus elastisitas yang konsisten. Hal ini menunjukkan penurunan kualitas material struktur utama.

Hasil pengujian lapangan lebih jauh mengkonfirmasi kondisi yang tidak homogen dan telah rusak. Rentang kuat tekan beton inti yang lebar (9,70–20,14 MPa), kecepatan gelombang ultrasonic yang rendah (1,65–4,81 km/det), serta retakan yang telah menembus selimut beton mengindikasikan tingkat kepadatan dan integritas beton yang sangat bervariasi dari buruk hingga cukup baik.

Untuk memulihkan kapasitas dan keamanan struktur, diperlukan intervensi perkuatan yang komprehensif dan tepat sasaran. Alternatif perbaikan yang direkomendasikan berupa kombinasi metode:

penambahan kolom baja (Post Column) untuk mengendalikan lendutan, penguatan diafragma lantai untuk mengatasi soft story, aplikasi CFRP pada balok kantilever yang gagal akibat gaya geser, serta injeksi epoxy untuk menangani retakan.

Total waktu penyelesaian untuk pekerjaan perbaikan struktur Gedung Graha PT Petrokimia adalah 90 hari kalender.

Total biaya perbaikan yang dibutuhkan untuk pekerjaan tanah kurang lebih Rp. 332.070.500,37.- (Tiga Ratus Tiga Puluh Dua Juta Tujuh Puluh Lima Ratus Ribu Tiga Puluh Tujuh Rupiah).

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, W. (2016). *Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton*. 2(2).
- Ariyanto, A. S. (2020). Analisis Jenis Kerusakan Pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus pada Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Semarang). *Bangun Rekaprima*, 6(1), 45.

<https://doi.org/10.32497/bangunrekapri.ma.v6i1.1929>

- Citra, Z., Wibowo, P. D., Malinda, Y., Wibisono, A., & Apdeni, R. (2023). Evaluasi Mutu Beton dengan Core Drill Test Berdasarkan SNI 2847-2019 pada Struktur Kolom Bangunan Gedung Laboratorium. *CIVED*, 10(2), 603–609.
<https://doi.org/10.24036/cived.v10i2.417>
- Dardiri, A. (n.d.). *Analisis pola, jenis, dan penyebab kerusakan bangunan gedung sekolah dasar*.
- Khoeri, H. (2021). Pemilihan Metode Perbaikan Dan Perkuatan Struktur Akibat Gempa (Studi Kasus Pada Bank Sulteng Palu). *Konstruksia*, 12(1), 93.
<https://doi.org/10.24853/jk.12.1.93-104>
- Simatupang, P. H., & Wadu, V. A. (2020). Integrasi Program Tekla Structures Dan Sap2000 Dalam Perencanaan Gedung Beton Struktural. *Jurnal Teknik Sipil*, 1.