

Assesment dan Perkuatan Struktur Gedung Studi Kasus: Bangunan Gedung UPTD PPD Dispenda Samsat Malimping

ILHAM^{1*}, ANNISA¹

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sains Bandung, Indonesia
Email: ilham.mhd.yunus.01@gmail.com

ABSTRAK

Latar belakang dilakukannya penelitian ini dikarenakan hasil uji kuat tekan sampel beton umur 28 hari dan hasil uji kuat tekan sampel beton core drill dari struktur eksisting memiliki nilai yang jauh di bawah nilai kuat tekan rencana serta nilai kapasitas kolom tidak mencukupi untuk memikul beban rencana. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara investigasi lapangan (pengamatan visual dan pengambilan sampel uji core drill), sedangkan untuk perkuatan struktur direkomendasikan dengan cara penerapan metode jacketing. Pemodelan struktur gedung dilakukan dengan bantuan program komputer berbasis metode elemen hingga. Pemeriksaan terhadap struktur eksisting berdasarkan dua kondisi peraturan gempa, yaitu SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Hasil dari pemeriksaan menunjukkan bahwa beban rencana yang terjadi melebihi kapasitas kolom, baik pada kondisi DED Struktur (perencanaan) maupun pada kondisi eksisting lapangan (pelaksanaan), sehingga perlu dilakukan perkuatan struktur agar diperoleh hasil pemeriksaan terhadap kapasitas penampang struktur yang memenuhi syarat SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2013. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perkuatan dengan metode jacketing dapat meningkatkan kapasitas kolom terhadap beban rencana. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rasio Demand vs Capacity (D/C) pada kolom perkuatan jacketing kurang dari 1 (satu).

Kata kunci: struktur gedung, perkuatan struktur, metode jacketing

ABSTRACT

The background for this research is because of 28-days-old concrete compressive strength test and core drill concrete compressive strength test from the existing structure which has a value far below the design compressive strength and the column capacity is not sufficient to carry the design load. The method used in this research is a field investigation (by visual observation and by taking core drill test samples). Meanwhile, for structural reinforcement, it is recommended to apply the jacketing method. Building structure modeling is done with the help of a computer program based on the finite element method. Investigation of the existing structure is based on two conditions of earthquake regulations, SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019. The inspection results show that the design load exceeds the column capacity in the structural DED condition (planning) and the existing field conditions (implementation). After strengthening the structure, the results of the investigation of the structural cross-sectional capacity concerning SNI 1726-2019 and SNI 2847-2013 meets the requirements. Therefore, it can be concluded that jacketing reinforcement method can increase the column capacity against the design load. This is indicated by the Demand vs. Capacity (D/C) ratio in the jacketing reinforcement column is less than 1 (one).

Keywords: building structure, structural reinforcement, jacketing method

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pekerjaan *assessment* lazimnya dilakukan terhadap bangunan yang telah lama beroperasi, hal ini disebabkan karena terjadinya penurunan struktur bangunan akibat dari beberapa hal seperti terjadinya korosi pada tulangan, karbonasi pada beton dan faktor lainnya. Namun pekerjaan *assessment* bangunan kadang-kadang juga dilakukan pada bangunan baru atau bangunan yang masih dalam tahap konstruksi, hal terjadi karena pada tahap pelaksanaan proyek mutu rencana yang diharapkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan di awal oleh perencana. Seperti pada penelitian ini dilakukan *assessment* struktur pada bangunan yang dalam proses tahap pembangunan. Adapun hal-hal yang melatarbelakangi dilakukannya *assessment* pada bangunan tersebut antara lain:

1. Uji kuat tekan sampel beton pada umur 28 hari dengan metode *core drill test* dari struktur eksisting yang memiliki nilai dibawah nilai kuat tekan rencana.
2. Nilai kapasitas / daya dukung kolom tidak mencukupi dalam memikul beban rencana.
3. Nilai kapasitas/daya dukung *pile cap* rendah.

Berangkat dari latar belakang inilah maka perlu dilakukan penilaian struktur pada bangunan tersebut, untuk mengetahui kondisi struktur pada saat ini, apakah bisa dilanjutkan pelaksanaan konstruksinya atau dilakukan perkuatan struktur terlebih dahulu sebelum melanjutkan pada tahap pelaksanaan selanjutnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui performa struktur saat ini, kemudian direkomendasikan untuk melakukan perkuatan struktur jika diperlukan dan dilanjutkan pada tahapan konstruksi selanjutnya.

2. Landasar Teori

2.1 Assessment Struktur

Assessment struktural adalah prosedur yang digunakan untuk memeriksa kecukupan, integritas struktural, dan kekuatan struktur dan komponennya. Penilaian dilakukan untuk mengevaluasi penggunaan struktur saat ini dan masa depan dan kesesuaian dengan peraturan-peraturan bangunan yang berlaku saat ini. Semua bangunan dan struktur memerlukan inspeksi berkala untuk memastikan keamanan, kekuatan dan stabilitas struktural di bawah beban normal/aktual serta mengurangi kemungkinan keruntuhan yang tidak proporsional di bawah beban yang tidak terduga atau tidak disengaja [9] [10] [11] [12] [14] [15].

Konsekuensi dari integritas struktural yang tidak memadai dapat membahayakan keselamatan publik, artinya bangunan tersebut mungkin tidak dapat mendukung beban yang dirancang untuknya. Proses evaluasi *structure test* melibatkan pengamatan visual anggota struktural seperti kolom, balok, beban dinding, pelat, atap, fondasi, dan koneksi (sambungan) untuk tanda-tanda kekurangan struktural seperti retakan, lendutan berlebih, defleksi, penurunan (degradasi) keandalan bangunan gedung termasuk bukti adanya tekanan dan kerusakan material.

2.2 Beban pada Struktur

Struktur bangunan dirancang untuk menopang berbagai jenis beban yang dapat bekerja padanya selama masa layannya. Estimasi yang akurat dari besarnya beban ini merupakan aspek yang sangat penting dari proses analisis struktur suatu bangunan. Analisis untuk beban ini diatur dalam peraturan SNI 1726 tentang Perencanaan Bangunan Tahan Gempa untuk Gedung dan Non Gedung [3] [7], yang membantu desainer dalam hal ini. Beban struktural dapat secara luas diklasifikasikan menjadi lima kelompok: beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin dan beban lingkungan [4].

2.3 Perkuatan Kolom

Perkuatan kolom adalah proses dalam perbaikan beton yang melibatkan penambahan atau pengembalian ke kapasitas beban kolom, atau berapa banyak berat yang dapat ditahan oleh kolom tersebut. Prosesnya mencakup semua jenis kolom termasuk kolom jenis lingkaran, persegi, persegi panjang, berbentuk L dan T, atau berjenjang yang akan banyak ditemukan pada struktur gedung, struktur jembatan, dan struktur besar lainnya.

2.4 Concrete Jacketing

Salah satu ide pertama yang dikembangkan di bidang perkuatan struktural adalah pelapisan elemen struktur yang ada dengan lapisan eksterior beton bertulang. Melalui perincian *jacketing* yang tepat, hampir semua sifat elemen dapat dipengaruhi, seperti lentur, geser, dan kekuatan aksial, kekakuannya, dan bahkan keuletannya dengan pengekan tambahan yang dapat dalam bentuk *jacketing*. Tujuan utama dari *jacketing* adalah:

1. Meningkatkan kekangan beton dengan tulangan serat melintang, khususnya untuk kolom penampang lingkaran.
2. Meningkatkan kekuatan geser dengan penguatan serat melintang.
3. Untuk meningkatkan kekuatan lentur dengan tulangan serat longitudinal.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Bangunan

Struktur yang diteliti adalah bangunan yang masih dalam tahap pembangunan. Bangunan tersebut adalah bangunan 3 (tiga) lantai yang memiliki luas 36,5 x 42,8 m² dengan ketinggian total 13,3 meter. Kuat tekan beton rencana yang ditentukan oleh Konsultan Perencana adalah K-250 dan K-275, yang mana jika dikonversi pada benda uji silinder maka nilai kuat tekan dari K-250 dan K-275 berturut turut adalah 20,7 MPa dan 22,8 MPa. Berdasarkan kondisi di atas, maka pihak Kontraktor merasa perlu melakukan evaluasi terhadap kekuatan struktur eksisting.

3.2 Model Analisis

Struktur dimodelkan sebagai portal 3D menggunakan perangkat lunak ETABS, pelat dimodelkan sebagai diafragma yang kaku, sedangkan ukuran penampang balok dan kolom ditunjukkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**, serta sifat material yang digunakan dalam analisis diperoleh dari gambar perencanaan dan pengukuran di lokasi. Selanjutnya, dilakukan 3 (tiga) pemodelan struktur yaitu kondisi pertama struktur dimodelkan dan diberikan beban awal sesuai dengan perencanaan awal, kondisi kedua struktur diberikan beban sesuai rencana dengan mutu beton yang sesuai hasil tes lapangan, dan kondisi ketiga struktur diberi beban sesuai rencana dengan mutu beton yang sudah diperbaiki.

3.3 Metode Investigasi Lapangan

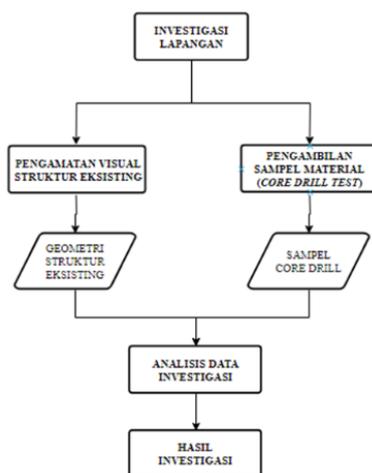
Investigasi lapangan bertujuan untuk memperoleh data-data kondisi struktur eksisting, seperti geometri struktur eksisting dan spesifikasi material eksisting. Investigasi lapangan terhadap material eksisting, dikhususkan pada material beton, mengingat mutu material beton eksisting terindikasi memiliki nilai yang kurang dari nilai mutu rencana. Ini didasarkan pada hasil uji kuat tekan sampel beton. Investigasi lapangan dilakukan dengan pengamatan visual terhadap kondisi struktur eksisting serta dengan pengambilan sampel material. Metode investigasi lapangan yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

3.3.1 Pengamatan Visual

Pengamatan secara visual dilakukan untuk mengetahui kondisi geometri struktur eksisting, seperti kesesuaian geometri struktur eksisting dengan gambar DED struktur, kondisi permukaan struktur, konfigurasi penulangan struktur, tebal selimut beton serta kondisi-kondisi lain pada struktur eksisting yang dapat diamati secara visual.

3.3.2 Pengambilan Sampel Material (*Core Drill Test*)

Pengambilan sampel material pada struktur eksisting merupakan salah satu syarat utama untuk mengetahui kekuatan struktur eksisting. Pengambilan sampel pada investigasi ini bersifat *Destructive Test* (DT) dengan *core drill test* dan uji kuat tekan dapat dilakukan untuk mengetahui mutu tekan aktual dari suatu struktur beton eksisting. *Core Drill Test* dilakukan pada 11 titik. Dengan perincian 6 titik pada elemen kolom, 3 titik pada elemen *pile cap*, dan 2 sampel pada elemen sloof. Sampel uji diambil dengan *Core Drill Test* yang merujuk pada peraturan SNI 03-2492-2002 [2].



Gambar 1. Flowchart investigasi lapangan

3.4 Metode Perkuatan Struktur

Metode perkuatan struktur yang direkomendasikan adalah dengan melakukan *jacketing* kolom. Metode ini direkomendasikan karena efektif dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada sistem struktur eksisting, yaitu permasalahan minimnya kapasitas/daya dukung kolom terhadap beban rencana.

3.4.1 Material *Jacketing* Kolom

Material *jacketing* kolom terdiri dari:

1. Material baja tulangan *jacketing* sesuai SNI 2052:2017 [6].
2. Material *grouting* berupa SIKA GROUT 215 NEW.

3.4.2 Tahapan Kerja

Tahapan pekerjaan meliputi:

1. Pekerjaan *Chipping* / Pengupasan Selimut Beton Kolom Eksisting.
2. Pemasangan Tulangan Utama Baru (Tulangan Utama Perkuatan).
3. Pemasangan Stek Tulangan Tipe C.
4. Pemasangan Sengkang Baru (Tulangan Sengkang Perkuatan).
5. Pemasangan Bekisting.
6. Pekerjaan *Grouting* dengan SIKA GROUT 215 NEW.
7. Pekerjaan Pembongkaran Bekisting.

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Uji Sampel *Core Drill*

Hasil pengujian kuat tekan sampel *core drill* ditampilkan pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Nilai Kuat Tekan (Hasil Uji Sampel *Core Drill*)

Elemen Struktur	Nilai Kuat Tekan f'_c [MPa]
Pile cap	10,1
	5,0
	22,9
Sloof	10,8
	10,3
Kolom	4,7
	5,9
	6,1
	6,5
	7,5
	7,1

Komparasi nilai kuat tekan beton aktual pada elemen struktur eksisting dengan nilai kuat tekan rencana ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Komparasi Nilai Kuat Tekan Rencana vs Aktual

Elemen Struktur	Nilai Kuat Tekan Rencana		Nilai Kuat Tekan Aktual
	K [kg/cm ²]	f'_c [MPa]	f'_c [MPa]
Pilecap	K-275	22,8	10,1
	K-250	20,8	5,0
	K-275	22,8	22,9
Sloof	K-275	22,8	10,8
	K-275	22,8	10,3
Kolom	K-275	22,8	4,7
	K-275	22,8	5,9
	K-275	22,8	6,1
	K-275	22,8	6,5
	K-275	22	7,5
	K-275	22	7,1

4.2 Hasil Investigasi Lapangan

Hasil yang diperoleh pada tahapan invesigasi lapangan ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan visual, ditemukan cacat struktur pada elemen kolom, seperti banyaknya rongga yang terdapat pada beton kolom, serta permukaan kolom yang sangat bergelombang.
2. Penulangan geser pada *joint*/sambungan balok-kolom yang minim.
3. Terdapat nilai hasil uji kuat tekan yang tidak konsisten, dengan perbedaan yang sangat signifikan, berkisar 20,5% s/d 47,2% terhadap nilai hasil uji kuat tekan tertinggi (22,9 MPa). Hasil ini menunjukkan bahwa mutu material beton pada elemen struktur eksisting sangat bervariasi, sehingga mengindikasikan minimnya fungsi *Quality Control* di lapangan.
4. Hasil uji kuat tekan beton dari sampel yang diambil dari elemen-elemen struktur eksisting menunjukkan nilai kuat tekan beton aktual yang jauh di bawah nilai kuat tekan rencana, berkisar 20,6% s/d 47,4% dari nilai kuat tekan beton rencana yang ditentukan oleh Konsultan Perencana dengan spesifikasi K-250 dan K-275; yang mana jika dikonversi pada benda uji silinder, nilai kuat tekan dari K-250 dan K-275 berturut turut adalah 20,7 MPa dan 22,8 MPa.

4.3 Assessment Struktur

Assesment Sstruktur pada bangunan gedung UPTD PPD Dispenda Samsat Malimping ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu review DED perencanaan struktur dan mengevaluasi kekuatan struktur eksisting. Review DED perencanaan struktur dengan mengkaji informasi mengenai komponen struktur dan penulangannya (**Tabel 3 hingga Tabel 5**), serta spesifikasi material struktur seperti beton, baja tulangan dan baja profil (**Tabel 6 dan Tabel 7**). Material baja yang digunakan pada struktur dibagi menjadi 3 jenis, material BJTS dan BJTP digunakan untuk material baja tulangan pada beton bertulang, sedangkan material BJ55 digunakan untuk material baja pada rangka atap.

Tabel 3. Dimensi dan Tulangan Balok Eksisting

No	Elemen	Dimensi [mm]	Tulangan Lentur			Tulangan Geser	
			Lokasi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
1	Balok B1	250x400	Atas	5D16	3D16	Ø10-100	Ø10-200
			Bawah	3D16	5D16		
2	Balok B2	200x300	Atas	3D16	2D16	Ø10-150	Ø10-200
			Bawah	2D16	3D16		
3	Balok B3	250x500	Atas	5D16	3D16	Ø10-100	Ø10-150
			Bawah	3D16	3D16		
4	Ring Balok RB1	200x400	Atas	3D16	2D16	Ø10-100	Ø10-150
			Bawah	2D16	3D16		
5	Ring Balok RB2	200x600	Atas	2D16	5D16	Ø10-100	Ø10-200
			Bawah	4D16	2D16		
6	Sloof S1	250x400	Atas	3D16	3D16	Ø10-150	Ø10-200
			Bawah	3D16	3D16		
7	Sloof S2	200x350	Atas	5D16	3D16	Ø10-150	Ø10-200
			Bawah	3D16	5D16		

Tabel 4. Dimensi dan Penulangan Kolom Eksisting

No	Elemen	Dimensi [mm]	Tulangan Lentur	Tulangan Sengkang
1	Kolom K1	400 x 400	12D16	Tumpuan Ø10-150 Lapangan Ø10-150
2	Kolom K2	D400	10D16	Tumpuan Ø10-150 Lapangan Ø10-150
3	Kolom K5	400 x 400	10D16	Tumpuan Ø10-150 Lapangan Ø10-150

Tabel 5. Dimensi dan Penulangan Pondasi Eksisting

No	Elemen	Dimensi [mm]	Tulangan Lentur	Tulangan Sengkang
1	Pondasi P1	600 x 600	12D16	Tumpuan Ø10-150 Lapangan Ø10-150
2	Pondasi P2	600 x 1.200	10D16	Tumpuan Ø10-150 Lapangan Ø10-150
3	Pondasi P3	1.200 x 1.200	10D16	Tumpuan Ø10-150 Lapangan Ø10-150

Tabel 6. Spesifikasi Material Beton

Jenis Material	Mutu Material		
	Kuat tekan, f'_c K [kg/cm ²]	[MPa]	Modulus Elastisitas [MPa]
Beton	K-250	20,75	$2,14 \times 10^4$
	K-275	22,8	$2,3 \times 10^4$

Tabel 7. Spesifikasi Material Baja

Jenis Material	Diameter [mm]	Mutu Material		
		Kuat Leleh, F_y [MPa]	Kuat Tarik, F_u [MPa]	Modulus Elastisitas, E [MPa]
BJTS	16	420	525	2×10^5
BJTP	10	280	350	2×10^5
BJ55	-	410	550	2×10^5

4.4 Pembebanan Struktur

Berdasarkan lokasi kerja gayanya, pembebanan pada struktur dikelompokkan menjadi 2, yaitu pembebanan yang bekerja pada rangka atap baja, serta pembebanan yang bekerja pada pelat lantai dari sistem struktur portal beton bertulang. Perencanaan pembebanan ini mengacu pada SNI 1727:2013 [4]. Berat sendiri kuda-kuda ditentukan berdasarkan berat volume baja sebesar 7.850 kg/m^3 . Nilai beban pada kuda-kuda dirangkum pada **Tabel 8**. Beban pada pelat lantai terdiri dari beban mati (berat konstan seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang). Pada analisis ini, beban mati terdiri dari berat sendiri struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri struktur beton bertulang dihitung berat jenis beton normal, sebesar 2.400 kg/m^3 [5] [8]. Beban mati tambahkan dirangkum pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**.

Tabel 8. Beban Pada Rangka Atap

No	Jenis Pembebanan Kuda-kuda	Beban
1	Beban Atap	1,7 kgf/m^2
2	Beban Gording	6,5 kgf/m^2
3	Beban Plafond	40 kgf/m^2
4	Beban MEP	18 kgf/m^2
5	Beban Angin	40 kgf/m^2

Tabel 9. Beban Mati Lantai 2

Jenis Beban	Berat [kN/m^2]	Peraturan Rujukan
Keramik Spesi	1,1	ASCE 7-16 Table C3.1-1
<i>Mechanical Duct</i>	0,19	
Penggantung Plafon (<i>Suspended Steel Channel</i>)	0,1	
Plafon (<i>Acoustical Fiberboard</i>)	0,05	
Total Beban Mati Lt.2	1,44	

Tabel 10. Beban Mati Lantai Atap

Jenis Beban	Berat [kN/m^2]	Peraturan Rujukan
Lapisan Waterproofing (<i>Liquid Applied</i>)	0,05	ASCE 7-16 Table C3.1-1
<i>Mechanical Duct</i>	0,19	
Penggantung Plafon (<i>Suspended Steel Channel</i>)	0,1	
Plafon (<i>Acoustical Fiberboard</i>)	0,05	
Total Beban Mati Lt. Atap	0,39	

Beban dinding per satuan panjang [m] dihitung berdasarkan ketinggian dinding. Dengan berat dinding per satuan luas [m^2] sebesar $2,3 \text{ kN/m}^2$ [1]. Beban dinding pada balok = $4,25 \times 2,3 = 9,775 \text{ kN/m}^2$. Beban hidup adalah beban yang dapat dipindahkan atau dilekatkan sementara pada suatu struktur, termasuk beban pada bangunan dari penyimpanan furnitur dan peralatan, juga beban dari pengguna dan penghuni bangunan. Detail beban hidup ditunjukkan pada **Tabel 11** dan **Tabel 12**.

Tabel 21. Beban Hidup Lantai 2

Jenis Beban	Berat [kN/m^2]	Peraturan Rujukan
Lantai Kantor	2,4	SNI 1727-2013 Tabel 4-1
Beban Partisi	0,72	Pasal 4.32

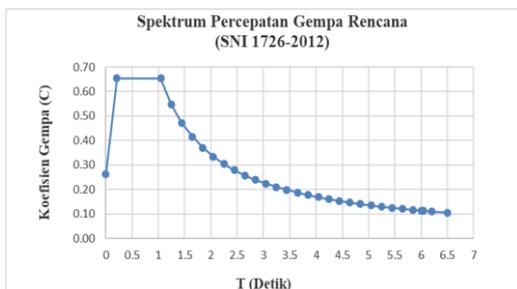
Total Beban 3,12

Tabel 12. Beban Hidup Lantai Atap

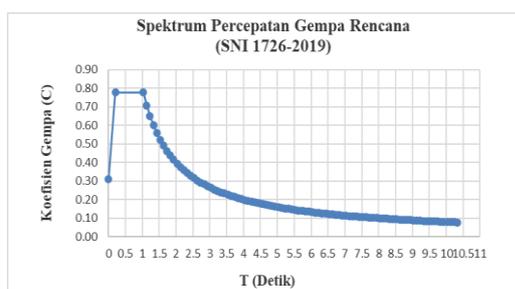
Jenis Beban	Berat [kN/m ²]	Peraturan Rujukan
Atap Datar	0,96	SNI 1727-2013 Tabel 4-1
Total Beban	0,96	

Sistem struktur gedung UPTD PPD Dispenda Samsat Malimping merupakan sistem struktur portal beton bertulang 3 lantai, sehingga analisis gempa masih diizinkan untuk menggunakan Analisis Gempa Statik (SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019). Parameter desain gempa ditunjukkan pada **Gambar 2**. Parameter tersebut kemudian digunakan untuk menghitung spektrum percepatan gempa desain yang kemudian digunakan untuk menghitung beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan ini.

Dari analisis spektrum percepatan gempa menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2012 diperoleh nilai puncak percepatan gempa rencana, S_a sebesar 0,654 m/s² untuk SNI 1726-2019 diperoleh nilai puncak percepatan gempa rencana, S_a sebesar 0,7766 m/s². Hasil ini menunjukkan bahwa nilai puncak percepatan gempa rencana pada SNI 1726:2019 mengalami peningkatan sebesar 15,78%. Peningkatan ini secara otomatis berakibat pada peningkatan gaya gempa dengan besaran peningkatan yang linier dengan peningkatan nilai puncak percepatan gempa yang terjadi. Untuk beban gempa, pembebanan dihitung dengan menggunakan metode statik ekuivalen.



(a) Spektrum Percepatan Gempa Rencana (SNI 1726-2012)



(b) Spektrum Percepatan Gempa Rencana (SNI 1726-2019)

Gambar 2. Spektrum percepatan gempa rencana

Kombinasi beban terjadi ketika berbagai jenis beban bekerja secara bersamaan dalam suatu struktur. Untuk menghindari kegagalan pada suatu struktur, faktor beban digunakan dalam kasus kombinasi beban yang bekerja pada suatu bangunan. Kombinasi-kombinasi pembebanan ditunjukkan pada **Tabel 13** sebagai berikut:

Tabel 13. Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi Pembebanan	Keterangan
1	1,4 (DL + SIDL)	DL
2	1,2 (DL + SIDL) + 1,6 LL + 0,5 Lr	SIDL
3	1,2 (DL + SIDL) + 1,6 LL + 0,5 R	LL
4	1,2 (DL + SIDL) + 1,0 LL + 1,6 Lr	Lr
5	1,2 (DL + SIDL) + 1,0 LL + 1,6 R	R
6	(1,2 + 0,2 S _{Ds}) DL + 1,0 LL ± ρ (1,0 EQX) ± ρ (0,3 EQY)	EQX
7	(1,2 + 0,2 S _{Ds}) DL + 1,0 LL ± ρ (0,3 EQX) ± ρ (0,1 EQY)	EQY
8	(1,2 + 0,2 S _{Ds}) DL ± ρ (1,0 EQX) ± ρ (0,3 EQY)	S _{Ds}

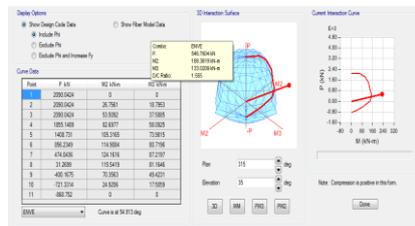
Percepatan Gempa Desain Pada Periode Pendek (0,2 detik)

4.5 Pemeriksaan Kapasitas Penampang Elemen Struktur

Analisis kekuatan komponen struktur beton eksisting pada kasus ini terdiri dari analisis kekuatan kolom dan kekuatan balok, dengan mengacu pada SNI 2847:2019 dan ACI 318:2014. Pemeriksaan kekuatan kolom terdiri dari pemeriksaan kombinasi kuat aksial-lentur dengan diagram interaksi, pemeriksaan kuat geser dan pemeriksaan persyaratan tulangan kekangan (*confinement*). Ketiga persyaratan ini diperiksa secara komputerisasi. *Output* pemeriksaan ini berupa diagram keadaan struktur, yang terdiri dari beberapa warna. Warna merah (mengalami kegagalan), warna kuning (hampir mengalami kegagalan), hijau dan biru (masih kuat memikul beban yang terjadi). Secara prinsip, diagram tersebut dibuat berdasarkan nilai rasio D/C. Diagram rasio D/C pada sistem struktur portal beton bertulang gedung UPTD PPD BAPENDA SAMSAT MALINGPING ini diperlihatkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** berikut.



Gambar 3. Kontur diagram kapasitas penampang struktur (a) 3D View (b) 2D View



Gambar 4. Contoh analisis diagram interaksi kolom

Dari hasil pemeriksaan terhadap kapasitas penampang struktur, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur rangka atap memiliki kapasitas penampang yang cukup dalam memikul beban rencana.
2. Sebagian besar (90%) elemen kolom pada struktur portal beton bertulang memiliki kapasitas penampang dibawah beban rencana, dengan rasio Demand vs Capacity (D/C) lebih dari 1 (satu). Ini menunjukkan bahwa 90% dari jumlah elemen kolom mengalami kegagalan struktur.

4.6 Evaluasi Kekuatan Struktur Eksisting

Mutu material beton aktual berupa nilai kuat tekan (f'_c) dari elemen struktur eksisting yang digunakan dalam analisis ini, mengacu pada nilai kuat tekan (f'_c) yang diperoleh dari hasil uji kuat tekan sampel beton *core drill* sebagaimana yang ditunjukkan pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Mutu Material Beton Eksisting

Jenis Material	Mutu Material Beton Eksisting		
	Elemen	Kuat tekan, f'_c [MPa]	Modulus Elastisitas [MPa]
Beton	Kolom	4,7	1,02 x 10 ⁴
	Sloof	10,3	1,51 x 10 ⁴

*Assesment dan Perkuatan Struktur Gedung Studi Kasus: Bangunan Gedung UPTD
PPD Dispenda Samsat Malimping*

Balok	22,8	2,24 x 10 ⁴
Ring Balk	22,8	2,24 x 10 ⁴

Langkah yang dilakukan untuk pemodelan dan analisis struktur eksisting ini sama seperti sebelumnya, maka diperoleh hasil pemeriksaan kapasitas penampang elemen struktur eksisting pada **Gambar 5** berikut. Pemeriksaan terhadap struktur eksisting dilakukan terhadap dua kondisi peraturan gempa, yaitu pada peraturan gempa SNI 1726:2012 dan peraturan gempa SNI 1726:2019.

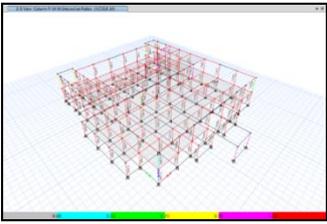
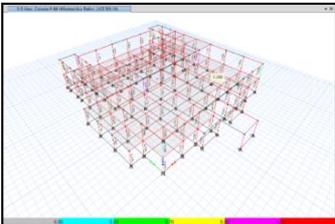
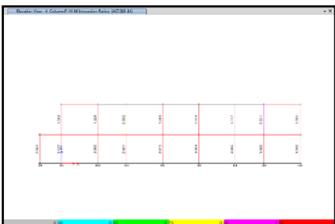
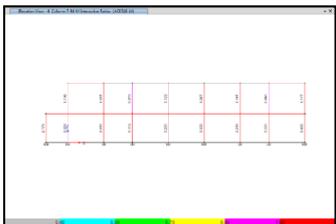
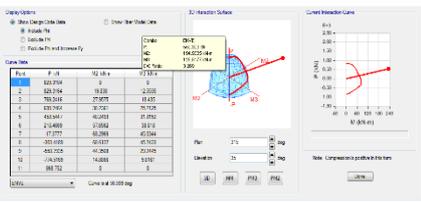
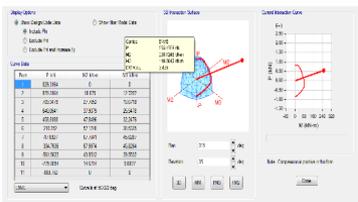
4.7 Hasil Assessment Struktur

Rekapitulasi dan komparasi hasil analisis *assessment* ditampilkan pada **Tabel 15** berikut.

Tabel 15. Rekapitulasi dan Komparasi Hasil Analisis

Elemen Struktur	Posisi	DED Struktur		Struktur Eksisting	
		SNI 1726:2012 Rasio D/C	SNI 1726:2012 Rasio D/C	SNI 1726:2019 Rasio D/C	SNI 1726:2019 Rasio D/C
Kolom C116	Lt.1	1,550	3,269	3,495	
Kolom C66	Lt.1	1,386	2,901	3,119	
Kolom C78	Lt.1	2,185	2,528	2,581	
Kolom C47	Lt.2	1,204	1,326	1,407	
Kolom C13	Lt.2	1,411	1,513	1,600	
Kolom C40	Lt.2	1,078	1,151	1,212	

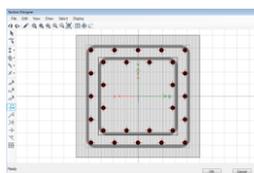
Mengingat banyaknya jumlah kolom pada struktur eksisting, maka data pada **Tabel 15** di atas hanya menampilkan sebagian kecil yang dipilih secara acak, untuk kepentingan kemudahan dalam membandingkan hasil antar analisis. **Tabel 15** di atas menunjukkan bahwa beban rencana yang terjadi melebihi kapasitas kolom, baik pada kondisi DED struktur (perencanaan), maupun pada kondisi eksisting lapangan (pelaksanaan).

	SNI 1726:2012	SNI 1726:2019
Kontur Diagram Kapasitas Penampang Struktur Eksisting (3D View)		
Kontur Diagram Kapasitas Penampang Struktur Eksisting (2D View)		
Analisis Diagram Interaksi Kolom Eksisting		

Gambar 5. Kontur kapasitas penampang struktur eksisting (3D) dan analisis diagram interaksi kolom eksisting

4.8 Perencanaan Perkuatan Struktur Kolom

Kolom perkuatan direncanakan dengan dimensi 500 x 500 mm, menggunakan tulangan ulir (BJTS) berdiameter 16 mm sebanyak 28 buah. Pemodelan properti penampang kolom perkuatan beton bertulang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pemodelan kolom perkuatan dengan *Section Designer*

4.9 Rekapitulasi dan Komparasi Hasil Perkuatan Struktur

Rekapitulasi dan komparasi hasil perkuatan ditampilkan pada **Tabel 16** berikut.

Tabel 16. Rekapitulasi dan Komparasi Hasil Perkuatan Kolom

Elemen Struktur	Posisi	Struktur Eksisting	Struktur Kolom Perkuatan
		SNI 1726:2019 Rasio D/C	SNI 1726:2019 Rasio D/C
Kolom C116	Lt.1	3,495	0,635
Kolom C66	Lt.1	3,119	0,639
Kolom C47	Lt.2	1,407	0,587
Kolom C13	Lt.2	1,6	0,558
Kolom C40	Lt.2	1,212	0,532

Dari hasil pemeriksaan terhadap kapasitas penampang struktur, dapat disimpulkan bahwa perkuatan dengan metode *jacketing* kolom dapat meningkatkan kapasitas penampang kolom terhadap beban rencana, dengan nilai rasio Demand vs Capacity (D/C) pada elemen kolom perkuatan kurang dari 1 (satu).

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada struktur eksisting UPTD PPD Dispenda Samsat Malingping dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan gambar DED struktur, tulangan pada komponen struktur utama tidak memenuhi persyaratan tulangan struktur beton bertulang di daerah rawan gempa. Hal ini dikarenakan masih menggunakan tulangan polos, sedangkan menurut SNI 2847:2019 tidak mengizinkan penggunaan tulangan polos, kecuali untuk sengkang dengan tipe spiral.
2. Nilai kuat tekan beton aktual yang diperoleh dari uji kuat tekan beton serta dari hasil *core drill test* bervariasi antara 22,9 MPa. Rata-rata memiliki nilai kuat tekan beton aktual berkisar 20,6% s/d 47,4% dari nilai kuat tekan beton rencana 22,8 MPa. Hal ini tidak memenuhi kriteria yang disyaratkan SNI 2847:2019, yaitu minimum 21 MPa untuk kategori struktur dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).
3. Berdasarkan pengamatan visual dan gambar DED struktur diketahui bahwa ketebalan selimut beton pada komponen struktur eksisting berkisar antara 2,5 cm s/d 3,5 cm. Hal ini tidak memenuhi kriteria yang disyaratkan dalam SNI 2847:2019, yaitu minimum 4 cm.
4. Pada kolom, tulangan pengekang inti beton tidak memenuhi persyaratan SNI 2847:2019, sehingga rawan terjadinya gagal geser dan aksial.

5. Berdasarkan analisis yang dilakukan menggunakan gambar DED struktur, diperoleh hasil bahwa semua kolom, baik pada lantai dasar maupun lantai ke-2, tidak mampu memikul kombinasi beban yang bekerja, baik berdasarkan SNI 1726:2012 maupun SNI 1726:2019.
6. Dalam investigasi lapangan secara visual, diketahui bahwa tulangan geser yang terpasang pada zona sambungan balok-kolom sangat minim. Kondisi ini dapat berakibat fatal mengingat bangunan struktur berada pada zona gempa kuat, sehingga dapat memicu kegagalan struktur oleh gaya gempa akibat terjadinya kegagalan pada sistem *joint*/sambungan balok-kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Society of Civil Engineers. (2016). *ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2492-2002 tentang Metode Pengambilan dan Pengujian Beton Inti*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [7] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [8] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [9] Christiawan, I., Triwiyono, A. & Christiady, H. (2008). Evaluasi Kinerja dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus: Perubahan Fungsi Ruang Kelas Menjadi Ruang Perpustakaan pada Lantai II Gedung G Universitas Semarang). *Forum Teknik Sipil No. XVIII* (pp. 725-738). __: __.
- [10] Darmawan, S.M., Bayuaji, R., Husin, N.A. & Anugraha, R.B. (2014). Case study of remaining service life assessment of a cooling water intake concrete structure in indonesia. *Advances in Civil Engineering*, __(__), 1-16.
- [11] Husin, N.A. & Darmawan, M.S. (2008). Evaluasi Struktur Gedung Bank Papua Cabang Manokwari Pasca Gempa 7 Januari 2008. *Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW) X Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS* (pp. 62-71). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [12] Madutujuh, N., Prawiranegara, J., Ariadi & Natalius, D. (2013). Audit Kekuatan Struktur dan Perkuatan Struktur Pasca Gempa. *Seminar HASTAG 2013* (pp. __-__). __: __.
- [13] Sulendra, I.K.E. (2012). Evaluasi Struktur Bangunan Administrasi RSUD UNDATA. *INFRASTRUKTUR*, 2(1), 46-55.
- [14] Winarsih, T. (2010). *Asesmen Kekuatan Struktur Bangunan Gedung (Studi Kasus: Bangunan Gedung UGD dan Administrasi RSUD Banyudono, Kabupaten Boyolali)*. Tesis. Surakarta: Program Magister Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil - Universitas Sebelas Maret.
- [15] Yahya, E.P.A., Pradipta, F.A.B., Antonius & Setiyawan, P. (2022). Asesmen dan Analisis Gedung Eksisting (Studi Kasus Bangunan Johar Shopping Center Semarang). *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, __(__), 176-204.

