

Analisis Gedung 7 Lantai Menggunakan Program ETABS

^{1*} Sari Utama Dewi, ² Samudra Arrazakia

¹² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Bandar Lampung
¹saridewi.dewi1981@gmail.com, ²samudraarazaki@gmail.com

Article Info

Article history:

Received: 8 March 2026

Revised: 5 April 2026

Accepted: 07 May 2026

Keyword:

Internal forces

Reinforced concrete beam

Structural analysis

Structural design

ABSTRACT

The construction of multi-story buildings requires structural designs that ensure safety, strength, and adequate structural performance under various loading conditions. This study aimed to analyze and design reinforced concrete beam elements in a seven-story building using structural analysis software. The object of the study was the Civil Engineering Department building of the Faculty of Engineering at the University of Lampung. Structural analysis was carried out through three-dimensional modeling to evaluate the structural response under load combinations consisting of dead loads, live loads, wind loads, and earthquake loads. The analysis produced internal force responses, including bending moments, shear forces, and torsional forces acting on the beam elements. These results were used to determine appropriate beam dimensions and reinforcement requirements in order to satisfy structural strength and stability criteria. The findings indicated that the designed beam dimensions and reinforcement configurations were capable of resisting the applied load combinations with structural deformations remaining within acceptable limits. Furthermore, the evaluation of structural capacity confirmed that the beam design satisfied the required safety and performance criteria. Therefore, the reinforced concrete beam design for the seven-story building was considered structurally safe and suitable for implementation in multi-story building structural planning.

This is an open access article under the CC BY-SA license



DOI: <https://doi.org/10.32492/nucleus.v5i1.5104>

Corresponding Author:

Sari Utama Dewi

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Bandar Lampung

Email: saridewi.dewi1981@gmail.com

Abstrak—Pembangunan gedung bertingkat memerlukan perencanaan struktur yang mampu menjamin keamanan, kekuatan, dan kinerja bangunan terhadap berbagai jenis pembebanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang elemen balok beton bertulang pada gedung tujuh lantai dengan menggunakan perangkat lunak analisis struktur. Objek penelitian adalah gedung Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Analisis dilakukan melalui pemodelan struktur tiga dimensi untuk memperoleh respons struktur terhadap kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Proses analisis menghasilkan gaya dalam berupa momen lentur, gaya geser, dan torsi yang bekerja pada elemen balok. Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi penampang serta kebutuhan tulangan balok agar memenuhi persyaratan kekuatan dan kestabilan struktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi balok dan konfigurasi tulangan yang direncanakan mampu

menahan kombinasi pembebanan yang bekerja dengan tingkat deformasi yang masih berada dalam batas yang diizinkan. Evaluasi terhadap kapasitas elemen struktur juga menunjukkan bahwa desain balok telah memenuhi kriteria keamanan dan kinerja struktur yang dipersyaratkan. Dengan demikian, perencanaan balok beton bertulang pada gedung tujuh lantai tersebut dinyatakan aman dan layak untuk diterapkan pada perencanaan struktur bangunan bertingkat.

I. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia dalam beberapa dekade terakhir menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan, khususnya pada sektor pembangunan gedung bertingkat [1]. Pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan ekonomi, serta meningkatnya kebutuhan ruang untuk kegiatan perkantoran, pendidikan, dan hunian di kawasan perkotaan telah mendorong pembangunan gedung dengan jumlah lantai yang semakin tinggi [2]. Pembangunan gedung bertingkat menjadi solusi efektif dalam mengoptimalkan pemanfaatan lahan yang semakin terbatas di wilayah perkotaan. Namun demikian, pembangunan gedung bertingkat menuntut perencanaan struktur yang matang agar bangunan yang dirancang memiliki tingkat keamanan dan keandalan yang tinggi [3].

Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan oleh para insinyur sipil dalam analisis dan desain struktur bangunan bertingkat adalah ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems*). ETABS merupakan perangkat lunak yang dikembangkan khusus untuk analisis dan desain struktur gedung bertingkat dengan pendekatan tiga dimensi [4]. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan untuk memodelkan elemen struktur secara detail, menganalisis respons struktur terhadap berbagai jenis pembebanan, serta mengevaluasi gaya dalam yang terjadi pada setiap elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat [5]. Selain itu, ETABS juga mampu melakukan analisis berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method*) yang memungkinkan evaluasi perilaku struktur secara lebih komprehensif [6] [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan merancang elemen balok beton bertulang pada gedung tujuh lantai menggunakan perangkat lunak ETABS. Analisis dilakukan untuk mengetahui respons struktur terhadap kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, serta beban lateral seperti gempa dan angin [8] [9]. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kinerja struktur balok serta menentukan dimensi dan kebutuhan tulangan yang memenuhi persyaratan keamanan sesuai standar perencanaan yang berlaku.

Berbagai penelitian terkait analisis dan perancangan struktur bangunan bertingkat menggunakan perangkat lunak analisis struktur telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penelitian tersebut umumnya bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan serta memastikan bahwa desain struktur yang direncanakan memenuhi standar keamanan yang berlaku [10]. Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah membahas analisis struktur bangunan bertingkat menggunakan perangkat lunak seperti ETABS, sebagian besar studi tersebut berfokus pada evaluasi global kinerja struktur tanpa memberikan verifikasi rinci terhadap elemen kritis menggunakan pendekatan perhitungan manual berbasis standar nasional. Selain itu, masih terbatas penelitian yang secara eksplisit membandingkan hasil desain berbasis perangkat lunak dengan metode manual untuk memastikan konsistensi terhadap standar desain yang berbeda, seperti ACI 318-19 dan SNI 2847:2019. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam validasi hasil analisis struktur, khususnya pada elemen balok sebagai komponen utama dalam sistem rangka beton bertulang.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dalam bentuk integrasi antara analisis numerik menggunakan ETABS dengan verifikasi manual berbasis SNI 2847:2019 pada elemen balok kritis. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis respons struktur gedung tujuh lantai terhadap kombinasi pembebanan, (2) mengidentifikasi elemen balok kritis berdasarkan hasil analisis gaya dalam, dan (3) memverifikasi kebutuhan penulangan balok melalui perhitungan manual guna memastikan kesesuaian terhadap standar desain yang berlaku.

II. Metode Penelitian

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun penelitian berjalan dengan lokasi studi pada Gedung Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Kegiatan analisis struktur dilakukan di lingkungan akademik dengan menggunakan perangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak analisis struktur. Proses penelitian meliputi pengumpulan data perencanaan, pemodelan struktur, analisis pembebanan, serta evaluasi hasil analisis struktur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

B. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil analisis struktur yang diperoleh dari proses pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak analisis struktur. Sementara itu, data sekunder meliputi data teknis bangunan seperti gambar perencanaan, dimensi elemen struktur, serta standar perencanaan yang digunakan sebagai acuan dalam proses analisis dan desain struktur.

Standar yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada peraturan perencanaan struktur yang berlaku di Indonesia, yaitu standar perencanaan beton struktural, standar perencanaan ketahanan gempa, serta standar pembebanan minimum untuk bangunan gedung. Standar tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan parameter desain, kombinasi pembebanan, serta evaluasi kapasitas elemen struktur. Adapun material yang digunakan dalam pemodelan adalah beton dengan kuat tekan $f'_c = 28$ MPa dan baja tulangan dengan kuat leleh $f_y = 420$ MPa. Modulus elastisitas beton dihitung sebesar 24.870 MPa berdasarkan ketentuan standar.

Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019, dengan kombinasi utama sebagai berikut:

- 1.4D
- 1.2D + 1.6L
- 1.2D + 1.0E + 0.5L
- 0.9D ± 1.0E

Analisis gempa dilakukan menggunakan metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 dengan parameter:

- Kategori risiko bangunan: II
- Faktor keutamaan (I_e): 1.0
- Sistem struktur: SRPMK
- Koefisien respons seismik (C_s): dihitung berdasarkan spektrum desain wilayah Lampung

C. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis agar proses analisis struktur dapat dilakukan secara terarah. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi:

1) Pengumpulan Data

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data yang berkaitan dengan perencanaan struktur bangunan. Data tersebut meliputi gambar rencana struktur, dimensi elemen struktur, jumlah lantai bangunan, serta spesifikasi material yang digunakan. Selain itu, dilakukan juga studi literatur mengenai teori perancangan beton bertulang, metode analisis struktur, serta standar perencanaan yang berlaku.

2) Pemodelan Struktur

Tahap berikutnya adalah melakukan pemodelan struktur bangunan menggunakan perangkat lunak analisis struktur. Struktur bangunan dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi dengan memasukkan parameter geometrik bangunan seperti jumlah lantai, tinggi lantai, serta dimensi elemen struktur seperti balok, kolom, dan pelat lantai. Selain itu, sifat material seperti kuat tekan beton dan kuat leleh baja tulangan juga dimasukkan ke dalam model struktur.

3) Penentuan Pembebanan

Setelah pemodelan struktur selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menentukan jenis pembebanan yang bekerja pada bangunan. Pembebanan yang diperhitungkan dalam penelitian ini meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, serta beban gempa. Setiap jenis pembebanan dimasukkan ke dalam model struktur sesuai dengan ketentuan standar pembebanan yang berlaku.

4) Analisis Struktur

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur untuk memperoleh respons struktur terhadap kombinasi pembebanan yang bekerja. Analisis ini menghasilkan gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur, seperti momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi kinerja elemen balok pada struktur bangunan.

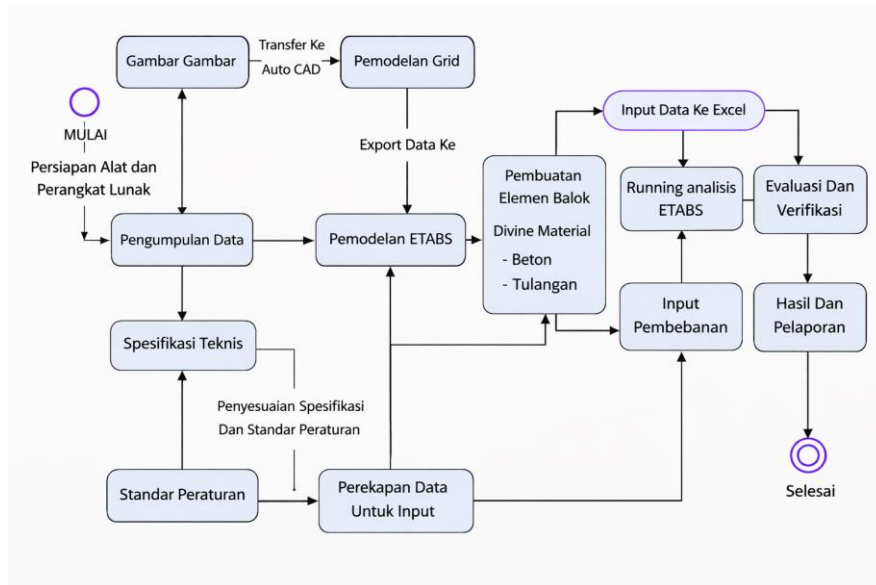
5) Evaluasi dan Desain Elemen Balok

Berdasarkan hasil analisis gaya dalam yang diperoleh, dilakukan evaluasi terhadap kapasitas elemen balok beton bertulang. Proses ini meliputi perhitungan kebutuhan tulangan lentur dan tulangan geser pada balok agar elemen struktur mampu menahan gaya yang bekerja. Hasil evaluasi kemudian dibandingkan dengan persyaratan yang ditetapkan dalam standar perencanaan beton bertulang.

6) Interpretasi Hasil Analisis

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah melakukan interpretasi terhadap hasil analisis struktur. Pada tahap ini dilakukan pembahasan mengenai kinerja elemen balok terhadap pembebanan yang bekerja, tingkat keamanan struktur, serta kesesuaian desain dengan standar perencanaan yang berlaku.

Desain elemen beton pada ETABS mengacu pada ACI 318-19, sementara verifikasi manual menggunakan SNI 2847:2019. Kedua standar tersebut pada dasarnya memiliki kesetaraan dalam filosofi desain berbasis kekuatan (strength design), meskipun terdapat perbedaan dalam faktor reduksi kekuatan (ϕ) dan formulasi tertentu. Oleh karena itu, dilakukan penyesuaian parameter agar hasil perbandingan tetap konsisten dan dapat dibandingkan secara rasional. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Pembebanan Struktur

Dalam analisis struktur bangunan bertingkat, pembebanan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan kinerja struktur. Beban yang diperhitungkan dalam penelitian ini meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Beban mati merupakan beban yang berasal dari berat sendiri elemen struktur serta komponen permanen yang melekat pada bangunan. Beban hidup merupakan beban yang berasal dari aktivitas penghuni dan penggunaan ruang dalam bangunan. Selain itu, struktur juga harus mampu menahan beban lateral berupa beban angin dan beban gempa yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap stabilitas bangunan.

Setelah seluruh jenis beban dimasukkan ke dalam model struktur, dilakukan kombinasi pembebanan sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku. Kombinasi pembebanan ini bertujuan untuk memperoleh kondisi pembebanan paling kritis yang dapat terjadi pada struktur.

Tabel 1. Jenis Pembebanan yang Digunakan dalam Analisis Struktur

No	Jenis Beban	Keterangan
1	Beban Mati	Berat sendiri struktur dan elemen permanen
2	Beban Hidup	Beban aktivitas penghuni bangunan
3	Beban Angin	Beban lateral akibat tekanan angin
4	Beban Gempa	Beban dinamis akibat aktivitas seismik

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa struktur bangunan dianalisis terhadap berbagai jenis pembebanan yang mewakili kondisi nyata yang dapat terjadi selama masa pelayanan bangunan.

B. Hasil Analisis Gaya Dalam pada Balok

Setelah proses pemodelan dan input pembebanan selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis struktur untuk memperoleh gaya dalam yang bekerja pada elemen balok. Gaya dalam

yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial yang terjadi pada elemen balok akibat kombinasi pembebanan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap elemen balok mengalami variasi gaya dalam yang berbeda-beda tergantung pada posisi elemen dalam struktur serta jenis pembebanan yang bekerja. Balok yang berada pada lantai bawah umumnya menerima gaya dalam yang lebih besar dibandingkan dengan balok pada lantai atas karena harus menahan akumulasi beban dari lantai di atasnya.

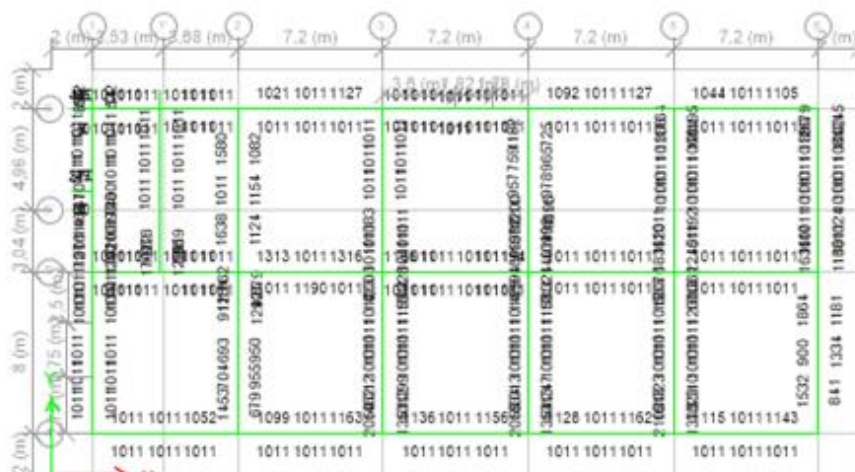
Tabel 2. Hasil Analisis Gaya Dalam Balok

Elemen Balok	Momen Lentur Maksimum (kNm)	Gaya Geser Maksimum (kN)
B1	274,1109	159,403
B2	156,7039	208,82
B3	51,1145	68,5773

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis gaya dalam pada beberapa elemen balok yang dianalisis dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai momen lentur maksimum terjadi pada elemen balok B1, sedangkan gaya geser maksimum terjadi pada elemen balok 2. Perbedaan nilai gaya dalam pada setiap elemen balok dipengaruhi oleh distribusi beban serta posisi balok dalam sistem struktur bangunan. Balok yang berada pada bentang yang lebih panjang atau menerima beban yang lebih besar cenderung mengalami gaya dalam yang lebih tinggi.

C. Hasil Pemodelan Struktur

Setelah dilakukannya analisis berdasarkan model struktur yang telah dibuat, dengan mempertimbangkan berbagai pembebanan sesuai standar yang berlaku. Hasil yang diperoleh mencakup distribusi gaya dalam mencakup gaya geser, momen lentur dan torsi yang bekerja pada balok balok, dapat dilihat pada gambar dibawah setelah dilakukannya analisis pada etabs, akan muncul kode dengan momen dan kode frame yang diinput.



Gambar 3. Hasil Analisis Etabs

Gambar di atas adalah contoh hasil keluaran dari etabs yang diambil pada pemilihan balok Induk atau B1. Angka angka yang diperlihatkan seperti pada gambar diatas adalah angka kebutuhan penulangan atau luasan girasi penampang pada pada yang telah di direkap dengan etabs berdasarkan pembebanan yang sudah diinput pada proses modelling.

Hasil hasil pada tiap lantai menunjukkan angka yang berbeda, tetapi data data tersebut dapat kita lihat dalam bentuk tabel untuk mempermudah dan mengetahui nilai terbesar sebagai peninjauan faktor desain yang diperlukan, untuk tabel-tabel dapat dilihat dibawah ini dengan penyortiran momen moment terbesar di setiap lantainya.

Tabel 3. Tabel momen hasil etabs lantai 1

TABLE: Concrete Beam Design Summary - Lantai 1									
Story	Label	UniqueName	DesignSect	Station mm	TTrnCombo	TTrnRebar mm ² /m	AsTopTotal mm ²	AsBotTotal mm ²	AtTrnTotal mm ² /m
LT.2	B13	393	B1-40x80	7600	Enve_LRFD	332,28	1908	1260	1810,34
LT.2	B180	904	B1-40x80	400	Enve_LRFD	196,8	1845	1252	1287,09
LT.2	B13	393	B1-40x80	400	Enve_LRFD	453,49	1832	1224	1928,97
LT.2	B185	937	B1-40x80	2078,8	Enve_LRFD	209,27	1824	1242	1695,76
LT.2	B68	873	B1-40x80	2100	Enve_LRFD	1151,23	1697	797	2302,46
LT.2	B13	393	B1-40x80	7300	Enve_LRFD	332,28	1649	1011	1802,17
LT.2	B180	904	B1-40x80	700	Enve_LRFD	196,8	1618	1011	1278,93
LT.2	B185	937	B1-40x80	1778,8	Enve_LRFD	209,27	1588	1011	1687,6
LT.2	B13	393	B1-40x80	700	Enve_LRFD	453,49	1576	1011	1920,81
LT.2	B75	825	B1-40x80	2100	Enve_LRFD	1216,2	1544	841	2432,4
LT.2	B60	424	B1-40x80	2078,8	Enve_LRFD	1112,13	1521	1141	3565,68
LT.2	B15	433	B1-40x80	7600	Enve_LRFD	1004,48	1510	695	2008,97

Sumber : Etabs Peraturan aci 318-19

Tabel di atas menunjukkan momen momen yang bekerja pada balok dengan pendefinisian sebagai berikut :

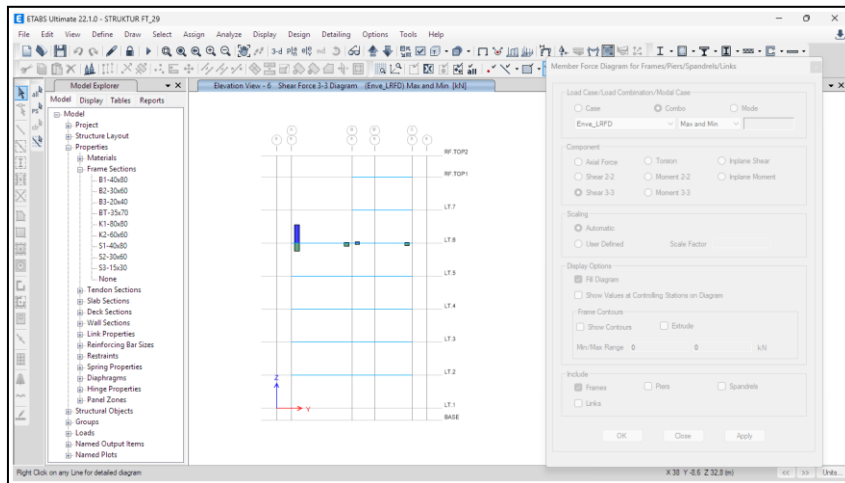
- Story : letak lantai yang diambil
- Label : kode frame pada lantai tersebut
- Design section : penampang balok yang dipilih
- TTrn combo : Kombinasi pembebanan
- TTrn Rebar : beban yang terjadi
- TTrn Total : luas girasi penampang total

Dari pendefinisian diatas tabel yang terpenting adalah tabel TTrn Rebar dan TTrn Total, pada penulisan ini analisis dan evaluasi akan mempertimbangkan kedua angka tersebut sebagai acuan dasarnya. Setelahnya adalah melakukan penyortiran dari tiap tiap angka momen yang keluar perlantainya untuk diambil nilai terbesar yang akan digunakan sebagai acuan desain, dalam hal ini momen terbesar yang terjadi adalah pada lantai 6, dengan kebutuhan luas penampangnya bernominal sekitar 2100 mm², Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

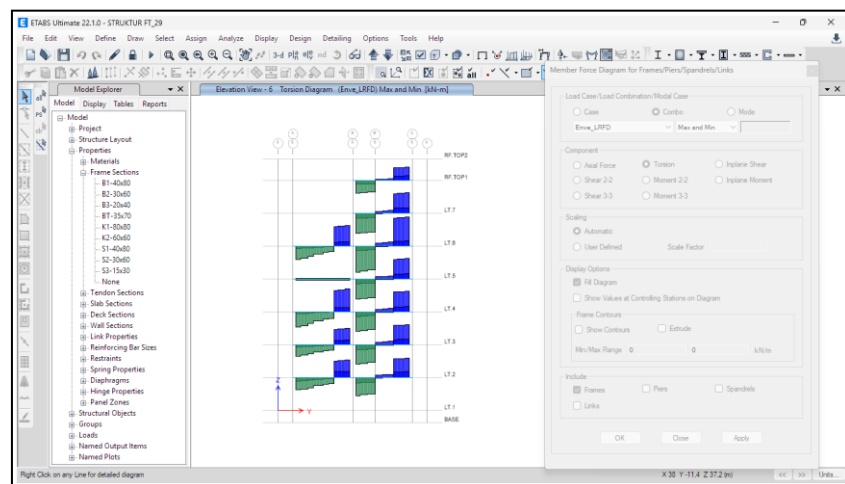
Tabel 4. Tabel momen hasil etabs lantai 1

TABLE: Concrete Beam Design Summary - ACI 318-19										
Story	Label	UniqueName	DesignSect	Station mm	Status	AsTopCombo	TTrnRebar mm ² /m	AsTopTotal mm ²	AsBotTotal mm ²	AtTrnTotal mm ² /m
LT.6	B60	74	B1-40x80	2078,8	No Message	Enve_LRFD	1655,38	2133	1252	3310,76
LT.4	B57	183	B1-40x80	400	No Message	Enve_LRFD	426,01	2100	1375	2266,84
LT.4	B59	185	B1-40x80	2100	No Message	Enve_LRFD	286,01	2076	1362	1903,16
LT.6	B180	889	B1-40x80	400	No Message	Enve_LRFD	337,46	2066	1344	1922,77
LT.4	B54	180	B1-40x80	400	No Message	Enve_LRFD	272,95	2056	1354	1809,62
LT.4	B73	177	B1-40x80	400	No Message	Enve_LRFD	476,02	2050	1351	2258,33
LT.6	B2	58	B1-40x80	400	No Message	Enve_LRFD	1475,02	2043	1109	2950,05

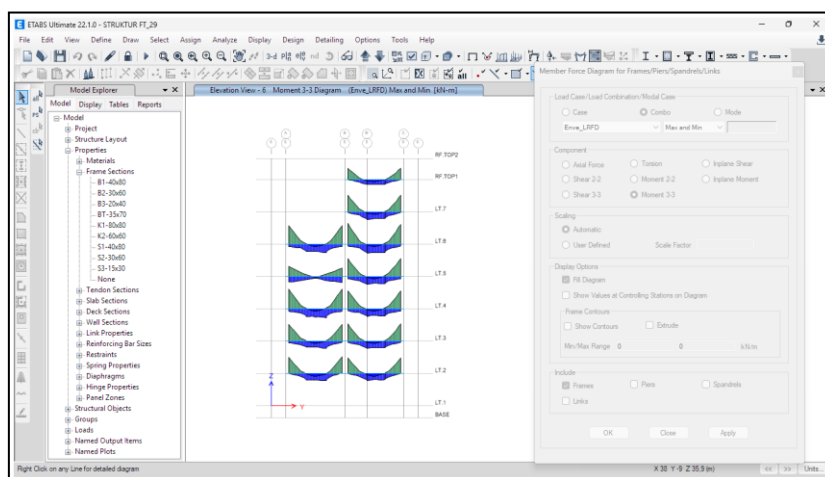
Setelah mengetahui nilai momen dan keperluan luas penampang dapat dilihat terlebih dahulu gaya gaya yang bekerja pada balok dengan kode 74, adapun gaya gaya yang bekerja yaitu geser, lentur dan torsi. Untuk melihat gaya gaya yang bekerja dapat dilihat pada tabel tabel dan gambar diagram di bawah ini.



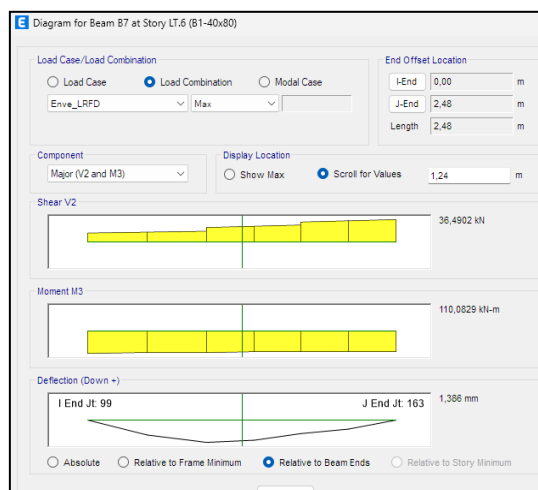
Gambar 4. Hasil diagram geser



Gambar 5. Hasil diagram torsi



Gambar 6. Hasil diagram lentur



Gambar 7. Hasil rekap diagram

Gambar di atas adalah hasil diagram dari gaya-gaya yang bekerja seperti gaya geser, torsi dan momen lentur yang bekerja pada balok B1 yang mengalami moment terbesar, untuk melihat data angka dari diagram tersebut etabs dapat melakukan penyajian dalam bentuk tabel-tabel yang mana dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

ETABS Concrete Frame Design
ACI 318-19 Beam Section Design (Envelope)

Tabel 5. *Beam Element Details (Envelope)*

Level	Element	Unique Name	Section ID	Length (mm)	LLRF	Type
LT.6	B60	74	B1-40x80	2478,8	1	<i>Sway Ordinary</i>

Tabel 6. *Section Properties*

b (mm)	h (mm)	b _f (mm)	d _s (mm)	d _{ct} (mm)	d _{cb} (mm)
400	800	400	0	30	30

Tabel 7. *Material Properties*

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
24870,06	28	1	420	280

Tabel 8. *Design Code Parameters*

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSpiral}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0,9	0,7	0,75	0,75	0,6	0,85

Tabel 9. *Flexural Reinforcement for Major Axis Moment, M_{u3}*

	End-I Rebar Area mm ²	End-I Rebar %	Middle Rebar Area mm ²	Middle Rebar %	End-J Rebar Area mm ²	End-J Rebar %
Top (+2 Axis)	211	0,07	864	0,27	1011	0,32
Bot (-2 Axis)	446	0,14	214	0,07	173	0,05

Tabel 10. *Flexural Design Moment, M_{u3} and Axial Force, P_u*

	Station Loc mm	Design M_u kN-m	Design P_u kN	Combo Name
Top (+2 Axis) End-I	478,8	-45,7606	0	Enve _{LRFD}
Top (+2 Axis) Middle	1478,8	-179,8757	-14,2773	Enve _{LRFD}
Top (+2 Axis) End-J	2078,8	-274,1109	-14,2773	Enve _{LRFD}
Bot (-2 Axis) End-I	0	96,3712	0	Enve _{LRFD}
Bot (-2 Axis) Middle	978,8	46,4684	0	Enve _{LRFD}
Bot (-2 Axis) End-J	1778,8	31,8766	-14,2773	Enve _{LRFD}

Tabel 11. *Shear Reinforcement for Major Shear, V_{u2}*

End-I Rebar A_v /s mm ² /m	Middle Rebar A_v /s mm ² /m	End-J Rebar A_v /s mm ² /m
0	0	0

Tabel 12. *Design Shear Force for Major Shear, V_{u2}*

End-I Design V_u kN	End-I Station Loc mm	Middle Design V_u kN	Middle Station Loc mm	End-J Design V_u kN	End-J Station Loc mm
136,3092	478,8	154,7662	1478,8	159,403	2078,8
Enve _{LRFD}		Enve _{LRFD}		Enve _{LRFD}	

Tabel 13. *Torsion Reinforcement*

Shear Rebar A_t /s mm ² /m	Longitudinal Rebar A_l mm ²
1655,38	2291

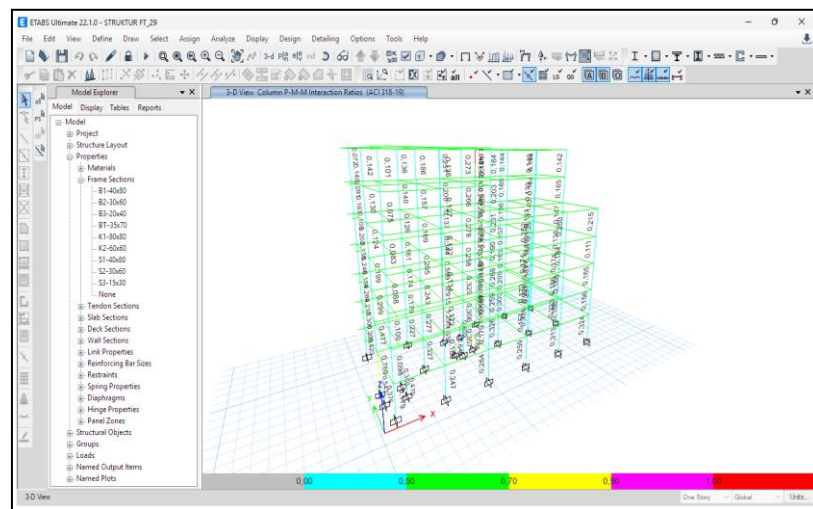
Tabel 14. *Design Torsion Force*

Design T_u kN-m	Station Loc mm	Design T_u kN-m	Station Loc mm
130,7364	2078,8	130,7364	2078,8
Enve _{LRFD}		Enve _{LRFD}	

Tabel – tabel di atas adalah angka gaya gaya yang bekerja pada balok B1 dengan moment terbesar, dapat dilihat detail bahwa balok tersebut mengalami gaya dengan :

- Gaya geser : 159,403 kN
- Torsi : 130,7364 kN
- Momen lentur : 274,1109 kN

Angka di atas selanjutnya akan dievaluasi dengan menggunakan cara manual dengan perhitungan mengacu pada SNI 2847 : 2019, menggunakan Software bantu Excel, akan tetapi perlu diketahui sebelumnya apakah hasil analisis pada material dan dimensi elemen struktur yang diinput sudah benar benar kuat dan dikategorikan dalam struktur yang aman, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Diagram *safety factor* bangunan

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa frame kolom dan balok berwarna hijau dan cyan, warna tersebut adalah tanda keamanan bahwa elemen struktur yang telah diinput kuat terhadap gaya-gaya yang bekerja serta kuat terhadap berbagai jenis beban yang sudah diinput dalam proses modeling, dimana dapat diartikan :

- Warna cyan : sangat aman
- Warna hijau : aman
- Warna kuning : aman dengan minimum *safety factor*
- Warna ungu : nilai kritis atau tidak aman
- Warna merah : sangat tidak aman

Maka dapat dikatakan bahwa hasil analisis bangunan dikatakan dalam kategori aman, dan dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan atau desain.

D. Pembahasan

Hasil analisis struktur menunjukkan bahwa penggunaan perangkat lunak analisis struktur memberikan kemudahan dalam mengevaluasi respons struktur terhadap berbagai kombinasi pembebanan. Melalui pemodelan tiga dimensi, distribusi gaya dalam pada elemen struktur dapat dianalisis secara lebih detail sehingga proses perencanaan struktur dapat dilakukan secara lebih akurat.

Dalam perhitungan desain kebutuhan penulangan akan dilakukan contoh kasus perhitungan Balok B1, sudah diketahui sebelumnya bahwa balok B1 dengan momen terbesar terletak pada lantai 6, oleh sebab itu angka tersebut dijadikan acuan sebagai perhitungan yang akan dituangkan ke dalam excel, perumusan dengan acuan SNI 2847 : 2019 akan dibuat untuk mempermudah perhitungan, sebagai contoh dapat dilihat pada gambar berikut ini :

DESAIN KEBUTUHAN TULANGAN B1-40 X 80 CM

Desain Kebutuhan Tulangan
Penulangan Balok B1 - 40 x 80 CM
 Perhitungan desain tulangan balok harus sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2019 pasal 18.6 sebagai sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)[10]
 Baja tulangan $f_y = 420$ Mpa
 Tinggi balok $h = 800$ mm
 Selimut beton $t_s = 30$ mm
 Faktor reduksi lentur $\phi = 0,9$
 Koef. lengan momen $j = 0,9$
 D longitudinal $D = 19$ mm
 $d_t = h - t_s - d_{st} = 800 - 30 - 13 = 748$ mm

Design Momen
Mu1 = **404,8473** kNm
 = 404847300 Nmm

Luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{Mu_1}{\phi \times f_y \times j \times d_t} = \frac{404847300}{0,9 \times 420 \times 0,85 \times 747,5} = 1686 \text{ mm}^2$$

Gambar 9. Rekapan rumus SNI 2847 : 2019
Sumber : SNI 2847 : 2019

Dapat dilihat bagian ditandai dengan warna merah adalah nilai yang diinput dengan angka dari etabs dimana angka tersebut adalah penjumlahan dari momen lentur ditambahkan momen torsi terbesar yang juga dalam acuan rumus SNI 2847 : 2019, sehingga didapat momen ultimate sebesar 404,8479 kNm. Dalam perhitungan ini menggunakan tulangan sesuai sumber dari perencanaan Cv. Semarang mesem gmbh dimana menggunakan besi dengan tulangan ulir diameter 22 mm. Maka didapat penampang total dengan angka 1689 mm per meter persegi.

Setelah didapat angka kebutuhan untuk perhitungan jumlah penampangnya, langkah selanjutnya adalah dengan menghitung bagian tiap tumpuan dan lapangan pada balok. Dimana perhitungan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 361 = 283 \text{ mm}^2$$

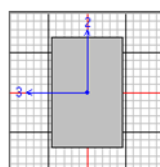
$$n = \frac{1686}{283} = 5,94829455 \sim 7 \text{ bh}$$

⇒ Momen Tumpuan Atas $\approx 7 d = 19$
 → $A_s = 1983,695 \text{ mm}^2$

⇒ Momen Tumpuan Bawah $\approx 5 d = 19$
 → $A_s = 1416,925 \text{ mm}^2$

⇒ Momen Lapangan Atas $\approx 5 d = 19$
 → $A_s = 1416,925 \text{ mm}^2$

⇒ Momen Lapangan Bawah $\approx 7 d = 19$
 → $A_s = 1983,695 \text{ mm}^2$



Gambar 10. Gambar Balok Kode Frame 74
Sumber : SNI 2847 : 2019

Dalam perhitungan di atas penampang besi ulir berdiameter 19 satuannya adalah 283 mm², sedangkan luas penampang yang dibutuhkan adalah 1689 mm, maka untuk mengetahui kebutuhan total caranya adalah dengan membaginya. Untuk perhitungan yang mengacu pada SNI 2847 perhitungan harus direduksi 0.25 % dari total penampang yang dibutuhkan. Oleh sebab itu jumlah tulangan yang jika dibulatkan adalah 7 buah, terhitung dengan faktor reduksi sesuai SNI 2847 : 2019 maka jumlah yang dibutuhkan adalah 7 buah tulangan untuk tumpuan. Sedangkan untuk tumpuan lapangan, disebutkan pada SNI 2847 : 2019 bahwa tulangan lapangan diperbolehkan tidak ditambahkan faktor reduksi selama nilai penampangnya masih melebihi dari ambang batas nilai yang dibutuhkan, jadi untuk tulangan lapangan hanya dikenakan menjadi 5 buah.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap tulangan geser yang diperlukan, dimana rumus yang digunakan tetap mengacu pada SNI 2847 : 2019. Dengan persamaan yang dibuat pada program excel dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	8000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	400
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1600
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	19
Diameter Tulangan Pinggang, d _{tk}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	13
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimat Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	30
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	750,5
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	28
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	420
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	420
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0,8500
Panjang Kolom, c ₁			Dari Sheet Desain Lentur	mm	750
Lebar Kolom, c ₂			Dari Sheet Desain Lentur	mm	650
L _n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	7250

Gambar 11. Rekap rumus definisi material dan mutu
Sumber : SNI 2847 : 2019

Langkah Setelah data data material yang dipakai telah didefinisikan selanjutnya adalah dengan membuat persamaan rumus .

Gaya Dalam					
V _{utumpuan}			Input	kN	136,3092
V _{ulapangan}			Input	kN	154,7662
Tumpuan					
Gaya Desain					
V _{g,tumpuan}	S21.5.4	R18.6.5	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	159,403
A _s ⁺ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	1417,644
A _s ⁻ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	1984,701
a _{pr} ⁺			1.25 a (tumpuan positif)	mm	78,179
a _{pr} ⁻			1.25 a (tumpuan negatif)	mm	109,450
M _{pr} ⁺	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁺ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁺ /2)	N mm	529476511
M _{pr} ⁻	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁻ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁻ /2)	N mm	724975136
V _{sway} atau V _{pr}	21.5.4.1	18.6.5.1	(M _{pr} ⁺ + M _{pr} ⁻) / L _n	N	173028
V _e	21.5.4.1	18.6.5.1	V _g + V _{pr}	N	332431

Gambar 12. Rekap rumus input momen
Sumber : SNI 2847 : 2019

Setelah perekapan rumus dibuat, persamaan berikutnya adalah memasukan persamaan yang ada dalam SNI 2847 : 2019.

Tahanan Geser Beton					
V_{pr}				N	173028
$1/2 V_c$				N	166215
P_u				N	-14277,3
$A_g f_c' / 20$				N	448000
V_c Diperhitungkan?	21.5.4.2	18.6.5.2	$V_c = 0$ jika $V_{pr} \geq 1/2 V_c$ dan $P_u < A_g f_c' / 20$		Tidak
V_c				N	0
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		3
A_v			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	235,619
Spasi			Input	mm	100
Spasi Max 1	21.5.3.2	18.6.4.4	$d / 4$	mm	187,63
Spasi Max 2	21.5.3.2	18.6.4.4	$6 d_b$	mm	114,00
Spasi Max 3	21.5.3.2	18.6.4.4	150 mm	mm	150,00
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	742696
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1048416
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0,75
V_n			$V_c + V_s$	N	742696
V_u				N	332431
$\phi V_n / V_u$					1,676
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1 ?$		OK

Gambar 13. Rekanan rumus kebutuhan geser tumpuan
Sumber : SNI 2847 : 2019

Gambar di atas menunjukkan nilai nilai yang sudah diinput dari etabs, dikatakan dengan kondisi gaya gaya yang bekerja maka tulangan geser dianggap mampu untuk menahan gaya geser yang ada, dan untuk geser pada lapangan dapat dilihat pada gambat di bawah ini.

Lapangan					
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		2
A_v			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157,080
Spasi			Input	mm	150
Spasi Max	21.5.3.4	18.6.4.6	$d / 2$	mm	375,25
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	330087
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1048416
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	270047
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0,75
V_n			$V_c + V_s$		600134
V_u				N	154766,2
$\phi V_n / V_u$					2,908
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1 ?$		OK

Gambar 14. Rekanan rumus kebutuhan geser tumpuan
Sumber : SNI 2847 : 2019

Pada gambar di atas penulangan geser lapangan juga dapat dikatakan mampu menahan gaya geser yang bekerja. Yang mana jika diimplementasikan kedalam sebuah gambar, maka gambar akan seperti di bawah ini.

NO. KODE	B1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 X 800	400 X 800
PENAMPANG		
TULANGAN ATAS	7 D19	5 D19
TULANGAN TENGAH	2 D13	2 D13
TULANGAN BAWAH	5 D19	7 D19
SENGKANG 1	φ12 - 100	φ12 - 150
SENGKANG 2	φ12 - 100	φ12 - 150

Gambar 15. Hasil desain balok B1
Sumber : SNI 2847 : 2019

Dari hasil analisa perangkat lunak ETABS bahwa gaya – gaya dalam yang bekerja serta momen terbesar pada balok B1, B2 dan B3 adalah sebagai berikut ini.

Tabel 15. Tabel Gaya Dalam

Balok	Gaya Lentur (kNm)	Gaya Geser (kN)	Torsi (kNm)	Moment (kNm)	Lokasi
B1	1011	159,403	130,73	274,1109	Lt.6
B2	561	208,82	8,7501	156,7039	Lt.4
B3	383	68,5773	7,0301	51,1145	Lt.4

Sumber : Etabs V22.p1.0788

Pemilihan balok B1 sebagai elemen kritis didasarkan pada hasil analisis envelope gaya dalam dari ETABS yang menunjukkan nilai momen ultimit maksimum sebesar 274,11 kNm pada lantai 6. Oleh karena itu, analisis difokuskan pada balok dengan gaya dalam maksimum berdasarkan kombinasi pembebanan paling kritis.

Nilai momen terbesar pada balok B1 yang berada di lantai 6 menunjukkan adanya konsentrasi gaya akibat kombinasi pembebanan lateral dan gravitasi. Secara mekanisme struktural, kondisi ini dapat dijelaskan karena balok pada lantai menengah-atas mengalami interaksi antara distribusi gaya gempa dan kekakuan sistem rangka. Selain itu, kontribusi torsi sebesar 130,74 kNm menunjukkan adanya ketidaksimetrian distribusi beban atau konfigurasi struktur, yang meningkatkan kebutuhan tulangan pada elemen tersebut.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [10], nilai momen maksimum pada struktur sejenis umumnya terjadi pada lantai bawah akibat akumulasi beban vertikal. Namun, pada penelitian ini, pengaruh beban lateral menyebabkan pergeseran lokasi elemen kritis, yang menunjukkan bahwa analisis gempa memiliki peran dominan dalam desain struktur bertingkat. Hasil verifikasi manual menunjukkan bahwa kebutuhan tulangan yang diperoleh masih berada dalam kapasitas yang diizinkan oleh SNI 2847:2019, sehingga desain dapat dianggap aman. Namun demikian, perbedaan nilai antara hasil ETABS dan perhitungan manual menunjukkan pentingnya proses validasi untuk menghindari *overdesign* atau *underdesign*.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan struktur bangunan menggunakan perangkat lunak analisis struktur mampu menggambarkan perilaku sistem struktur secara tiga dimensi serta memberikan hasil analisis gaya dalam yang meliputi momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial pada elemen balok secara lebih akurat dan efisien.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi gaya dalam pada elemen balok dipengaruhi oleh posisi elemen dalam struktur bangunan. Balok yang berada pada lantai bawah cenderung menerima gaya dalam yang lebih besar dibandingkan dengan balok pada lantai atas karena harus menahan akumulasi beban dari lantai di atasnya.
3. Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas elemen balok beton bertulang, dimensi penampang balok serta konfigurasi tulangan yang direncanakan mampu menahan kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan.
4. Balok kritis B1 mengalami momen maksimum sebesar 274,11 kNm, gaya geser 159,40 kN, dan torsi 130,74 kNm, yang kemudian diverifikasi secara manual dan dinyatakan memenuhi kapasitas desain.
5. Secara keseluruhan, perencanaan struktur balok beton bertulang pada gedung tujuh lantai telah memenuhi persyaratan keamanan dan kekuatan struktur sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

V. Daftar Pustaka

- [1] R. Alfianto and D. Rahmat, "Analisa Perhitungan Bangunan dengan Metode Etabs Versi 9.7.2," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–33, 2018.
- [2] E. Purnomo, E. Purwanto, and A. Supriyadi, "Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Bangunan Hotel di Semarang)," *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, vol. Desember, no. 569, pp. 569–576, 2014.
- [3] Sudarman, H. Manalip, R. S. Windah, and S. O. Dapas, "Analisis Pushover pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 4, pp. 201–213, 2014.
- [4] S. U. Dewi and M. I. Pratama, "Analisa Perencanaan Struktur Beton Gedung Kuliah Kampus 2 IAIN Kota Metro Menggunakan Program ETABS (Extended Three Analysis Building Systems)," *TAPAK*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [5] S. Kasus, H. Di, and W. Karanganyar, "Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Hotel di Wilayah Karanganyar)," *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, vol. 2, no. 1, pp. 32–39, 2014.
- [6] P. Novia, G. Pakiding, and M. Amin, "Penggunaan Etabs V . 19 Dalam Perancangan Struktur Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Andi Djemma," *J. Ilm. Ecosyst.*, vol. 24, no. April, pp. 88–96, 2024.
- [7] A. Ashary, M. Nasir, and A. Muis, "Analisis Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Software Etabs V . 20 . (Studi Kasus Gedung Kantor Cabang BRI Jalan Karaeng Burane Kota Parepare)," *J. Soc. Sci. Res. Vol.*, vol. 4, no. 5, pp. 5846–5855, 2024.
- [8] D. Ayu, A. Sari, and E. Purwanto, "Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software Etabs V 9.5," *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, vol. 1, no. Juni, pp. 1–7, 2013.
- [9] E. Indera, P. Prayitno, and Fauzan, "Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisa Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs Versi 2013," *Zo. Tek. J. Ilm.*, vol. 5, no. 3, pp. 443–451, 2022.
- [10] G. S. Damara and N. K. Handayani, "Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Sekolah 7 Lantai dengan Analisis Dinamik Linier Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019," pp. 1–13, 2019.