

Desain Struktur Beton dengan Penerapan Fitur Auto Optimization Pada ETABS

Abd Karim Hadi, Andi Baso Gunawan*, Muh Syarif BP, Andi Rian Bahri,
Ahmad Yanuar Ismail, Annisa Junaid

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

[*a.baso.gunawan@umi.ac.id](mailto:a.baso.gunawan@umi.ac.id)

Diajukan: 2 Juni 2026 , Revisi: 18 Juni 2026 , Diterima: 22 Juni 2026

Abstract

The design of reinforced concrete structures requires a safe and efficient approach. This study aims to analyze the application of the Auto Optimization feature in ETABS v.22 to produce more efficient structural designs and to evaluate structural performance based on SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, and SNI 2847:2019. The subject of the study is a 4-story reinforced concrete building with a Special Moment-Resisting Frame System (SPRMK). Optimization was performed using the Auto Select List method on beams and columns. The results show that the column dimensions remained at 50 x 50 cm, while the main beams changed from 30 x 60 cm to 30 x 50 cm and the secondary beams from 25 x 40 cm to 25 x 30 cm. The evaluation showed that cumulative mass participation reached 100% in the 15th mode, with fundamental periods of 1.156 seconds (X-direction) and 1.167 seconds (Y-direction), and scaled base shear of 2,632.02 kN in both directions with a V/Vt ratio of 1.00. The maximum story drift was 53.47 mm, and the maximum P-Delta coefficient (θ) was 0.0464. These results indicate that the structure meets SNI requirements.

Keywords: Auto Optimization, ETABS v.22, Reinforced Concrete Structures, Seismic Analysis, Structural Optimization

Abstrak

Perencanaan struktur beton bertulang memerlukan desain yang aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan fitur *Auto Optimization* pada ETABS v.22 untuk menghasilkan desain struktur yang lebih efisien serta mengevaluasi kinerja struktur berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019. Objek penelitian adalah Gedung beton bertulang 4 lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK). Optimasi dilakukan menggunakan metode *Auto Select List* pada balok dan kolom. Hasil menunjukkan dimensi kolom tetap 50 x 50 cm, sedangkan balok induk berubah dari 30 x 60 cm menjadi 30 x 50 cm dan balok anak dari 25 x 40 cm menjadi 25 x 30 cm. Evaluasi menunjukkan partisipasi massa kumulatif mencapai 100% pada mode ke-15, periode fundamental sebesar 1,156 detik (arah X) dan 1,167 detik (arah Y), *base shear* setelah penskalaan sebesar 2632,02 kN pada kedua arah dengan rasio V/Vt = 1,00. Nilai simpangan antar tingkat (*story drift*) maksimum sebesar 53,47 mm dan koefisien P-Delta (θ) maksimum 0,0464. Hasil tersebut menunjukkan struktur memenuhi persyaratan SNI.

Kata Kunci: Analisis Gempa, Auto Optimization, ETABS v.22, Struktur Beton Bertulang, Optimasi Struktur.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia terus mengalami perkembangan seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas publik yang aman, nyaman, dan berkelanjutan. Salah satu sektor yang mengalami perkembangan pesat adalah pembangunan Gedung bertingkat yang berfungsi sebagai sarana pelayanan publik

perkantoran dan juga pendidikan. Hal tersebut menuntut adanya perencanaan struktur yang mampu menjamin keamanan, kekuatan, serta efisiensi dalam penggunaan material agar pembangunan dapat dilaksanakan secara optimal (Nasikhah & Susilowati, 2024).

Beton bertulang hingga saat ini masih menjadi material utama dalam konstruksi Gedung bertingkat karena memiliki kuat tekan yang tinggi, durabilitas yang baik, serta fleksibilitas dalam pembangunan elemen struktur. Selain itu, beton bertulang mampu memberikan kinerja struktur yang baik dalam menahan berbagai kombinasi beban yang bekerja pada bangunan (Masdiana *et al.*, 2025). Dalam proses perencanaannya, struktur harus mampu menahan beban mati, beban hidup, serta beban gempa sesuai karakteristik wilayah sehingga menghasilkan bangunan yang aman dan memenuhi ketentuan peraturan yang berlaku. Mengingat beban gempa merupakan beban dinamis yang tidak dapat diprediksi secara pasti, proses desain struktur memerlukan analisis yang akurat agar diperoleh dimensi elemen struktur yang efektif dan tetap ekonomis (Muhammad Hilmi *et al.*, 2021).

Perkembangan teknologi dibidang rekayasa struktur mendorong penggunaan perangkat untuk menganalisis dan meningkatkan efisiensi proses perencanaan. Meskipun demikian, dalam praktiknya proses desain struktur beton masih sering dilakukan melalui iterasi manual atau semi-manual sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama, meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan perhitungan, serta berpotensi menghasilkan penggunaan material yang kurang efisien. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu mengoptimalkan proses desain sehingga diperoleh dimensi elemen struktur yang memenuhi persyaratan kekuatan sekaligus lebih ekonomis (Rudi & Rahmat, 2018).

Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam perencanaan struktur Gedung adalah ETABS (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) (Computers and Structures, 2023). ETABS mampu melakukan analisis statis maupun dinamis, termasuk analisis *respons spektrum*, *pushover*, dan *time history*, serta menyediakan fitur *Auto Optimization* menggunakan *Auto Select List* yang memungkinkan proses pemilihan dimensi elemen struktur dilakukan secara otomatis berdasarkan hasil analisis dan ketentuan desain. Penerapan fitur diharapkan dapat mempercepat proses perencanaan, meningkatkan akurasi hasil desain, serta menghasilkan penggunaan material yang lebih efisien dibandingkan proses iterasi secara konvensional (Husein & Darwis, 2024).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penerapan mode optimasi mampu meningkatkan efisiensi desain struktur tanpa mengurangi tingkat keamanan bangunan (Aidy *et al.*, 2022). Melaporkan bahwa penerapan Genetic Algorithms pada optimasi desain pelat rumah sakit mampu menurunkan biaya konstruksi secara signifikan dengan tetap memenuhi persyaratan kekuatan struktur. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Satiadarma *et al.*, 2025). Menggunakan algoritma jaya dan *Symbiotic Organisms Search* (SOS) untuk mengoptimasi struktur rangka beton bertulang dan menghasilkan dimensi elemen yang lebih efisien dibandingkan metode perancangan konvensional. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode optimasi memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan efisiensi perencanaan struktur beton.

Meskipun demikian, penelitian mengenai penerapan fitur *Auto Optimization* menggunakan *Auto Select List* pada ETABS v.22. khususnya dalam mengevaluasi perubahan dimensi elemen struktur, kebutuhan tulangan, serta kinerja struktur berdasarkan parameter partisipasi massa, periode getar, *base shear*, *story drift*, dan efek *P-Delta*, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi efektivitas fitur tersebut dalam menghasilkan desain struktur beton yang lebih efisien tanpa mengurangi tingkat keamanan struktur sesuai ketentuan (SNI 1726, 2019; SNI 1727, 2020; SNI 2847, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan fitur *Auto Optimization* menggunakan *Auto Select List* pada ETABS v.22 terhadap desain struktur beton bertulang 4 lantai serta mengevaluasi perubahan dimensi elemen struktur, kebutuhan tulangan, dan kinerja struktur setelah proses optimasi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi praktisi maupun akademis dalam memanfaatkan fitur optimasi pada ETABS untuk menghasilkan desain struktur yang lebih efisien, ekonomis, dan tetap memenuhi persyaratan keamanan struktur.

2. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pengaplikasian ETABS v.22 untuk menganalisis desain dengan menggunakan fitur *auto optimization* yang bertujuan untuk mendapatkan desain yang efektif dari desain perencanaan sebelumnya.

B. Lokasi Penelitian

Objek penelitian ini merupakan perencanaan gedung 4 lantai yang diasumsikan berlokasi di jalan menwa, Anaiwoi, Tanggetada, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara.

C. Data Perencanaan

Data-data yang digunakan merupakan data teknis perencanaan, rencana kolom dan balok.

Tabel 1 Data Teknis Perencanaan

Parameter	Keterangan
Mutu Beton	: 30 Mpa
Mutu Besi Tulangan	: 420 Mpa
Fungsi Bangunan	: Perkantoran
Jumlah Lantai	: 5 Lantai (termasuk top floor)
Tinggi Struktur	: 19 Meter
Tinggi Antar Lantai	: 4 Meter (lantai 1 ke lantai 2)
	: 4 Meter (lantai 2 ke lantai 3)
	: 4 Meter (lantai 3 ke lantai 4)
	: 4 Meter (lantai 4 ke top floor)
	: 3 Meter (top floor ke pelat atap)
Panjang Bentang	: 52 meter (arah x), 41 meter (arah y)

Tabel 2 Data Rencana Kolom

Kolom	Tulangan utama	Sengkang	
		Tumpuan	Lapangan
50cm x 50cm	16 D19	D10-100	D10-114

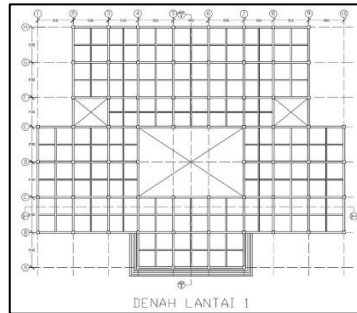
Tabel 3 Data Rencana Balok Induk

Balok 30 cm x 60 cm	Tulangan			
	Atas	Tengah	Bawah	Sengkang
Tumpuan	5 D19	2 D13	3 D19	D10-100
Lapangan	3 D19	2 D13	5 D19	D10-150

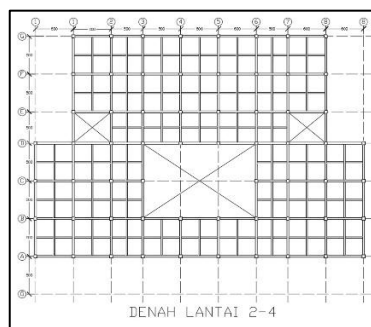
Tabel 4 Data Rencana Balok Anak

Balok 25 cm x 40 cm	Tulangan			
	Atas	Tengah	Bawah	Sengkang
Tumpuan	3 D16	2 D10	3 D16	D8-100

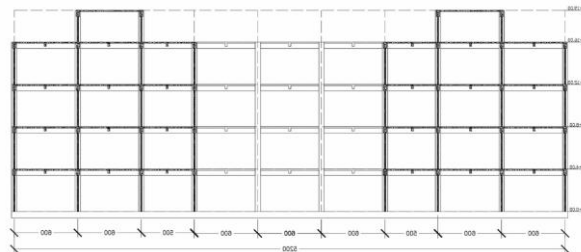
Lapangan 3 D16 2 D10 5 D16 D8-100



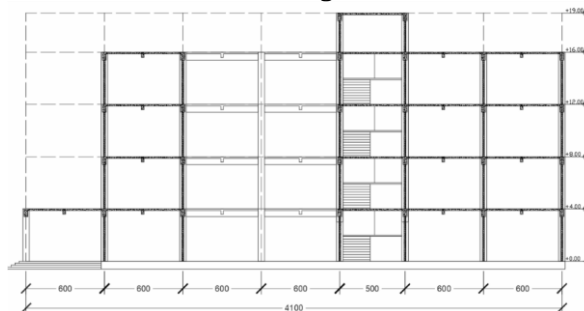
Gambar 1 Denah Lantai 1



Gambar 2 Denah Lantai 2 - 4



Gambar 3 Potongan Arah A-A



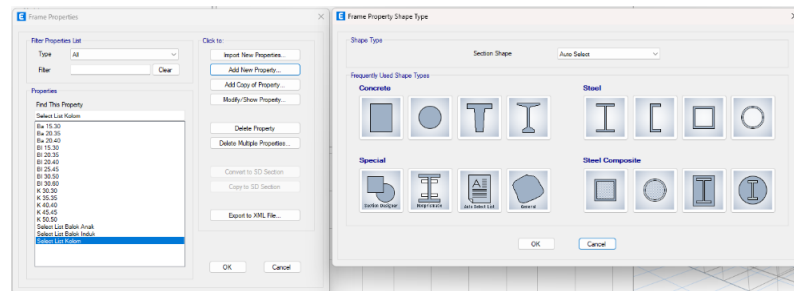
Gambar 4 Potongan Arah B-B

D. Permodelan Menggunakan Program ETABS v.22

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan program ETABS v.22 berdasarkan rencana gambar Gedung dan data teknis yang telah ditentukan. Tahapan pemodelan diawali dengan pendefinisian sistem satuan, grid struktur, tinggi antar lantai, serta material beton dan baja.

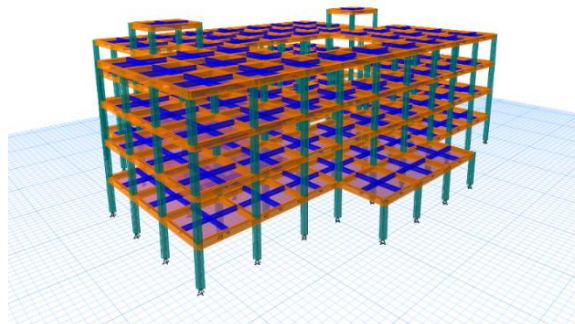
Selanjutnya akan dilakukan pendefinisian dimensi elemen struktur berupa balok, kolom, dan pelat sesuai data perencanaan.

Untuk memperoleh desain yang lebih efisien, diterapkan fitur Auto Select List pada elemen balok dan kolom. Fitur ini digunakan untuk menyediakan beberapa alternatif dimensi penampang sehingga ETABS dapat memilih dimensi yang paling optimal berdasarkan hasil analisis dan persyaratan kekuatan menurut (SNI 2847:2019). Setelah seluruh elemen dimodelkan, struktur divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi (3D) sebagai dasar pelaksanaan analisis.



Gambar 5 Penerapan Auto Select List pada Elemen Struktur

Gambar 4 menunjukkan penerapan fitur Auto Select List pada elemen balok dan kolom. Fitur ini digunakan untuk mengelompokkan beberapa alternatif dimensi penampang sehingga ETABS dapat memilih dimensi yang paling optimal berdasarkan hasil analisis dan ketentuan SNI 2847:2019.

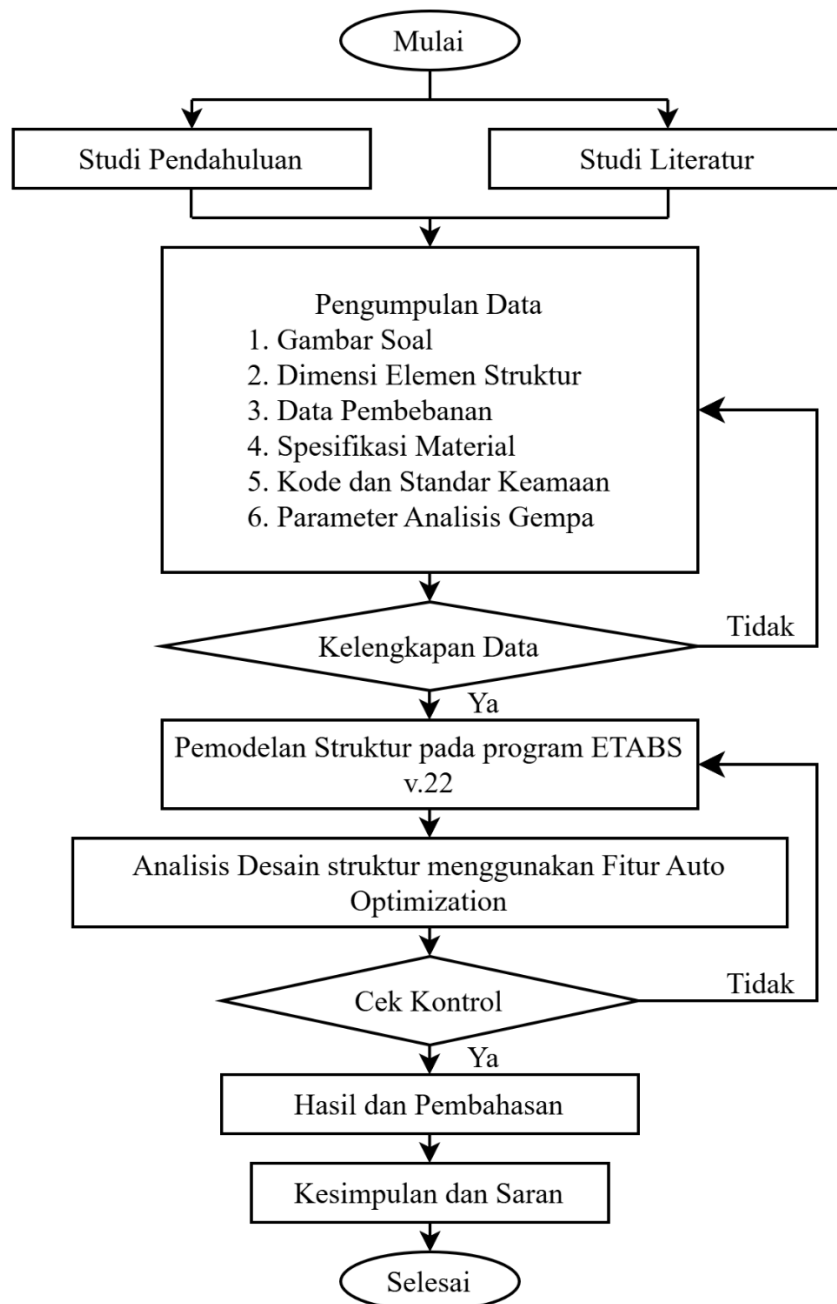


Gambar 6 Pemodelan Struktur 3D Menggunakan ETABS v.22

Berdasarkan hasil pemodelan struktur Gedung 4 lantai menunjukkan hasil tiga dimensi (3D) yang telah dibangun berdasarkan data perencanaan. Model ini menjadi dasar dalam proses analisis struktur, pembebanan, dan desain menggunakan fitur Auto Optimization.

E. Tahapan Penelitian

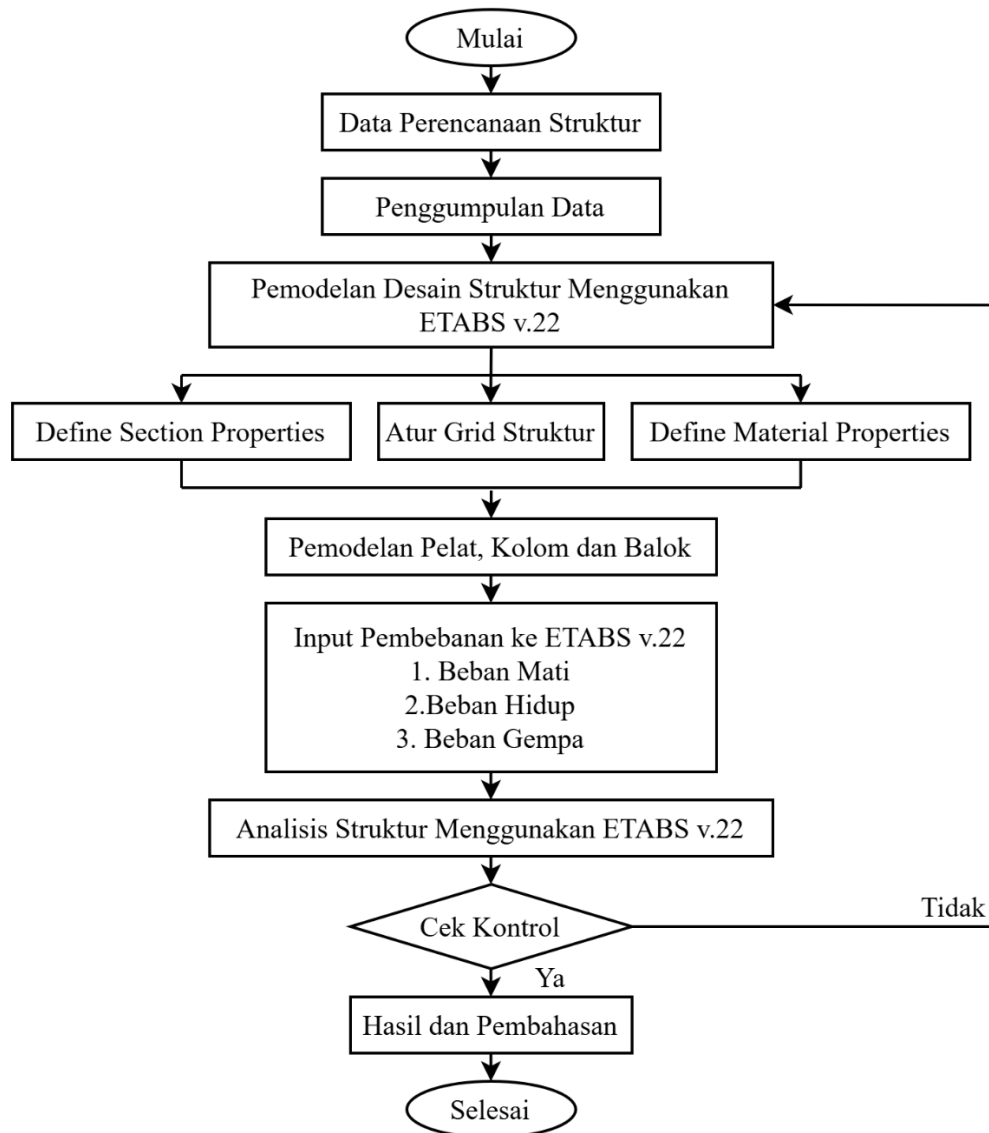
Metode penelitian dilaksanakan sesuai dengan tahapan yang disajikan pada diagram alir penelitian pada diagram berikut.



Gambar 7 Bagan Alir

F. Bagan Alir Program ETABS

Berikut Tahapan dalam penggunaan Program ETABS untuk menganalisis desain, sesuai dengan diagram bagan alir yang ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 8 Bagan Alir Program ETABS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan fitur *Auto Optimization* menggunakan *Auto Select List* pada program ETABS v.22 dalam menghasilkan desain struktur beton yang lebih efisien. Hasil analisis meliputi perubahan dimensi elemen struktur setelah proses optimasi serta evaluasi kinerja struktur berdasarkan parameter yang dipersyaratkan dalam SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Parameter yang dievaluasi meliputi partisipasi massa modal, periode struktur, gaya geser dasar (*base shear*), *scaling factor*, simpangan antar lantai (*story drift*), efek P-Delta, serta kebutuhan tulangan sebelum dan sesudah penerapan fitur *Auto Optimization*.

A. Hasil Auto Optimization

Berdasarkan hasil penerapan fitur *Auto Optimization* dengan menggunakan fitur *Auto Select List* untuk memperoleh dimensi elemen struktur yang paling efisien berdasarkan hasil analisis dan persyaratan desain. Hasil optimasi menunjukkan bahwa beberapa elemen

balok mengalami perubahan dimensi, sedangkan dimensi kolom tetap karna telah memenuhi kebutuhan kekuatan struktur. Hasil yang didapatkan menghasilkan ukuran dimensi yang lebih efisien dan tetap memenuhi ketentuan desain struktur.

Tabel 5 Kolom dan Balok Hasil Penerapan Fitur Auto Optimization ETABS

Elemen Struktur	Dimesi (cm)	Lokasi	Tulangan Atas/Utama	Tulangan Tengah	Tulangan Bawah	Sengkang
Kolom	50 ×50	Tumpuan	16D19	–	–	D10-100
		Lapangan	16D19	–	–	D10-114
Balok Induk	30 ×50	Tumpuan	7D19	2D13	4D19	D10-100
		Lapangan	5D19	2D13	4D19	D10-150
Balok Anak	25 ×30	Tumpuan	4D16	2D10	4D16	D8-100
		Lapangan	4D16	2D10	4D16	D8-100

B. Evaluasi Kinerja Struktur

Untuk mengetahui kelayakan desain hasil optimasi, dilakukan evaluasi terhadap parameter kinerja sesuai ketentuan . Evaluasi meliputi partisipasi massa modal, periode struktur, gaya geser dasar (*base shear*), *scaling factor*, simpangan antar tingkat (*story drift*), dan efek *P-Delta*. Hasil evaluasi masing-masing parameter dijelaskan sebagai berikut.

a) Partisipasi massa

partisipasi massa modal digunakan untuk mengevaluasi besarnya kontribusi massa struktur pada setiap mode getar dalam analisi dinamis. Berikut hasil analisis partisipasi massa modal yang didapatkan.

Tabel 6 Partisipasi Massa Modal

Mode	Period	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
1	1.167	0.0000	0.8076	0.0000	0	0.8076	0
2	1.156	0.5810	0.0000	0.2410	0.581	0.8076	0.241
3	1.087	0.2307	0.0000	0.5661	0.8116	0.8076	0.8071
4	0.353	0.0000	0.1238	0.0000	0.8116	0.9314	0.8071
5	0.349	0.0892	0.0000	0.0257	0.9008	0.9314	0.8329
6	0.333	0.0319	0.0000	0.0986	0.9327	0.9314	0.9315
7	0.189	0.0000	0.0498	0.0000	0.9327	0.9812	0.9315
8	0.188	0.0393	0.0000	0.0059	0.972	0.9812	0.9373
9	0.182	0.0084	0.0000	0.0437	0.9805	0.9812	0.9811
10	0.134	0.0111	0.0000	0.0002	0.9916	0.9812	0.9812
11	0.131	0.0000	0.0122	0.0000	0.9916	0.9934	0.9812
12	0.129	0.0000	0.0000	0.0115	0.9916	0.9934	0.9927
13	0.117	0.0083	0.0000	0.0000	0.9999	0.9934	0.9928
14	0.116	0.0000	0.0066	0.0000	0.9999	1	0.9928
15	0.114	0.0001	0.0000	0.0072	1	1	1

Hasil analisis modal menunjukkan bahwa mode pertama didominasi translasi arah Y (UY), mode kedua translasi arah X (UX), dan mode ketiga rotasi terhadap sumbu vertical (RZ). Akumulasi partisipasi massa mencapai 100% pada mode ke-15 sehingga telah memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1.

Tabel 7 Periode Struktur

Simbol	Arah X		Arah Y		Referensi Pasal
	Kuantitas	Satuan	Kuantitas	Satuan	SNI 1726 : 2019
C_t	0.0466		0.0466		Tabel 18
x	0.9		0.9		Tabel 18
H_n	19	m	19	m	
$Ta = T_{min}$	0.6596	detik	0.6596	detik	Psl. 7.8.2.1 pers. 36
C_u	1.4		1.4		Tabel 17
T_{max}	0.9234	detik	0.9234	detik	Psl. 7.8.2
T	1.156	detik	1.167	detik	Hasil Etabs
Dipakai T	0.923	detik	0.923	detik	

b) Gaya geser dasar seismik (*Base Shear*) dan penskalaan gaya.

Gaya geser dasar (base shear) hasil analisis statik ekuivalen dan respon spektrum digunakan untuk menentukan faktor skala (*scale factor*) sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019.

Tabel 8 Gaya Geser Dasar Seismik

Simbol	Arah X		Arah Y	
	Kuantitas	Satuan	Kuantitas	Satuan
C_s	0.0708		0.0708	
CS_{max}	0.0521		0.0521	
CS_{min}	0.0249	> 0,01	0.0249	> 0,01
CS_{min2}	0.0086		0.0086	
Maka C_s	0.0521		0.0521	
W	50480.167	kN	50480.167	kN
V (SNI)	2630.8697	kN	2630.8697	kN
V (Etabs)	2632.0239	kN	2632.0239	kN

Tabel 9 Penskalaan Gaya

Gaya geser	Fx	Fy
Gaya Geser Linier Statik		
Eq-x	-2632.0239	0
Eq-y	0	-2632.0239
Gaya Geser LinRespSpec		
Rs-x	1709.2018	0
Rs-y	0	5172.0427
V/Vt	0.649387	1.965044
	1.539914	0.508894
SF Awal	1225.831	1225.831
SF Baru	1887.6748	623.8187

Tabel 10 Gaya Geser Setelah Penskalaan

Gaya geser	Fx	Fy
Gaya Geser Linier Statik		0

Gaya geser	F _x	F _y
Eq-x	-2632.0239	
Eq-y	0	-2632.0239
Gaya Geser LinRespSpec		
Rs-x	2632.0199	0
Rs-y	0	2632.0264
V/V _t	1.00	1.00

c) Simpang antar tingkat (story drift)

simpangan antar tingkat (story drift) dievaluasi untuk memastikan deformasi struktur memenuhi batas yang diizinkan. Hasil analisis disajikan

Tabel 11 Simpangan Antar Tingkat Arah X

Lantai	h mm	displacment δ (mm)	Story Drift δeX (mm)	Ratio Δx (mm)	Drift Izin Δa (mm)	Cek
Pelat Atap	3000	29.306	2.76	15.19	46.154	Stabil
RoofTop	4000	26.545	4.33	23.83	61.538	Stabil
Lantai 4	4000	22.213	7.41	40.76	61.538	Stabil
Lantai 3	4000	14.803	9.13	50.19	61.538	Stabil
Lantai 2	4000	5.678	5.68	31.23	61.538	Stabil

Tabel 12 Simpangan Antar Tingkat Arah X

Lantai	h mm	displacment δ (mm)	Story Drift δeX (mm)	Ratio Δx (mm)	Drift Izin Δa (mm)	Cek
Pelat Atap	3000	30.577	1.81	9.98	46.154	Stabil
RoofTop	4000	28.763	4.91	27.02	61.538	Stabil
Lantai 4	4000	23.85	8.18	44.98	61.538	Stabil
Lantai 3	4000	15.672	9.72	53.47	61.538	Stabil
Lantai 2	4000	5.95	5.95	32.73	61.538	Stabil

d) Pemeriksaan *P-Delta*

Pemeriksaan efek *P-Delta* dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan struktur berdasarkan nilai koefisien stabilitas (θ) sesuai dengan SNI 1726:2019. Berikut hasil analisis efek *P-Delta*.

Tabel 13 Pemeriksaan *P-Delta* Arah X

Lantai	h _x mm	P _x kN	V _x kN	Δx mm	θ_x	q _{maks}	Batas P-D	P-D
Pelat Atap	3000	368.5579	76.8208	15.19	1	0.0044	0.0909	0.1 OK
RoofTop	4000	7808.7833	865.7438	23.83	1	0.0098	0.0909	0.1 OK
Lantai 4	4000	26200.118	1717.6075	40.76	1	0.0283	0.0909	0.1 OK
Lantai 3	4000	44815.613	2297.4987	50.19	1	0.0445	0.0909	0.1 OK
Lantai 2	4000	64400.242	2632.0199	31.23	1	0.0347	0.0909	0.1 OK

Tabel 14 Pemeriksaan *P-Delta* Arah Y

Lantai	h_x mm	P_x kN	V_x kN	Δx mm		θ_x	qmaks	Batas P-D	P-D
Pelat Atap	3000	368.5579	54.5889	9.98	1	0.0041	0.0909	0.1	OK
RoofTop	4000	7808.7833	790.3042	27.02	1	0.0121	0.0909	0.1	OK
Lantai 4	4000	26200.118	1727.5001	44.98	1	0.0310	0.0909	0.1	OK
Lantai 3	4000	44815.613	2348.5395	53.47	1	0.0464	0.0909	0.1	OK
Lantai 2	4000	64400.242	2632.0264	32.73	1	0.0364	0.0909	0.1	OK

Berdasarkan hasil analisis, nilai θ yang diperoleh masih berada dibawah batas maksimum (θ_{max}) yang diizinkan, sehingga struktur dinyatakan memenuhi standar.

4. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Penerapan fitur Auto Optimization menggunakan *Auto Select List* pada ETABS v.22 menghasilkan desain struktur yang lebih efisien melalui optimasi dimensi balok induk dari 30 x 60 cm menjadi 30 x 50 cm dan balok anak dari 25 x 40 cm menjadi 25 x 30 cm, sedangkan dimensi kolom tetap 50 x 50 cm. Optimasi tersebut diikuti dengan penyesuaian kebutuhan tulangan sehingga penggunaan material menjadi lebih optimal tanpa mengurangi tingkat keamanan struktur.
2. Hasil desain memenuhi persyaratan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019. Hal ini ditunjukkan oleh hasil evaluasi partisipasi massa modal, periode struktur, gaya geser dasar (base shear), simpangan antar tingkat (story drift), dan efek P-Delta yang seluruhnya berada dalam batas yang dipersyaratkan, sehingga struktur dinyatakan aman dan layak digunakan.

B. Saran

Penelitian selanjutnya dapat menerapkan fitur Auto Optimization pada sistem struktur yang berbeda atau bangunan dengan jumlah lantai yang lebih tinggi, serta mengevaluasi aspek efisiensi material dan biaya konstruksi untuk memperoleh gambaran manfaat optimasi yang lebih komprehensif.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahkar, R., Rais, F., Hadi, A. K., & Fadhil, A. (2020). *Perbandingan Perencanaan Struktur Beton Bertulang dan Struktur Baja Komposit pada Daerah Rawan Gempa*. 2, 1–10.
- Aidy, A., Rady, M., Mashhour, I. M., & Mahfouz, S. Y. (2022). Structural Design Optimization of Flat Slab Hospital Buildings Using Genetic Algorithms. *Buildings*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/buildings12122195>
- Computers and Structures, I. (2023). *Computers and Structures, Inc.* Computers and Structures, Inc.
- Hadi, A. K., Utina, T., & Manipi, I. (2023). *Analisis Perbandingan Struktur Flat Slab Drop Panel dan Pelat dengan Balok Gedung 5 Lantai Menggunakan Aplikasi ETABS*. 8, 120–129.
- Husein, S., & Darwis, M. (2024). Implementasi Software ETABS(Extended Three Dimensional Analysis of Building System) Untuk Struktur Gedung Kos 3 Lantai Kab.Gowa. *Jurnal Bangunan Konstruksi (BARAKKA)*, 2(2), 104–109.

- Masdiana, Artanto, A. B., Buarlele, L., Mustika, W., Patah, D., Dasar, A., Yahans, S., Sila, A. A., & Muin, S. A. (2025). *Perancangan Struktur Beton Bertulang*. In ARSY MEDIA.
- Muhammad Hilmi, Erizal, & Febrita, J. (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(3), 143–158. <https://doi.org/10.29244/jsil.6.3.143-158>
- Nasikhah, L. F., & Susilowati, D. (2024). Infrastruktur Dan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia Laili. *Jurnal Ilmu Ekonomi (JIE)*, 08(01), 68–80.
- Rudi, A., & Rahmat, D. (2018). Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode Etabs Versi 9.7.2. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 2(1), 28–33.
- Satiadarma, K., Prayogo, D., & Chandra, J. (2025). Optimasi Struktur Beton Bertulang Pada Portal Ruang Dengan Algoritma Symbiotic Organisms Search (Sos). *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 12(1), 58–70. <https://doi.org/10.9744/duts.12.1.58-70>
- SNI 1726. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. In *Sni 1726:2019*.
- SNI 1727. (2020). *SNI 1727:2020 Beban desain minimum*.
- SNI, 2847. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. In *Sni 2847-2019* (Sni 2847-2, Issue 8).
- Subrianto, A., Sulianti, I., Rahmadona, E., Studi, P., Sipil, T., & Sriwijaya, P. N. (2020). *APLIKASI PROGRAM ETABS UNTUK EFISIENSI DISAIN*. 129–133.
- Tuban, K., Nugroho, D., Saputra, A. A., & Cahyono, D. A. (2020). *Analisis Balok dan Kolom Struktur Beton (Studi kasus café di Jl . Manunggal , Desa Gedongombo , Kecamatan. 09*, 1–15.