

ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PERUBAHAN FUNGSI RUANG DAN PENAMBAHAN JUMLAH LANTAI PROYEK RUMAH IBADAH YAYASAN BERA KARAWACI, TANGERANG

Muhammad Rifqi¹, Yanuar Setiawan^{2*}, Mursid³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 16425

e-mail: ssmrifqi@gmail.com¹, yanuar.setiawan@sipil.pnj.ac.id^{2*}, mursid@sipil.pnj.ac.id³

ABSTRACT

Aspects of building construction are impacted by population increase, technological advancements, and the growing needs of the community. Existing buildings may be converted to serve new purposes in an effort to meet space needs, particularly in key areas. The Barea Karawaci Foundation house of worship building, located in Tangerang City, has a structure that ranges in height from four to six stories, and its usage has changed from that of a shophouse to a place of worship. This is a choice since it is quicker to execute and more financially lucrative. After adding floors and modifying a room's purpose, the inspection of the existing structure is done using the ETABS program and manually computed against the fulfillment of the regulations' requirements. The same is done for reinforcement with concrete jacketing. By enlarging the beam's size from 200x400 to 400x500, adding 6D19 flexural reinforcement, and adding 10 shear reinforcement at intervals of 90 to 200 mm, the beam is strengthened. Column reinforcement is done by enlarging the column from 200x600 to 400x800, adding 18D13 and 14D13 reinforcement, and adding D10 shear reinforcement at distances ranging from 78 mm to 200 mm.

Keywords: Structural reinforcement, Concrete jacketing, Floor additions, Room function changes.

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan berkembangnya zaman yang disertai meningkatnya kebutuhan masyarakat, berpengaruh pada aspek konstruksi bangunan. Dalam usaha memenuhi kebutuhan ruang, mengalihfungsikan bangunan yang sudah ada untuk digunakan dengan fungsi baru dapat menjadi pilihan, terutama dilokasi-lokasi yang strategis. Bangunan dari 4 lantai menjadi 6 lantai dan fungsi ruang dari ruko menjadi rumah ibadah di terapkan di Gedung rumah ibadah yayasan Barea Karawaci Kota Tangerang. Hal ini menjadi pilihan karena lebih menguntungkan dari sisi pembiayaan dan waktu pelaksanaan. Pemeriksaan Struktur eksisting setelah penambahan jumlah lantai dan perubahan fungsi ruang dilakukan dengan program ETABS dan dihitung kembali secara manual terhadap pemenuhan syarat-syarat yang di tetapkan dalam peraturan, hal yang sama dilakukan untuk perkuatan dengan concrete jacketing. Perkuatan balok dilakukan dengan memperbesar dimensi balok dari 200x400 menjadi 400x500, penambahkan tulangan lentur 6D19 dan penambahan tulangan geser Ø10 perjarak 90 mm sampai jarak 200 mm. Perkuatan kolom dilakukan dengan memperbesar dimensi kolom dari 200x600 menjadi 400x800, penambahan tulangan 18D13 dan 14D13 serta tulangan geser D10 perjarak 78 mm sampai jarak 200 mm.

Kata kunci: Perkuatan struktur, Concrete jacketing, Penambahan lantai, Perubahan fungsi ruang.

PENDAHULUAN

Dalam usaha memenuhi kebutuhan ruang bangunan gedung di lokasi strategis, alih fungsi bangunan yang

sudah ada untuk digunakan dengan fungsi baru dapat menjadi pilihan. Penambahan jumlah lantai bangunan ruko 4 lantai beralih fungsi menjadi bangunan rumah ibadah 6 lantai, Perubahan fungsi ruang dari ruko

menjadi rumah ibadah menjadi pilihan sebagai usulan bagi pengelola gedung karena selain untuk efisiensi pemanfaatan ruang, dari segi pembiayaan dan ketersediaan lahan akan lebih hemat apabila dibandingkan dengan membangun gedung baru. Hal lain yang jadi pertimbangan adalah lokasi pembangunan rumah ibadah ini dekat dengan masyarakat yang melakukan kegiatan peribadatan.

Penambahan jumlah lantai pada bangunan eksisting bisa menyebabkan ketidakmampuan kekuatan struktur eksisting menahan beban lantai tambahan sehingga perlu dilakukannya perkuatan struktur. Analisis perkuatan struktur akibat perubahan fungsi ruang ini menjadi sangat penting untuk dilakukan sebelum dinyatakan bahwa bangunan tersebut layak fungsi. Pembahasan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah penambahan jumlah lantai pada bangunan gedung "Rumah Ibadah Yayasan Barea" yang berlokasi di Jalan Imam Bonjol Panunggang Barat, Cibodas, ruko Karawaci Kota Tangerang.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung kekuatan struktur pelat, balok, dan kolom setelah dilakukan penambahan jumlah lantai dan perubahan fungsi ruang, menganalisis perkuatan pada elemen-elemen struktur pelat, balok, dan kolom eksisting yang membutuhkan perkuatan, dan membuat detail perkuatan struktur pelat, balok, dan kolom dari hasil desain perkuatan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan tentang perkuatan struktur seperti tipe gedung yang dimodelkan, memberikan alternatif penyelesaian kebutuhan ruang dengan cara menambah jumlah lantai pada bangunan yang sudah ada, memberikan

pengetahuan tentang perhitungan perkuatan struktur.

Landasan Teori

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom (penyangga yang vertikal). Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser.[1]

Kolom adalah elemen struktur tekan yang meneruskan beban-beban dari lantai atasnya hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Struktur kolom merupakan komponen yang paling kritis, dimana kegagalan ataupun keruntuhan kolom akan memicu dan secara progresif mengakibatkan keruntuhan struktur secara keseluruhan.[2]

Dalam merencanakan pelat beton bertulang yang perlu diperhatikan tidak hanya pembebanan, tetapi juga jenis perletakan dan jenis penghubung ditempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat. Pada bangunan gedung, umumnya pelat tersebut ditumpu oleh balok-balok secara monolit.[3]

Perbaikan atau perkuatan struktur pada elemen-elemen struktur diperlukan apabila terjadi degradasi bahan yang berakibat tidak terpenuhi lagi persyaratan-persyaratan yang bersifat teknik yaitu: kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), stabilitas (*stability*) dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan (*durability*). Ada dua jenis perbaikan yang dapat dilakukan dalam pekerjaan retrofitting yaitu repairing dan strengthening. Istilah repairing diterapkan pada bangunan yang sudah rusak, dimana telah terjadi penurunan kekuatan, untuk dikembalikan seperti semula. Sedangkan *strengthening* adalah suatu tindakan modifikasi struktur, mungkin belum terjadi kerusakan,

dengan tujuan untuk menaikkan kekuatan atau kemampuan bangunan untuk memikul beban-beban yang lebih besar akibat perubahan fungsi bangunan dan stabilitas.[4]

Salah satu konsep dasar perbaikan yaitu metode *concrete Jacketing* adalah pembesaran dimensi dengan penambahan tulangan pada elemen struktur [5], hal ini dilakukan untuk meningkatkan kekuatan pada elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan *concrete jacketing* yaitu dilakukan dengan cara membungkus elemen beton lama dengan beton baru atau memperbesar elemen dengan menambahkan beton baru di samping atau di bawah elemen beton lama [6]. *Concrete jacketing* menguntungkan dalam mengamankan kekuatan dan kekakuan struktur beton bertulang eksisting [7]. Ini merupakan salah satu metode perkuatan yang paling populer karena praktis dan mekanis meningkatkan kapasitas struktur eksisting [8].

Analisis Kemampuan Struktur

Peraturan yang akan didalam merencanakan bangunan menggunakan SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi adalah

1. Luas tulangan terpasang harus lebih besar dibandingkan luas tulangan perlu, $A_{st\ terpasang} > A_{st\ perlu}$.
2. Momen nominal terfaktor harus lebih besar dibandingkan momen ultimit, $M_n > M_u$. $\phi = 0,9$
3. Kemampuan geser harus lebih besar dibandingkan geser ultimit terfaktor, $\phi V_n > V_u$. $\phi = 0,75$

Analisis Beban Gempa

Analisis beban gempa akan dilakukan berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

Untuk Bangunan Gedung [9], dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa.
2. Menentukan faktor keutamaan gempa.
3. Menentukan parameter percepatan tanah (S_s dan S_1), diambil dari desain spektra Indonesia yang dikeluarkan oleh puskim.pu.go.id.
4. Menentukan faktor klasifikasi situs (S_D dan S_F).
5. Menentukan faktor koefisien situs (F_a dan F_v).
6. Menghitung parameter respon percepatan (S_{MS} dan S_{M1}).
7. Menghitung parameter percepatan situs (S_{DS} dan S_{D1}).
8. Menghitung periode alami struktur (T_o dan T_s).
9. Menghitung nilai S_a .
10. Menggambarkan grafik Respon Spektrum.
11. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).
12. Menentukan Sistem dan Parameter Struktur (R , C_d , Ω_o).
13. Menghitung periode alami struktur, dilakukan dalam dua tahap *crack* dan *uncrack*.
14. Menghitung koefisien respon seismik (C_s).
15. Menghitung gaya geser dasar seismik (V_x).
16. Menghitung distribusi beban gempa disetiap lantai.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara

Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung [9].

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. $(1.2 + 0.2 \text{ SDS}) \text{ DL} + \rho (\pm 100\% \text{ Ex} \pm 30\% \text{ Ey}) + \text{LL}$
4. $(1.2 + 0.2 \text{ SDS}) \text{ DL} + \rho (\pm 30\% \text{ Ex} \pm 100\% \text{ Ey}) + \text{LL}$
5. $(0.9 + 0.2 \text{ SDS}) \text{ DL} + \rho (\pm 100\% \text{ Ex} \pm 30\% \text{ Ey})$
6. $(0.9 + 0.2 \text{ SDS}) \text{ DL} + \rho (\pm 30\% \text{ Ex} \pm 100\% \text{ Ey})$

Keterangan:

DL = Beban mati.

LL = Beban hidup.

Ex = Beban gempa arah X.

Ey = Beban gempa arah Y.

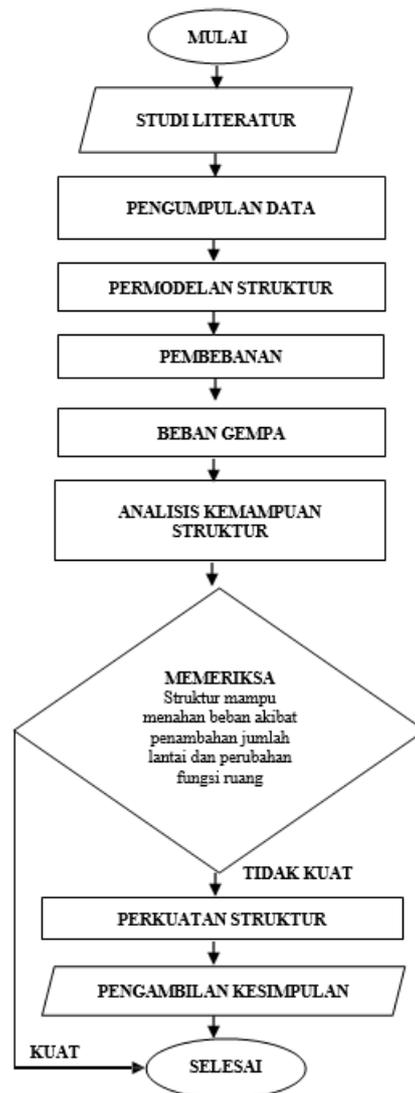
SDS = Parameter percepatan respon spektrum pada periode pendek.

ρ = Redudansi ($\rho = 1$ untuk KDS B dan C dan $\rho = 1,3$ untuk KDS D, E, dan F).

METODE PENELITIAN

Metodologi diawali dengan mencari literatur terkait penelitian kemudian dilakukan pengumpulan data dengan data yang didapat dari hasil *assesment* bangunan langkah berikutnya melakukan permodelan dengan menggunakan *program etabs* sesuai bentuk dan dimensi dari hasil *assesment* bangunan, termasuk dua lantai tambahan. Selanjutnya permodelan tersebut diberikan beban berupa beban mati, beban hidup dan beban gempa, dan

dilakukan analisis. *Output program etabs* berupa gaya-gaya dalam dan luasan tulangan menjadi acuan awal untuk menilai elemen struktur yang mengalami kegagalan. Tahap berikutnya adalah menilai elemen struktur yang telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 yang meliputi dimensi, luas tulangan lentur, tulangan *transversal*, tulangan geser, tulangan rangkap dan pertemuan balok dan kolom [10].



Gambar 1. Diagram Alir

Syarat-syarat tersebut dilakukan penilaian terhadap elemen structure eksisting, jika syarat tersebut tidak memenuhi maka elemen struktur perlu dilakukan perkuatan sampai syarat

tersebut terpenuhi. Denah eksisting bangunan dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6. Gambar 1 memperlihatkan diagram alir penelitian.

HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil Analisis Balok Ekisting

Balok eksisting As 3 B-C dimensi balok 200x400 mm dengan panjang bentang 5 m seperti ditunjukkan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6. Tabel 1 memperlihatkan syarat dimensi balok eksisting.

Tabel 1. Syarat Dimensi Balok

Lantai	Uraian	Ln/bw	4d/0,3h/bk+2 (3/4Hk)	Keterangan
2	Ln > 4d	4400	1428	Terpenuhi
	bw > 0.3h	200	120	Terpenuhi
	bw < bk+2(3/4Hk)	200	1100	Terpenuhi
3	Ln > 4d	4400	1428	Terpenuhi
	bw > 0.3h	200	120	Terpenuhi
	bw < bk+2(3/4Hk)	200	1100	Terpenuhi
4	Ln > 4d	4400	1428	Terpenuhi
	bw > 0.3h	200	120	Terpenuhi
	bw < bk+2(3/4Hk)	200	1100	Terpenuhi

Syarat tulangan lentur adalah luas tulangan terpasang harus lebih besar dibandingkan luas tulangan perlu, pada Tabel 2 terlihat bahwa syarat tersebut sebagian besar tidak terpenuhi sehingga balok harus dilakukan perkuatan.

Syarat kapasitas lentur adalah momen nominal terfaktor harus lebih besar dibandingkan momen ultimit, pada Tabel 3 syarat tulangan lentur terlihat bahwa syarat tersebut sebagian besar tidak terpenuhi sehingga balok harus dilakukan perkuatan.

Syarat penampang geser adalah kemampuan geser pada balok harus lebih besar dibandingkan geser ultimit terfaktor pada pada Tabel 4 syarat penampang geser terlihat bahwa syarat tersebut sudah terpenuhi, tetapi pada Tabel 5 syarat jarak tulangan geser

sebagian besar tidak terpenuhi sehingga balok perlu dilakukan perkuatan.

Tabel 2. Syarat Luas Tulangan Lentur Balok

Lantai	Lokasi	Ast Terpasang (mm ²)	Ast Perlu (mm ²)	Keterangan
2	Tumpuan kiri atas	602,88	1785	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan kiri bawah	602,88	874,88	Tidak Terpenuhi
	Lapangan bawah	602,88	382,81	Terpenuhi
	Tumpuan kanan atas	602,88	1785	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan kanan bawah	602,88	873,78	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan kiri atas	602,88	1785	Tidak Terpenuhi
3	Tumpuan kiri bawah	602,88	904,85	Tidak Terpenuhi
	Lapangan bawah	602,88	387,26	Terpenuhi
	Tumpuan kanan atas	602,88	1785	Tidak Terpenuhi
4	Tumpuan kanan bawah	602,88	888	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan kiri atas	602,88	1514,54	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan kiri bawah	602,88	689,98	Tidak Terpenuhi
	Lapangan bawah	602,88	389,04	Terpenuhi
	Tumpuan kanan atas	602,88	1596,24	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan kanan bawah	602,88	685,59	Tidak Terpenuhi

Tabel 3. Syarat Momen Lentur Balok

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕMn	
2	Tumpuanatas kiri	162,6	68,2	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan bawah kiri	94,2	68,2	Tidak Terpenuhi
	Lapangan	45	68,2	Terpenuhi
	Tumpuan atas kanan	165,3	68,2	Tidak Terpenuhi
	Tumpuanbawah kanan	94,1	68,2	Tidak Terpenuhi
3	Tumpuan atas kiri	163,2	68,2	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan bawah kiri	96,9	68,2	Tidak Terpenuhi
	Lapangan	45,5	68,2	Terpenuhi
	Tumpuan atas kanan	164,8	68,2	Tidak Terpenuhi

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕM_n	
4	Tumpuan bawah kanan	95,4	68,2	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan atas kiri	143,6	68,2	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan bawah kiri	76,9	68,2	Tidak Terpenuhi
	Lapangan	45,7	68,2	Terpenuhi
	Tumpuan atas kanan	148,7	68,2	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan bawah kanan	76,4	68,2	Tidak Terpenuhi

Tabel 4. Syarat Penampang Geser Balok

Lantai	Vs	V_u/ϕ	Keterangan
2	211	63,5	Terpenuhi
3	211	63,5	Terpenuhi
4	211	63,5	Terpenuhi

Tabel 5. Syarat Jarak Tulangan Geser

Lantai	Uraian	Terpasang	Jarak maksimum	Keterangan
2	d/4	150	89	Tidak Terpenuhi
	6db	150	96	Tidak Terpenuhi
	150mm	150	150	Terpenuhi
3	d/4	150	89	Tidak Terpenuhi
	6db	150	96	Tidak Terpenuhi
	150mm	150	150	Terpenuhi
4	d/4	150	89	Tidak Terpenuhi
	6db	150	96	Tidak Terpenuhi
	150mm	150	150	Terpenuhi

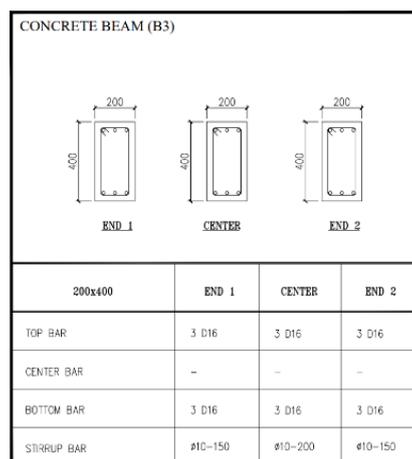
Syarat kapasitas lentur adalah momen nominal terfaktor harus lebih besar dibandingkan momen ultimit, pada Tabel 6 tulangan rangkap balok terlihat bahwa syarat tersebut tidak terpenuhi sehingga balok harus dilakukan perkuatan.

Tabel 6. Syarat Tulangan Rangkap

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕM_n	
2	Tumpuan Kiri	162,6	18,1	Tidak Terpenuhi
	Lapangan	45	18,1	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan Kanan	165,3	18,1	Tidak Terpenuhi
3	Tumpuan Kiri	163,2	18,1	Tidak Terpenuhi
	Lapangan	45,5	18,1	Tidak Terpenuhi

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕM_n	
4	Tumpuan Kanan	164,8	18,1	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan Kiri	143,6	18,1	Tidak Terpenuhi
	Lapangan	45,7	18,1	Tidak Terpenuhi
	Tumpuan Kanan	148,7	18,1	Tidak Terpenuhi

Dimensi dan tulangan balok ekisting sesuai Gambar 2.



Gambar 2. Balok Eksisting As 3. B-C Hasil Analisis Perkuatan Balok

Perkuatan dilakukan menggunakan *concrete jacketing* dimana balok ataupun kolom dilakukan pembesaran dimensi.

Perkuatan Balok As 3 B-C

Dimensi balok 200x400mm menjadi 400x500mm. Tabel 7 memperlihatkan syarat dimensi balok perkuatan.

Tabel 7. Syarat Dimensi Balok Perkuatan

Lantai	Uraian	L_n/b_w	$4d/0,3h/b_k + 2(3/4H_k)$	Keterangan
2	$L_n > 4d$	4200	1822	Terpenuhi
	$b_w > 0,3h$	400	150	Terpenuhi
	$b_w < b_k + 2(3/4H_k)$	400	1600	Terpenuhi
3	$L_n > 4d$	4200	1822	Terpenuhi
	$b_w > 0,3h$	400	150	Terpenuhi
	$b_w < b_k + 2(3/4H_k)$	400	1600	Terpenuhi
4	$L_n > 4d$	4200	1822	Terpenuhi
	$b_w > 0,3h$	400	150	Terpenuhi
	$b_w < b_k + 2(3/4H_k)$	400	1600	Terpenuhi

Syarat luas tulangan lentur adalah luas tulangan terpasang harus lebih besar dibandingkan luas tulangan perlu, pada Tabel 8 syarat tulangan lentur terlihat bahwa syarat tersebut sudah terpenuhi.

Tabel 8. Syarat Luas Tulangan Lentur Balok Perkuatan

Lantai	Lokasi	Ast		Keterangan
		Terpasang (mm ²)	Perlu (mm ²)	
2	Tumpuan kiri atas	1736	1369,08	Terpenuhi
	Tumpuan kiri bawah	1170	697,82	Terpenuhi
	Lapangan bawah	1736	605,6	Terpenuhi
	Tumpuan kanan atas	1736	1394,11	Terpenuhi
	Tumpuan kanan bawah	1170	697,05	Terpenuhi
3	Tumpuan kiri atas	1736	1374,55	Terpenuhi
	Tumpuan kiri bawah	1170	718,81	Terpenuhi
	Lapangan bawah	1736	605,6	Terpenuhi
	Tumpuan kanan atas	1736	1389,51	Terpenuhi
	Tumpuan kanan bawah	1170	707,04	Terpenuhi
4	Tumpuan kiri atas	1736	1190,96	Terpenuhi
	Tumpuan kiri bawah	1170	581,08	Terpenuhi
	Lapangan bawah	1736	605,6	Terpenuhi
	Tumpuan kanan atas	1736	1238,33	Terpenuhi
	Tumpuan kanan bawah	1170	581,08	Terpenuhi

Syarat kapasitas lentur adalah momen nominal terfaktor harus lebih besar dibandingkan momen ultimit, pada Tabel 9 syarat momen lentur balok terlihat bahwa syarat tersebut sudah terpenuhi.

Tabel 9. Syarat Momen Lentur Balok Perkuatan

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕ Mn	
2	Tumpuan atas kiri	162,6	199,8	Terpenuhi
	Tumpuan bawah kiri	94,2	152,4	Terpenuhi
	Lapangan	45	226,7	Terpenuhi
	Tumpuan atas kanan	165,3	199,8	Terpenuhi
	Tumpuan bawah kanan	94,1	152,4	Terpenuhi
3	Tumpuan atas kiri	163,2	199,8	Terpenuhi

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕ Mn	
	Tumpuan bawah kiri	96,9	152,4	Terpenuhi
	Lapangan	45,5	226,7	Terpenuhi
	Tumpuan atas kanan	164,8	199,8	Terpenuhi
	Tumpuan bawah kanan	95,4	152,4	Terpenuhi
	4	Tumpuan atas kiri	143,6	199,8
	Tumpuan bawah kiri	76,9	152,4	Terpenuhi
	Lapangan	45,7	226,7	Terpenuhi
	Tumpuan atas kanan	148,7	199,8	Terpenuhi
	Tumpuan bawah kanan	76,4	152,4	Terpenuhi

Tabel 10. Syarat Penampang Geser Balok Perkuatan

Lantai	Vs	Vu/ ϕ	Keterangan
2	446	117	Terpenuhi
3	446	117	Terpenuhi
4	446	117	Terpenuhi

Tabel 11. Syarat Jarak Tulangan Geser Perkuatan

Lantai	Uraian	Terpasang	Jarak maksimum	Keterangan
2	d/4	90	94	Terpenuhi
	6db	90	114	Terpenuhi
	150mm	90	150	Terpenuhi
3	d/4	90	94	Terpenuhi
	6db	90	114	Terpenuhi
	150mm	90	150	Terpenuhi
4	d/4	90	94	Terpenuhi
	6db	90	114	Terpenuhi
	150mm	90	150	Terpenuhi

Syarat penampang geser adalah kemampuan geser pada balok harus lebih besar dibandingkan geser ultimit terfaktor pada Tabel 10 syarat penampang geser terlihat bahwa syarat tersebut sudah terpenuhi, dan pada Tabel 11 syarat jarak tulangan geser sudah terpenuhi.

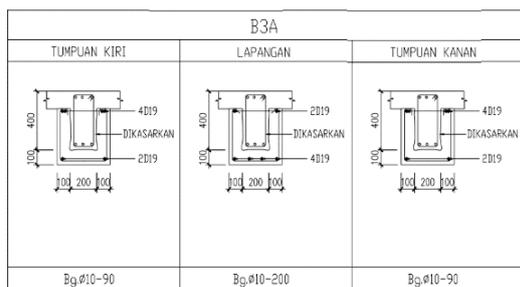
Syarat kapasitas lentur adalah momen nominal terfaktor harus lebih besar dibandingkan momen ultimit, pada

Tabel 12 tulangan rangkap terlihat bahwa syarat tersebut sudah terpenuhi.

Tabel 12. Syarat Tulangan Rangkap Balok Perkuatan

Lantai	Letak	Momen Lentur		Keterangan
		Mu	ϕMn	
2	Tumpuan Kiri	162,6	166,1	Terpenuhi
	Lapangan	45	187,4	Terpenuhi
3	Tumpuan Kanan	165,3	166,1	Terpenuhi
	Tumpuan Kiri	163,2	166,1	Terpenuhi
4	Lapangan	45,5	187,4	Terpenuhi
	Tumpuan Kanan	164,8	166,1	Terpenuhi
4	Tumpuan Kiri	143,6	166,1	Terpenuhi
	Lapangan	45,7	187,4	Terpenuhi
	Tumpuan Kanan	148,7	166,1	Terpenuhi

Dimensi dan tulangan perkuatan balok sesuai Gambar 3.



Gambar 3. Balok Perkuatan As D.2-3

Hasil Analisis Kolom

Analisis kolom meliputi:

1. Pengecekan syarat dimensi kolom,
2. Pengecekan syarat tulangan longitudinal,
3. Pengecekan terhadap syarat tulangan transversal,
4. Pengecekan terhadap tulangan geser
5. Pengecekan hubungan balok dan kolom.

Kolom Eksisting As C-1

Kolom eksisting As C-1 seperti ditunjukkan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6. Syarat dimensi pada semua kolom belum terpenuhi seperti terlihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Syarat Dimensi Kolom Eksisting

Kolom	Syarat	B	H	Keterangan
Lantai 1 ke 2	Dimensi > 300mm	200	600	Tidak terpenuhi
	B/H > 0.4	200	600	Tidak terpenuhi
Lantai 2 ke 3	Dimensi > 300mm	200	600	Tidak terpenuhi
	B/H > 0.4	200	600	Tidak terpenuhi
Lantai 3 ke 4	Dimensi > 300mm	200	400	Tidak terpenuhi
	B/H > 0.4	200	400	Tidak terpenuhi

Pada Tabel 14 syarat luas tulangan longitudinal belum memenuhi syarat pada kolom 3 ke 4 kurang dari tulangan minimum sebesar 1% dari luas penampang.

Tabel 14. Syarat Tulangan Longitudinal Kolom Eksisting

Kolom	Ast min	Ast terpasang	Ast Maks	Keterangan
1 ke 2	1326,65	1200	7200	Terpenuhi
2 ke 3	1326,65	1200	7200	Terpenuhi
3 ke 4	795,99	800	800	Tidak terpenuhi

Syarat tulangan transversal pada kolom adalah luas tulangan terpasang harus lebih besar dibandingkan luas tulangan perlu, berdasarkan Tabel 15 untuk semua kolom syarat tersebut tidak terpenuhi oleh tulangan sengkang tertutup 2 x Ø 10 dan mutu tulangan baja U24, sehingga kolom harus diperkuat.

Tabel 15. Syarat Tulangan Transversal Kolom Eksisting

Kolom	Ast perlu	Ast terpasang	Keterangan
Lantai 1 ke 2	367	157	Tidak terpenuhi
Lantai 2 ke 3	290	157	Tidak terpenuhi
Lantai 3 ke 4	336	157	Tidak terpenuhi

Tabel 16. Syarat Luas Tulangan Geser Kolom Eksisting

Kolom	As perlu	As terpasang	Av < As terpasang
1 ke 2	455,2	157	Tidak terpenuhi
2 ke 3	483,3	157	Tidak terpenuhi
3 ke 4	262	157	Tidak terpenuhi

Syarat tulangan geser adalah luas tulangan terpasang harus lebih besar dibandingkan luas tulangan perlu, berdasarkan Tabel 16 untuk semua kolom syarat tersebut tidak terpenuhi oleh tulangan sengkang tertutup 2 x Ø 10 dengan mutu tulangan baja U24, sehingga kolom harus diperkuat.

Syarat pertemuan kolom dan balok seperti hasil pada Tabel 17 tidak terpenuhi sehingga kolom perlu dilakukan perkuatan.

Tabel 17. Syarat Hubungan Balok dan Kolom Eksisting

Kolom	Mn ca + Mn cb	(6/5)(Mnb ki + Mnb ka)	Keterangan
Lantai 1 ke 2	0	143,42	Tidak terpenuhi
Lantai 2 ke 3	113	143,42	Tidak terpenuhi
Lantai 3 ke 4	32	143,42	Tidak terpenuhi

Perkuatan Kolom As C-1

Syarat dimensi kolom terpenuhi meliputi syarat penampang terkecil lebih dari 300mm dan syarat perbandingan lebar terhadap tinggi seperti yang terlihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Syarat Dimensi Kolom Perkuatan

Kolom	Syarat	B	H	Keterangan
Lantai 1 ke 2	Dimensi > 300mm	400	800	Terpenuhi
	B/H > 0.4	400	800	Terpenuhi
Lantai 2 ke 3	Dimensi > 300mm	400	800	Terpenuhi
	B/H > 0.4	400	800	Terpenuhi
Lantai 3 ke 4	Dimensi > 300mm	400	600	Terpenuhi
	B/H > 0.4	400	600	Terpenuhi

Syarat luas tulangan longitudinal pada kolom berada diantara 1% dari luas penampang dan maksimum 6% dari luas penampang, sehingga kolom sudah memenuhi syarat. Seperti yang terlihat pada Tabel 19 terkait syarat tulangan longitudinal untuk kolom perkuatan.

Tabel 19. Syarat Luas Tulangan Longitudinal Kolom Perkuatan

Kolom	Ast min	Ast terpasang	Ast Maks	Keterangan
Lantai 1 ke 2	3200	3715	19200	Terpenuhi
Lantai 2 ke 3	3200	3715	19200	Terpenuhi
Lantai 3 ke 4	2400	2653	14400	Terpenuhi

Tabel 20. Syarat Tulangan *Transversal* Kolom Perkuatan

Kolom	Ast perlu	Ast terpasang	Keterangan
Lantai 1 ke 2	149	157	Terpenuhi
Lantai 2 ke 3	149	157	Terpenuhi
Lantai 3 ke 4	152	157	Terpenuhi

Tabel 21. Syarat Luas Tulangan Geser Kolom Perkuatan

Kolom	As perlu	As terpasang	Av < As terpasang
1 ke 2	102	157	Terpenuhi
2 ke 3	109	157	Terpenuhi
3 ke 4	81	157	Terpenuhi

Syarat luas tulangan geser dan tulangan *transversal* adalah luas tulangan terpasang harus lebih besar dibandingkan luas tulangan perlu, sehingga kolom sudah memenuhi syarat tersebut, dengan tulangan sengkang tertutup 2 x D10 dengan mutu tulangan baja U39. Seperti terlihat pada Tabel 20 dan Tabel 21.

Tabel 22. Syarat Hubungan Balok dan Kolom Perkuatan

Kolom	Mn ca + Mn cb	(6/5)(Mnb ki + Mnb ka)	Keterangan
Lantai 1 ke 2	1724,6	422,7	Terpenuhi
Lantai 2 ke 3	1069,0	422,7	Terpenuhi
Lantai 3 ke 4	940,0	437,6	Terpenuhi

Berdasarkan hasil pada Tabel 22 syarat pertemuan kolom dan balok sudah terpenuhi.

Analisis Pelat Lantai

1. Perhitungan tulangan lentur pelat lapangan/tumpuan arah X

Cek jarak antar tulangan

$S \text{ perlu} < 3h$

$186,9 < 360$

Maka dipakai tulangan *wiremess* m8 jarak 150mm.

2. Perhitungan tulangan lentur pelat lapangan/tumpuan arah Y

Cek jarak antar tulangan

$S \text{ perlu} < 3h$

$203,9 < 360$

Maka dipakai tulangan *wiremess* m8 jarak 150mm.

3. Pengecekan lendutan pelat

Kondisi 1 (akibat beban mati saja)

lendutan (D1) = 0,10 mm < 12,5 mm

Kondisi 2 (akibat beban mati dan hidup)

lendutan (D2) = 2,12 mm < 12,5 mm

Kondisi 3 (akibat beban mati dan 60% hidup) lendutan (D3) = 0,83 mm < 12,5 mm

Lendutan jangka panjang (DLT) = D2 + (2.D1) + 1,65. D3 = 3,69 mm < 12,5mm

Maka dapat disimpulkan lendutan pada pelat lantai memenuhi syarat yang diizinkan dan pelat lantai sudah kuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perkuatan bangunan, maka didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Kekuatan struktur balok, kolom, dan pelat setelah dilakukan penambahan jumlah lantai dan perubahan fungsi ruang sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil *output program etabs* dan perhitungan manual balok eksisting, syarat dimensi balok terpenuhi, syarat tulangan lentur sebagian tidak terpenuhi, syarat momen lentur tidak terpenuhi, kuat geser balok terpenuhi, syarat jarak tulangan

geser tidak terpenuhi dan syarat tulangan rangkap tidak terpenuhi sehingga balok eksisting perlu dilakukan perkuatan.

- b. Berdasarkan hasil *output program etabs* dan perhitungan manual, syarat dimensi kolom tidak terpenuhi, syarat tulangan aksial lentur tidak terpenuhi, syarat tulangan *transversal* tidak terpenuhi, syarat jarak tulangan geser tidak terpenuhi dan terjadi kegagalan pertemuan balok dan kolom.
 - c. Berdasarkan perhitungan pelat eksisting, syarat dimensi ketebalan pelat terpenuhi, syarat luas tulangan lentur masih terpenuhi, dan lendutan masih terpenuhi sehingga pelat lantai tidak perlu dilakukan perkuatan.
2. Metode perkuatan struktur balok dan kolom sebagai berikut:
- a. Perkuatan balok dilakukan dengan menggunakan *concrete jacketing* dengan memperbesar dimensi balok 200/400mm menjadi 400/500 mm dengan tulangan eksisting balok 6D16 tulangan geser Ø10-(150-200) diperkuat dengan menambahkan tulangan 6D19 tulangan geser Ø10-(90-180).
 - b. Perkuatan kolom dilakukan dengan menggunakan *concrete jacketing* dengan memperbesar dimensi kolom 200x600mm menjadi 400x600mm dengan tulangan eksisting kolom 6D13 tulangan geser Ø10-(100-200) diperkuat dengan menambahkan tulangan 14D13 tulangan geser D10-(70-200).

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perlu kelengkapan data bangunan eksisting baik berupa *as built drawing* dan atau

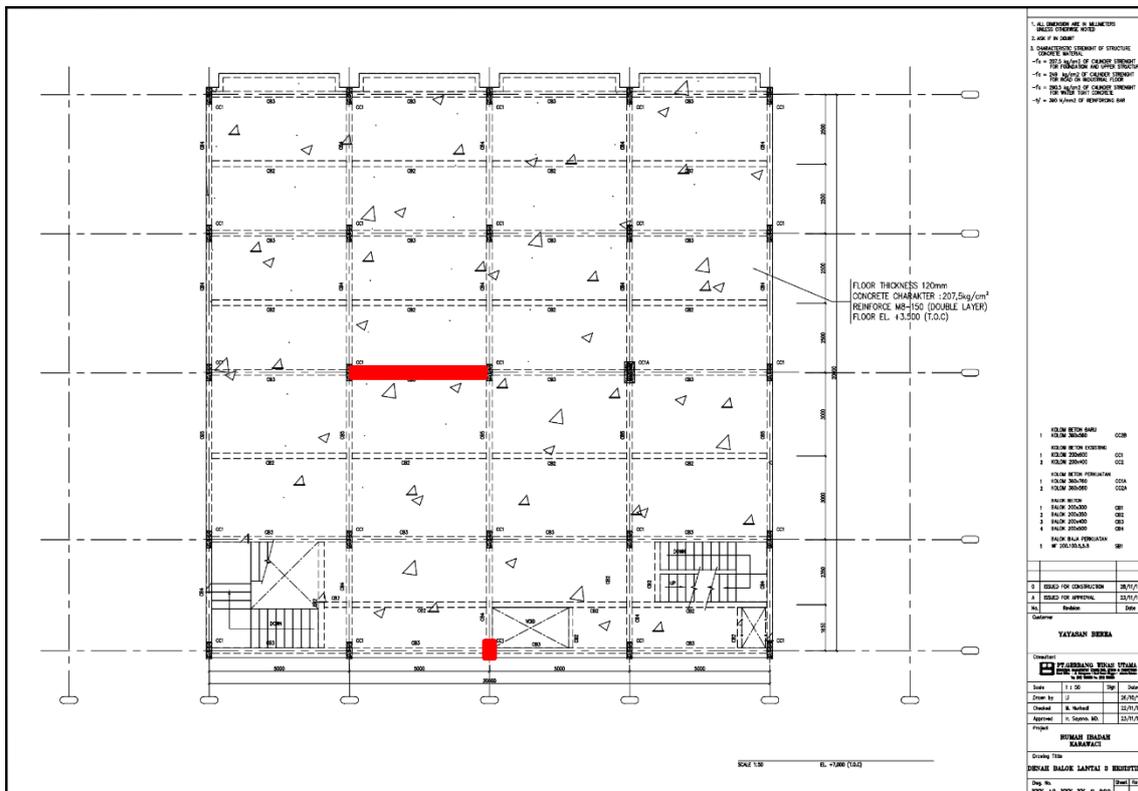
hasil *assessment* bangunan, agar dalam perhitungan bangunan sesuai dengan kondisi eksisting, dan pemilihan jenis dan material pada perkuatan harus disesuaikan dengan kondisi eksisting, sesuai perhitungan dan kebutuhan lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cintya Violita S, S. O. Dapas, and H. Manalip. Evaluasi Dan Analisis Perkuatan Bangunan Yang Bertambah Jumlah Tingkatnya. *J. Sipil Statik*, vol. 5, no. 9, pp. 591–602, 2017.
- [2] Antonius, *Perilaku Dasar Dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019*. Unissula Press, 2020.
- [3] J. Irawan, I. Ilhami, and M. Noor, “Perbaikan Struktur Pelat Lantai Bangunan Pasar Tanjung Kabupaten Tabalong,” *J. Poros Tek.*, vol. 8, no. 1, pp. 35–41, 2016.
- [4] W. I. Triwiyono A, “Kuat Geser Kolom Beton Bertulang Penampang Lingkaran yang Diperbaiki dengan Metode Concrete Jacketing, Tesis Program Studi Teknik Sipil Program Pasca sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2000.
- [5] Fauzan, Ruddy Kurniawan, Nandaria Syahdiza, Zev Al Jauhari, & Dyan Adhitya Nugraha M. (2023). Fragility Curve of School Building in Padang City with and without Retrofitting Due to Earthquake and Tsunami Loads. *GEOMATE Journal*, 24(101), 102–109.
- [6] Kaontole, J. T., Sumajouw, M. D. J., Windah, R. S. (2015). Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang yang diperkuat dengan Metode Concrete Jacketing. *Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.3 Maret 2015* (167-174) ISSN: 2337-6732.
- [7] H. B. Moon, J. I. Lee, and Y. H. Lee, “An Evaluation of Structural Performance of Reinforced Concrete Column Retrofitted with Grid Type Unit Details of Jacketing Method,” *Journal of the Korean Association for Spatial Structures*, vol. 22, no. 1. Korean Association for Spatial Structures, pp. 41–49, 15-Mar-2022.
- [8] Manurung SS, Violeta I. Experimental Study on Compressive Strength of Belian Wood Strengthened with Concrete Jacketing. *Jurnal TEKNIK-SIPIL*. 2022 Dec 16;22(2):134-9.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [10] Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.



Gambar 4. Denah Lantai 2 (Eksisting)



Gambar 5. Denah Lantai 3 (Eksisting)

