

ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN TERHADAP ELEMEN *HORIZONTAL* PADA GEDUNG PENYIMPANAN KPK JAKARTA

Sahat Martua Sihombing¹, Gita Puspa Artiani², Lydia Darmiyanti³
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Indonesia
sahatsihombing@unkris.ac.id

ABSTRAK

Gedung Penyimpanan merupakan suatu bangunan yang digunakan sebagai wadah atau tempat dengan spesifikasi tertentu, serta gedung penyimpanan mempunyai nilai beban yang besar. Oleh karena itu, penting ditinjau atau dianalisis struktur bangunannya. Struktur bangunan sendiri dibagi menjadi 2 elemen, salah satunya yaitu elemen horizontal. Elemen Horizontal atau yang biasa disebut dengan elemen lentur, merupakan elemen yang memikul beban yang bekerja secara transversal dan kemudian mentransfer beban tersebut ke kolom yang menumpunya. Elemen Horizontal terdiri dari balok dan pelat, keduanya merupakan rangka penguat dan pengikat kesatuan dari lantai perlantai pada suatu bangunan struktur atas, sehingga penting sekali ditinjau keamanannya. Penelitian Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis gaya geser dan momen yang diterima balok dan pelat lantai, menganalisis besar rasio tulangan pada balok, dan menganalisis lendutan (*deflection*) yang terjadi pada balok. Penyajian pada penelitian ini menggunakan data sekunder dan menggunakan software *ETABS v.17.0.1*. Didapat hasil gaya geser terbesar arah X berada di Lantai 3 dengan nilai 59,3292 kN dan hasil momen terbesar arah X berada di Lantai 3 dengan nilai 128,9298 kN-m, sedangkan untuk hasil gaya geser terbesar arah Y berada di Lantai 3 dengan nilai 47,1916 kN dan hasil momen terbesar arah Y berada di Lantai 3 dengan nilai 92,7026 kN-m, dan untuk rasio tulangan balok didapat sebesar 0,82% berdasarkan hasil *output ETABS v.17.0.1*, serta didapat nilai izin lendutan 25 mm berdasarkan rumus perhitungan batas izin lendutan maksimum yang mengacu pada SNI 2847:2019.

Kata kunci: Elemen Horizontal, Gaya Geser, Rasio Tulangan, Lendutan, *ETABS*

ABSTRACT

A storage building is a structure that has specified requirements for usage as a container or location and a high load value. As a result, it is crucial to check or examine the building's structure. There are two separate parts to the building structure, one of which is horizontal. Elements that bear loads working transversely and transfer the load to a supporting column are known as horizontal elements, sometimes known as bending elements. It is crucial to assess the safety of horizontal elements like beams and slabs since they serve as the floor's bonding and reinforcing frames in superstructures. This final project attempts to assess the shear forces and moments applied to the floor slabs and beams, the reinforcement ratio applied to the beams, and the beam deflections that result. The presentation in this study makes use of ETABS v.17.0.1 software and secondary data. The 3rd floor has the largest shear force in the X direction with a value of 59.3292 kN and the largest moment in the X direction with a value of 128.9298 kN-m, while the 3rd floor has the largest shear force in the Y direction with a value of 47.1916 kN and the largest moment in the Y direction with a value of 92.7026 kN-m. According to the result of ETABS v.17.0.1, the beam reinforcement ratio is 0.82 percent, and the maximum deflection permit limit formula uses SNI 2847:2019 to get the permitted deflection value of 25 mm.

Keywords: Horizontal Element, Shear Force, Reinforcement Ratio, Deflection, *ETABS*

A. PENDAHULUAN

Gedung penyimpanan merupakan suatu bangunan yang digunakan sebagai wadah atau tempat dengan spesifikasi tertentu, salah satunya digunakan untuk menyimpan benda dan barang bergerak maupun tidak bergerak, seperti kendaraan roda empat maupun roda dua, kendaraan berbobot besar maupun kecil, arsip-arsip, dan lain sebagainya. Hal itulah yang tentunya membuat gedung penyimpanan mempunyai nilai beban yang besar (Arsip Nasional Republik Indonesia, 2001). Oleh karena itu terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pembangunan sebuah bangunan/gedung di Indonesia khususnya di DKI Jakarta, salah satunya faktor pengaruh jenis tanah pada kestabilan struktur. Seperti yang sudah diketahui, Indonesia merupakan negara yang rawan gempa bumi. Faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap sebuah perencanaan dikarenakan melalui faktor tersebut dapat menganalisa dan memperhitungkan beban yang akan didapatkan oleh suatu bangunan terutama beban gempa (earthquake), serta jika dilihat juga dari arah kerja sebuah struktur bangunan, maka dapat ditemui dua jenis elemen bangunan, yakni terdapat elemen vertikal dan elemen horizontal.

Elemen vertikal merupakan elemen yang menerima beban secara aksial dari elemen horizontal berupa balok, dan yang kemudian memiliki kemampuan untuk mentransfer beban tersebut ke tanah. Pada umumnya elemen vertikal tidak melentur dan melendut, dikarenakan elemen vertikal hanya dapat mengalami gaya aksial tekan, sedangkan elemen horizontal atau yang dapat dikatakan juga sebagai elemen lentur adalah elemen yang memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan kemudian mentransfer beban tersebut ke kolom yang menumpunya. Elemen horizontal terdiri dari balok dan pelat, keduanya merupakan penguat dan pengikat kesatuan dari lantai per lantai pada suatu bangunan struktur atas, sehingga penting sekali ditinjau keamanannya.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu berupa studi kasus terhadap struktur gedung penyimpanan, yang terdiri dari 4 lantai dan 1 *mezzanine* dengan menitik beratkan/memfokuskan pada analisis elemen horizontal. Dalam melakukan penelitian ini juga dilakukan dengan menggunakan bantuan *software ETABS v.17.0.1*

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan Struktur

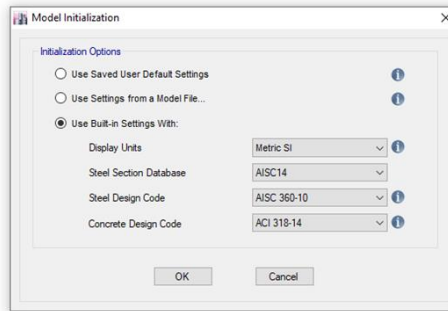
1. Sistem Struktur

Pemodelan struktur yang dilakukan dengan Program *ETABS v.17.0.1 (Extended Three-dimensional Analysis Of Building System)*

2. Asumsi Pemodelan

3. Tahapan Pemodelan Struktur Pada *ETABS v.17.0.1*

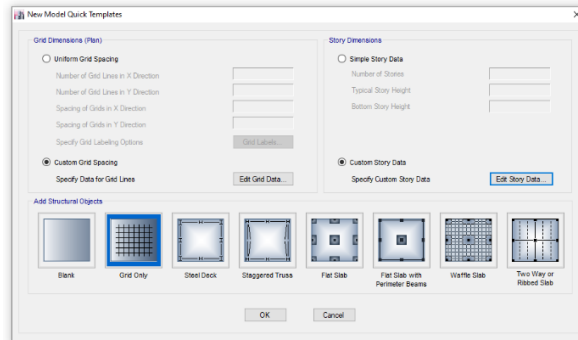
- a. Tahap pertama yang dilakukan adalah membuka *software ETABS* pada komputer/laptop, lalu membuat file baru dengan cara klik *File – New Model*, kemudian terlihat kotak dialog bertuliskan *Model Initialization* yang dimana berfungsi untuk menentukan satuan pada lembar kerja pemodelan *ETABS v.17.0.1*, dan dikarenakan Indonesia memakai satuan SNI, maka pada kotak dialog tersebut *display units* diubah menjadi *Metric SI* seperti pada **Gambar C1** dibawah ini.



Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C1. Model Initialization

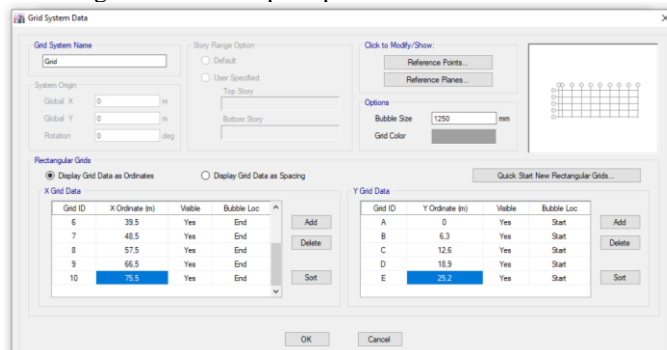
- b. Setelah mengklik OK yang dapat dilihat pada gambar diatas, berikutnya dilakukan penginputan data teknis. Muncul kotak dialog/menu *New Model Quick Templates* dimana berfungsi untuk mennetukan grid yang digunakan sebagai garis untuk menentukan titik dan penempatan elemen-elemen yang terdapat pada struktur. Dapat dilihat pada **Gambar C2** dibawah ini.



Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C2. New Model Quick Templates

- c. Untuk denah pada sumbu X dan Y, di klik *Custom Grid Spacing – Specify Data For Grid Lines – Edit Grid Data* yang kemudian akan muncul 2 kotak dialog/menu untuk memasukkan nama dan ukuran *grid*. Untuk sumbu X diisi dan dilabelkan dengan As 1 – 10 dan untuk sumbu Y diisi dan dilabelkan dengan As A – E seperti pada **Gambar C3** dibawah ini.



Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C3. Edit Grid Data

- d. Selanjutnya untuk menentukan elevasi setiap lantai, di klik *Custom Story Data – Specify Custom Story Data – Edit Story Data* yang kemudian akan muncul kotak dialog/menu yang dapat diisi nama lantai (*story*), ketinggian lantai (*height*), elevasi lantai (*elevation*), lantai utama dari keseluruhan struktur (*master story*), dan pengaturan untuk lantai yang sama (*similar to*). Dapat

dilihat pada **Gambar C4** dibawah ini.

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Lantai Roof Deck	5	20.5	No	None	No	0	Orange
Lantai 3	5	15.5	No	None	No	0	Blue
Lantai 2	4	10.5	No	None	No	0	Green
Lantai 1	3	6.5	No	None	No	0	Cyan
Lantai Mezzanine	3.5	3.5	No	None	No	0	Red
Lantai Dasar	0	0					

Sumber : *ETABS v.17.0.1*

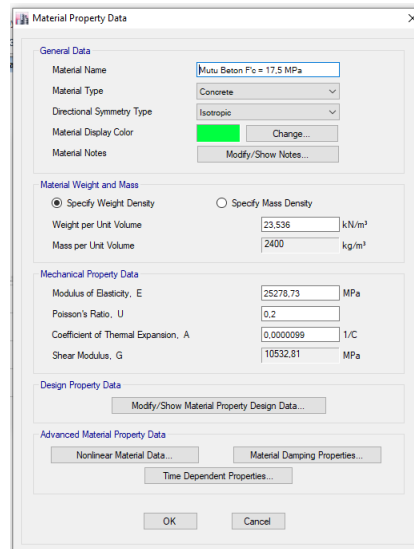
Gambar C4. Edit Story Data

- e. Tahap berikutnya adalah menginput material elemen struktur gedung yang akan digunakan, yaitu material yang harus dipersiapkan seperti mutu beton bertulang dan mutu tulangan beton. Untuk memasukkan data mutu beton $f'c$ 25 MPa diinput dengan mengklik *Define – Material Properties – 4000Psi – Modify/show Material*, serta dimasukkan juga berat jenis beton yang telah ditentukan oleh SNI yaitu 2400 kg/m^3 . Tahap ini dapat dilihat pada **Gambar C5** dibawah ini.

Sumber : *ETABS v.17.0.1*

Gambar C5. Mutu Beton $f'c$ 25 MPa

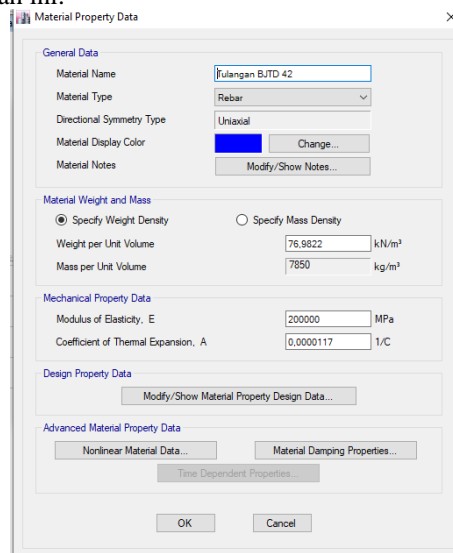
- f. Setelah data mutu $f'c$ 25 MPa diinput, dilanjutkan dengan menginput mutu beton $f'c$ 17 MPa dengan mengklik *Mutu Beton $F'c = 25 \text{ MPa} - Add Copy Of Material$* sesuai dengan **Gambar C6** dibawah ini.



Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C6. Mutu Beton f'c 17 MPa

- g. Selain memasukkan material beton, dimasukkan juga material baja yaitu BJTD 42 yang digunakan untuk penulangan, dengan mengklik *Define – Material Properties – A615Gr60 – Modify*, dan kemudian dimasukkan berat jenisnya yang telah ditentukan oleh SNI yaitu 7850 kg/m^3 dan diikuti memasukkan modulus elastisitas yaitu 200.000 MPa . Tahap ini dapat dilihat pada **Gambar C7** dibawah ini.



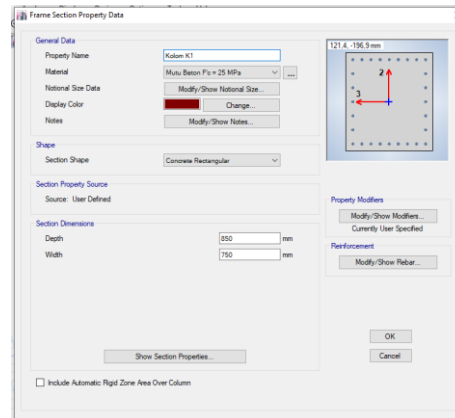
Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C7. Mutu Tulangan BJTD 42

- h. Setelah material data yang digunakan diinput, tahap selanjutnya adalah mendesain dimensi pada elemen vertikal dan horizontal struktur, seperti kolom, balok, pelat lantai dan *shearwall*. Dimensi-dimensi pada kedua elemen tersebut dapat dilihat pada lampiran yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya.

4. Kolom

Tahapan untuk mendesain kolom adalah dengan cara mengklik *define – Section Properties – Frame Sectons – Add New Properties*, setelahnya akan muncul kotak dialog/menu yang dimana dapat diisi nama kolom (*property name*), material tulangan kolom (*slab material*), bentuk (*section shape*), dan dimensi (*section dimensions*). Thap ini dapat dilihat pada **Gambar C8** dibawah ini.



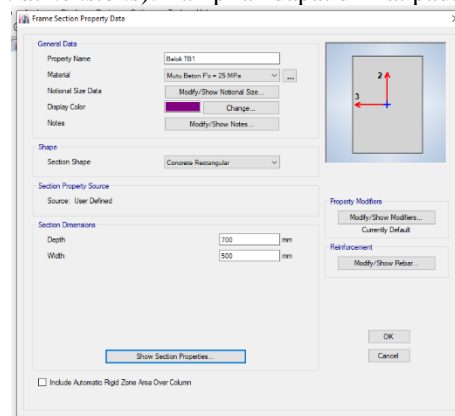
Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C8. Dimensi Kolom

Untuk detail penulangan pada kolom dapat dilakukan dengan mengklik *modify/show rebar* pada *reinforcement*.

5. Balok

Tahapan untuk mendesain balok adalah dengan cara mengklik *Define – Section Properties – Frame Sections – Add New Properties*, setelahnya akan muncul kotak dialog/menu yang dimana dapat diisi nama balok (*property name*), material tulangan balok (*slab material*), bentuk (*section shape*), dan dimensi (*section dimensions*). Tampilan dapat dilihat pada **Gambar C9** dibawah ini.



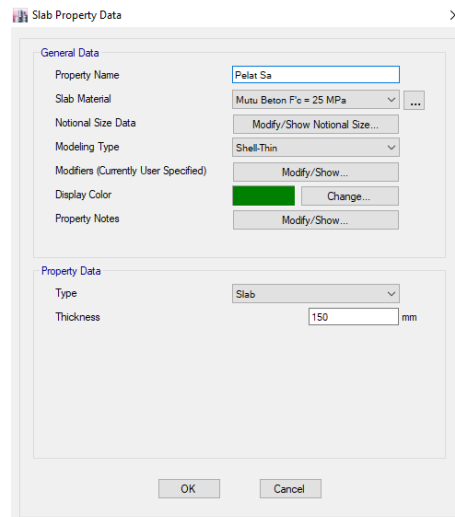
Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C9. Dimensi Balok

Untuk detail penulangan pada kolom dapat dilakukan dengan mengklik *modify/show rebar* pada *reinforcement*

6. Pelat Lantai

Tahapan untuk mendesain pelat lantai adalah dengan cara mengklik *Define – Section Properties – Slab Sections – Add New Property*, setelahnya akan muncul kotak dialog/menu yang dimana dapat diisi nama pelat (*property name*), material tulangan pelat (*slab material*), model tipe (*model type*), dan ketebalan pelat (*thickness*). Tahap ini dapat dilihat pada **Gambar C10** dibawah ini.

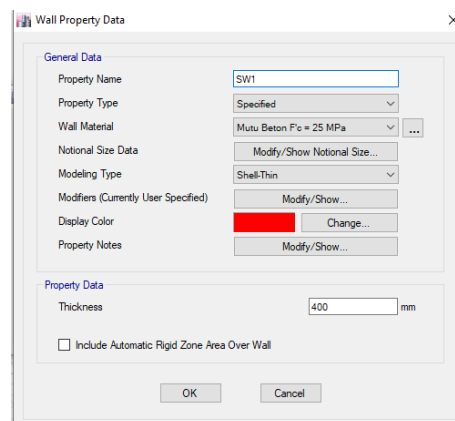


Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C10. Dimensi Pelat Lantai

7. Shearwall

Tahapan untuk mendesain *shearwall* adalah dengan cara mengklik *Define - Section Properties – Wall Sections – Add New Property*, setelahnya akan muncul kotak dialog/menu yang dimana dapat diisi dengan nama *shearwall* (*property name*), material tulangan dinding (*wall material*), tipe model (*modelling type*), dan ketebalan dinding (*thickness*). Tahap ini dapat dilihat pada **Gambar C11**



Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C11. Dimensi Shearwall

B. Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan dimaksudkan untuk memberikan pedoman dalam menentukan beban-beban yang bekerja pada suatu bangunan. Berikut beban-beban Struktur Gedung Penyimpanan KPK Jakarta yang sesuai dengan SNI 1727 – 2020 :

1. Beban Mati (*Dead Load*)
2. Beban Hidup (*Live Load*)
3. Beban Hujan
4. Beban Gempa

Beban gempa pada Gedung Penyimpanan KPK Jakarta direncanakan berdasarkan ketentuan SNI 1726 – 2019. Desain beban gempa menggunakan respons spektra rencana.

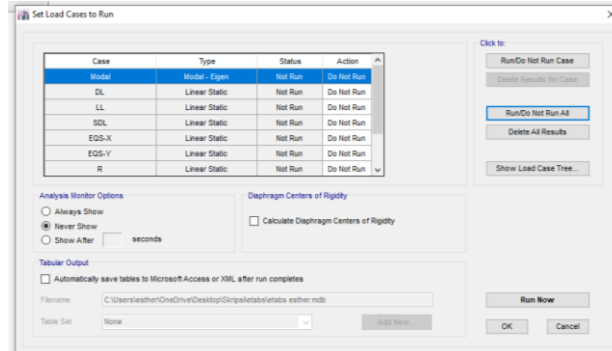
C. Analisis Gempa

Dalam menentukan analisis gempa, diperlukan hasil respons spektrum menurut *website* Kementerian Pekerjaan Umum yang dapat diakses pada <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> atau RSA

PUSKIM, dan data-data perhitungan dari ketentuan SNI 1726 – 2019.

D. Kontrol Hasil Analisa

Setelah semua data diinput ke *ETABS*, tahap akhir adalah *Running* pemodelan, dengan cara terlebih dahulu mengklik *Lock/Unlock Model – Analyze – Set Load Cases To Run – Run Now*, yang dapat dilihat seperti **Gambar C12** dibawah ini.



Sumber : *ETABS v.17.0.1*

Gambar C12. Set Load Cases To Run

a. Analisa Run ETABS untuk Menentukan Momen dan Gaya Geser

Langkah pertama, klik *Analyze – Set Load Cases To Run – Run Now*, setelah selesai *run* analisis, cek tabel *Beam Forces* dengan cara klik *Display – Show Table – Analysis – Results – Frame Results – Beam Forces*, selanjutnya memindahkan data tabel dengan klik kanan untuk *Extract to Excel*. Dibawah ini merupakan **Tabel C1** dan **Tabel C2** hasil gaya geser dan momen yang didapatkan dari hasil *output ETABS v.17.0.1*

Tabel C1. Gaya Geser dan Momen Pada Balok Arah X

TABLE : Beam Forces						
Story	Beam	Unique Name	Load Case/Combo	V2 kN	M3 kN-m	Element
Lantai Roof Deck	B268	1093	EQD-X Max	53,9933	117,3604	1093-1
Lantai 3	B268	1080	EQD-X Max	59,3292	128,9298	1080-1
Lantai 2	B278	838	EQD-X Max	56,7325	122,6883	838-1
Lantai 1	B105	404	EQD-X Max	42,7621	95,718	404
Lantai Mezzanine	B8	266	EQD-X Max	9,1912	31,8239	266-9
Lantai Dasar	B1	41	EQD-X Max	0	0	41-1

Sumber : Hasil Data *ETABS v.17.0.1*

Tabel C2. Gaya Geser dan Momen Pada Balok Arah Y

TABLE : Beam Forces						
Story	Beam	Unique Name	Load Case/Combo	V2 kN	M3 kN-m	Element
Lantai Roof Deck	B35	1069	EQD-Y Max	35,8642	65,8678	1069-1
Lantai 3	B35	935	EQD-Y Max	47,1916	92,7026	935-1
Lantai 2	B35	758	EQD-Y Max	42,5053	86,0078	758-1
Lantai 1	B35	617	EQD-Y Max	38,9992	76,6005	617-1
Lantai Mezzanine	B114	360	EQD-Y Max	10,2403	28,1109	360-2
Lantai Dasar	B1	41	EQD-Y Max	0	0	41-1

Sumber : Hasil Data *ETABS v.17.0.1*

Keterangan :
 V2 = Nilai Gaya Geser
 M3 = Nilai Momen

Berdasarkan Tabel, hasil *output ETABS v.17.0.1* didapat nilai gaya geser dan nilai momen arah X dan

Y pada setiap lantai. Hasil Gaya Geser terbesar arah X berada di Lantai 3 dengan nilai 59,3292 kN dan hasil Momen terbesar arah X berada di Lantai 3 dengan nilai 128,9298 kN-m. Sedangkan untuk hasil Gaya Geser terbesar arah Y berada di Lantai 3 dengan nilai 47,1916 kN dan hasil Momen terbesar arah Y berada di Lantai 3 dengan nilai 92,7026 kN-m.

b. Analisis Rasio Tulangan Balok Berdasarkan Hasil Output ETABS

Perhitungan luas tulangan balok secara otomatis dapat diketahui dengan cara mengklik *Run Analyze (F5)* terlebih dahulu, lalu setelah di *run*, klik *Design – Concrete Frame Design – Check Select Design Combination – Start Design Check*. Selanjutnya balok yang akan di analisis adalah balok B1A – B27 dengan dimensi balok B1A 600 x 700, serta $F_y = 420$ yang berdasarkan SNI 2052 – 2017. Berikut ini **Gambar C13** detail luas tulangan tumpuan yang ditinjau.

	3439	1071	3375	
	1640	2342	1611	

Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C13. Detail Luas Tulangan yang Ditinjau

Digunakan tulangan ulir diameter 22
 $(D22) \rightarrow A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$
 $= \frac{1}{4} 3,14(22)^2$
 $= 379,94 \approx 380 \text{ mm}^2$

$A_s = \rho_{min} \times b \times h$

$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$

$A_s = 0,0033 \times 600 \times 630 = 1247,4 \approx 1247 \text{ mm}^2$

Rasio Tulangan berdasarkan ρ_{min} didapat :

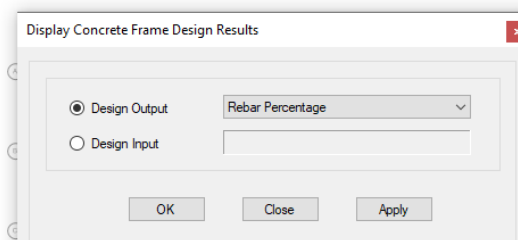
$\frac{1247}{600 \times 630} = \frac{1247}{378.000} = 0,33\%$

Rasio Tulangan berdasarkan *Output ETABS* dengan perhitungan manual didapat :

$\frac{3439}{600 \times 630} = \frac{3439}{378.000} = 0,91\% \approx 1\%$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai rasio tulangan minimal 0,33% dan nilai rasio tulangan berdasarkan *output ETABS* dengan perhitungan manual 1%.

Selanjutnya untuk menentukan nilai perhitungan *software* terbesar dapat diklik *Design – Concrete Frame Design – Display Design Info*, setelahnya akan muncul kotak dialog/menu seperti **Gambar C14** dibawah ini, dan pada *design output* diganti/diubah menjadi *Rebar Percentage* lalu klik OK.



Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C14. Rebar Percentage

Didapat nilai terbesar perhitungan *software* 0,82% yang dapat dilihat pada **Gambar C15** dibawah ini.

	0,82%	0,25%	0,80%	
	0,39%	0,56%	0,38%	

Sumber : ETABS v.17.0.1

Gambar C15. Hasil Perhitungan *Software*

Jadi, berdasarkan **Gambar C15** diatas, hasil analisa perhitungan *software* didapat sebesar 0,82% dan untuk perhitungan manual berdasarkan *output ETABS* didapatkan 1%. Dapat diartikan jika hasil rasio tulangan dari perhitungan *software* lebih kecil dari perhitungan manual berdasarkan *output ETABS* ($0,82\% \leq 1\%$).

c. Analisa *Run ETABS* untuk Menentukan Lendutan Pada Balok

Dalam mendapatkan nilai analisa lendutan, dapat dilakukan dengan cara klik *Run Analyze* (F5) terlebih dahulu dan setelah di *run*, di klik *Display – Show Table – Result – Joint Displacement*, kemudian didapat data sebagai berikut :

Tabel C3. Joint Displacement

TABLE : Joint Displacement						
Story	Label	Unique Name	Load Case/ Combo	UX	UY	UZ
				Mm	Mm	Mm
Lantai Roof Deck	282	895	EQD-X MAX	7,91	3,045	3,331
Lantai 3	45	381	EQD-Y MAX	7,899	3,04	3,331
Lantai 2	714	1840	EQD-Y MAX	1,658	0,618	3,396
Lantai 1	41	362	EQD-X MAX	1,185	2,681	1,949
Lantai Mezzanine	50	283	EQD-X MAX	0,386	0,958	2,249
Lantai Dasar	319	927	EQD-X MAX	0,000473	0,0001497	0,01

Sumber : Hasil Data *ETABS v.17.0.1*

Syarat untuk batas lendutan sesuai dengan ketentuan atau berdasarkan SNI 2847 – 2019. Berikut perhitungan manual untuk Izin Lendutan :

$$l/360 = 9000/360 = 25 \text{ mm}$$

Nilai lendutan terbesar ada pada :

$$\text{Lantai 2} \rightarrow 3,396 \text{ mm}$$

Nilai lendutan balok terbesar ada pada lantai *mezzanine* dengan nilai 3,396 mm, ini menunjukkan bahwa nilai lendutan terbesar pada balok lebih kecil dari nilai batas izin lendutan yaitu 25 mm.

Dari analisis diatas, dapat dikatakan dan dinyatakan bahwa balok aman karena nilai lendutan yang didapat dari hasil data *software* lebih kecil dari nilai batas izin lendutan yang berdasarkan SNI 2847 : 2019. Berikut ini adalah tabel nilai lendutan balok pada setiap lantai.

Tabel C4. Lendutan Yang Terjadi Pada Balok Perlantai

Story	Izin	UZ Mm	Keterangan
Lantai Roof Deck	25	3,331	OK
Lantai 3	25	3,331	OK
Lantai 2	25	3,396	OK
Lantai 1	25	1,949	OK
Lantai Mezzanine	25	2,249	OK
Lantai Dasar	25	0,01	OK

Sumber : Analisis Data

Berdasarkan Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa nilai lendutan pada balok di setiap lantai aman dikarenakan nilai lendutan tidak melebihi atau lebih kecil dari perhitungan batas izin lendutan yang telah diperhitungkan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 2847 – 2019.

E. Perbaikan (Problem Solving)

Jika pada hasil *output ETABS v.17.0.1* terdapat warna merah pada balok tepi dan balok tengah dalam bentang terpendek dan terpanjang seperti gambar dibawah ini, tandanya terdapat masalah dan harus diperbaiki.

Beam Element Details (Summary)								
Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Lantai 1	B01	571	Balok BA1	Combi-10	0300	0300	1	Sway Special
Section Properties								
b (mm)	h (mm)	b _c (mm)	d _c (mm)	d _{cs} (mm)	d _{cs} (mm)			
500	300	500	0	40	40			
Material Properties								
E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{yk} (MPa)				
28278.73	25	1	413.69	413.69				
Design Code Parameters								
Φ _T	Φ _{CTed}	Φ _{CSpted}	Φ _{Vts}	Φ _{Vs}	Φ _{VPT}			
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85			
Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M _{u2}								
	Design -Moment kN-m	Design +Moment kN-m	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²		
Top (+2 Axis)	0	0	0	0	0	0		
Bottom (-2 Axis)	0	0	0	0	0	0		
Shear Force and Reinforcement for Shear, V _{u2}								
Shear V _{u2} kN	Shear ΦV _c kN	Shear ΦV _s kN	Shear V _p kN	Rebar A _v /s mm ² /m				
O/S #45	80,9588	0	4,4163	0				
Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T _u								
Φ ⁺ T _u kN-m	T _{th} kN-m	T _{cr} kN-m	Area A _c cm ²	Perimeter, p _c mm	Rebar A _v /s mm ² /m	Rebar A _v mm ²		
26.1011	4,3788	17,5151	737,7	1244,4	570,22	710		

O/S #45 Shear stress due to shear force and torsion together exceeds maximum allowed

Sumber : *ETABS v.17.0.1*

Gambar C16. Permasalahan Output ETABS

Dalam gambar diatas terdapat tulisan berwarna merah yang bertuliskan O/S #45 *Shear stress due to shear force and torsion together exceeds maximum allowed*, yang berarti balok mengalami *overstrenght* dikarenakan gaya geser dan torsi melebihi kapasitas maksimal. Oleh maka dengan itu, perbaikan (*problem solving*) yang dilakukan ialah dengan menganalisa kembali serta menambahkan tulangan sengkang atau dimensi pada balok diperbesar (biasa dipakai untuk gaya geser), dan jika terdapat tanda/tulisan berwarna merah pada gaya geser dan momen pada balok dengan bentang pendek perlu dilakukan pengecekan/analisis kembali tulangan utama, serta jika masalah terjadi pada balok tepi dilakukan pengecekan kembali terhadap torsi dan untuk memperbaiki ditambahkan dengan tulangan pinggang.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis tugas akhir ini yang dimana merupakan analisis struktur bangunan terhadap elemen *horizontal* pada Gedung Penyimpanan KPK Jakarta, maka penulis dapat mengambil kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil *output ETABS v.17.0.1* didapat hasil Gaya Geser terbesar arah X berada di Lantai 3 dengan nilai 59,3292 kN dan hasil Momen terbesar arah X berada di Lantai 3 dengan nilai 128,9298 kN-m. Sedangkan untuk hasil Gaya Geser terbesar arah Y berada di Lantai 3 dengan nilai 47,1916 kN dan hasil Momen terbesar arah Y berada di Lantai 3 dengan nilai 92,7026 kN-m.
2. Rasio tulangan balok didapat perhitungan *software* didapat sebesar 0,82%, dan untuk perhitungan manual berdasarkan *output ETABS* didapatkan 1%. Dapat diartikan jika hasil rasio tulangan dari perhitungan *software* lebih kecil dari perhitungan manual berdasarkan *output ETABS* ($0,82\% \leq 1\%$).
3. Nilai lendutan terbesar yang didapat dari hasil data *software ETABS V.17.0.1* adalah 3,396 mm lebih kecil dari nilai batas izin lendutan yang ditentukan oleh SNI 2847 – 2019, yaitu $(l/360) = 9000/360 = 25$ mm, sehingga balok dinyatakan aman terhadap lendutan.

b. Saran

Pada bangunan dengan tingkat resiko tinggi perlu diperhatikan dan dicermati perletakan dan dimensi pada pemasangan balok atau pelat lantai, serta penggunaan tulangan yang tepat dan sesuai standar yang digunakan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriyani, G., Kahar, S., Awaluddin, M., & Meilano, I. (2012). Kajian regangan selat bali berdasarkan data gnss kontinu tahun 2009-2011. *Jurnal Geodesi Undip*, 1(1), 82121.
- [2] Asroni, H. A. (2010). *Balok Dan Pelat Beton Bertulang* (Pertama). Graha Ilmu.
- [3] Candra, I. M. A., Wibawa, I. M. S., Wiryadi, I. G. G., & Letra, I. M. (2021). *Analisis Perilaku Struktur Gedung Fakultas Pariwisata Universitas Udayana Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum*. 1(2), 24–29.
- [4] PRATAMA, M. R. D. (2021). Analisis Penerapan Rantai Pasok Terhadap Manajemen Pembiayaan Proyek Kontruksi Bangunan Gedung X Di Jakarta. *Lakar: Jurnal Arsitektur*, 4(1), 34. <https://doi.org/10.30998/lja.v4i1.9158>
- [5] Robach, C., Retno, A., & Zacoeb, A. (2002). “Perencanaan Dinding Geser pada Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Ganda.” *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, February 1921*, 1–4
- [6] Sidabutar, D. H. (2019). *Analisa Perbandingan Pelat Diafragma Dengan Sistem Flat Slab, Plate, Waffle Slab Pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Terhadap Pengaruh Kekakuan Struktur*. 1–164.
- [7] SNI, 1726:2019. (2019). *perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi , pemeliharaan dan penilaian kelayakan dan bangunan gedung dan nongedung sebagai revisi struktur bangunan gedung dan nongedung ; (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun. 8, Herman Kurnianto, D., Teoretis dan Terapan Bidan*
- [8] SNI, 1727:2020. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*, 8, 1–336.
- [9] SNI, 2847:2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). *Standar Nasional Indonesia (SNI)*, 8, 653–659.
- [10] Wahyuningtyas, W. T., Krisnamurti, K., & Afrida, I. (2020). Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum. *Berkala Sainstek*, 8(4), 132. <https://doi.org/10.19184/bst.v8i4.18157>