

EVALUASI DESAIN STRUKTUR DENGAN SNI 1726:2019 DAN SNI 2847:2019 PADA GEDUNG 4 LANTAI

(Evaluation Of Structural Design With SNI 1726:2019 And SNI 2847:2019 For A 4-Story Building)

Bagas Ardian Putra¹, Resti Nur Arini¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: bardianp752@gmail.com

Diterima 25 Oktober 2023, Disetujui 10 November 2023

ABSTRAK

Kota Semarang sebagai salah satu kota pelajar di Indonesia terus melakukan pembangunan rumah susun mahasiswa guna mengakomodir fasilitas mahasiswa salah satunya Rusun XYZ Semarang yang dibangun pada tahun 2022 namun perencanaannya pada tahun 2017 sehingga belum menggunakan SNI 1726: 2019 dan SNI 2847: 2019 meskipun pelaksanaannya tahun 2022. Dalam proses mendapatkan kepastian kelayakan keamanan struktur yang terbangun perlu dilakukan evaluasi menggunakan SNI terbaru. Evaluasi dilakukan guna mendapatkan mengetahui kelayakan struktur akibat gempa, menganalisis dimensi struktur, menganalisis penulangan struktur, serta menganalisis tinjauan perkuatan struktur yang diperlukan akibat penerapan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Metode yang digunakan ialah melakukan re-modelling pada SAP2000 yang berdasarkan gambar kerja yang didapatkan dari konsultan pengawas dan menghitung ulang mengikuti beberapa tinjauan sesuai dengan SNI 1726: 2019 dan SNI 2847: 2019. Hasil yang didapatkan berupa kelayakan struktur terhadap beberapa resiko keruntuhan akibat gempa dan tabel cross check hitungan antara kuat rencana struktur dengan gaya dalam yang terjadi pada proses permodelan menggunakan SAP2000. Dari hasil yang diperoleh masih dalam kondisi struktur kolom, balok serta pelat masih memiliki kelayakannya setelah ditinjau menggunakan SNI 2847:2019, serta pengecekan desain existing masih dalam kategori layak ketahanan gempa yang ditinjau terhadap penskalaan gempa diatas 85%, ketidakberaturan horizontal dan vertikal, simpangan antar lantai dan P-delta. Serta pada review terhadap performance level rumah susun XYZ Semarang dalam kategori kinerja Immediate Occupancy dikarenakan hasil perhitungan yang didapatkan terhadap drift ratio > 1% yaitu tidak ada kerusakan pada komponen struktur, hanya kerusakan minor pada komponen non struktur. Sehingga bangunan masih aman untuk difungsikan.

Kata kunci: SNI 1726: 2019, SNI 2847: 2019, Gempa, Penulangan.

ABSTRACT

Semarang City, as one of the student cities in Indonesia, continues to develop student dormitories to accommodate student facilities, including the Universitas XYZ Semarang Dormitory, which was built in 2022, although its planning was done in 2017, which means it was not built following the latest Indonesian National Standards (SNI) 1726:2019 and SNI 2847:2019, even though the construction took place in 2022. To ensure the structural safety of the building, an evaluation needs to be conducted using the latest SNI standards. The evaluation aims to assess the structural integrity against earthquake risks, analyze the structural dimensions, analyze the reinforcement of the structure, and evaluate any necessary structural strengthening due to the implementation of SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. The method used is to perform re-modeling in SAP 2000 based on the construction drawings obtained from the supervising consultant and recalculate according to the objectives specified in SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. The results obtained include the structural adequacy against various earthquake-induced collapse risks and cross-check tables comparing the design strength of the structure with the internal forces obtained from the modeling process using SAP2000. Based on the results, it is found that the columns, beams, and slabs of the structure still have their integrity intact after being evaluated using SNI 2847:2019. The existing design also meets the criteria for earthquake resistance, considering earthquake scaling above 85%, horizontal and vertical irregularities, inter-story drift, and P-delta effects. Additionally, a review of the performance level of the XYZ Semarang Dormitory indicates that it falls under the "Immediate Occupancy" category, as the drift ratio obtained is less than 1%, meaning there is no damage to the structural components and only minor damage to non-structural components. Therefore, the building is still safe for occupancy.

Keywords: SNI 1726: 2019, SNI 2847: 2019, Earthquake, Reinforcement

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu kota Semarang telah berkembang menjadi wilayah dengan peningkatan secara signifikan untuk perantaraan mahasiswa guna menimba ilmu, melalui data 2020 kota Semarang merupakan salah satu dari tiga daerah yang dinobatkan jadi 'Kota Mahasiswa' atau 'City of Intellectual' [1]. Hal tersebut menjadi salah satu pendorong perlunya fasilitas penunjang mahasiswa khususnya tempat tinggal dengan lingkungan pendidikan yang baik salah satunya kebutuhan Pembangunan Rusun Mahasiswa di kota Semarang.

Rusun Mahasiswa merupakan salah satu alternatif hunian yang dapat diberikan kepada mahasiswa selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, dengan adanya rusun mahasiswa, diharapkan mahasiswa dapat lebih fokus dalam menempuh pendidikan dan mengembangkan diri secara akademik dan non-akademik tanpa terbebani oleh masalah hunian. Dalam menjawab permasalahan tersebut Pemerintah melalui kementerian PUPR terus berupaya untuk meningkatkan sumber daya manusia (SDM) generasi muda Indonesia dengan membangun rumah susun (rusun) bagi mahasiswa.

Perencanaan gedung rumah susun 4 lantai harus meninjau beberapa aspek secara teknis untuk mendapatkan bangunan yang nyaman, aman & fungsional. merupakan kategori Gedung bertingkat di daerah rawan gempa, kota Semarang merupakan kategori Desain Seismik D (KDS D) [3]. Sehingga perancangannya perlu menggunakan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) yang mewajibkan pada lokasi bangunan bertingkat yang berada di kategori desain seismik D, E, dan F [4].

Rumah susun mahasiswa Universitas XYZ secara khusus dirancang pada tahun 2017 merupakan bangunan kategori Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan mengikuti ketentuan perencanaan pada SNI Gempa 03-1726-2012 dan SNI Beton Bertulang 03-2847-2013, dengan masa pelaksanaan pembangunan tahun 2022 yang tentunya memiliki jarak 5 tahun antara perancangan dengan pelaksanaan maka perlu ditinjau dilakukan peninjauan SNI kembali terkait bangunan Gedung bertingkat struktur beton bertulang setelah terjadi beberapa pembaharuan terbaru.

Dalam pendalaman informasi lebih lanjut Badan Standarisasi Nasional (BSN) pada tahun 2019 telah menerbitkan landasan perencanaan terbaru terkait bangunan gedung dengan munculnya SNI Gempa 03-1726-2019 dan SNI Beton Bertulang 03-2847-2019 yang diharapkan dapat digunakan untuk landasan mendesain suatu struktur bangunan baru. Dengan adanya SNI terbaru tentunya perlu dilakukan kajian terhadap bangunan yang dirancang menggunakan SNI lama, pada kasus ini Rumah Susun Universitas XYZ yang pelaksanaannya pada tahun 2022 masih menggunakan SNI Gempa 03-1726-2012 dan SNI Beton Bertulang 03-2847-2013 kualitas, keamanan, dan keselamatan pelaksanaan pembangunan Gedung tersebut.

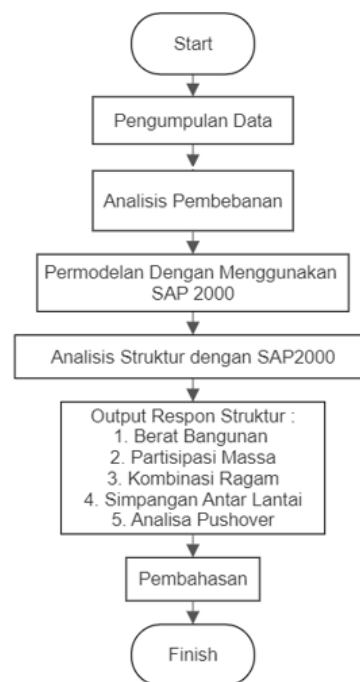
Melalui perancangan sebelumnya Gedung beton bertulang menggunakan SNI 2847-2002, SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 diketahui bahwa terdapat beberapa

parameter perencanaan yang mengalami perubahan pada analisa struktur balok dan kolom diantaranya yaitu nilai distribusi tegangan beton β_1 , rasio tulangan maksimum, faktor reduksi kekuatan, gaya geser, persyaratan jarak maksimum tulangan geser, persyaratan luas tulangan *transversal* pada kolom serta persyaratan panjang lo daerah sendi plastis untuk kolom [5].

Dari beberapa tinjauan yang telah dikemukakan tentunya menjadi pertimbangan menarik terkait perlunya Analisa komparasi untuk proyek pembangunan Gedung rusun mahasiswa Universitas XYZ Menggunakan Peraturan SNI 03-2847-2013 & SNI 03-1726-2012 Dengan SNI 03-2847-2019 & SNI 03-1726-2019.

METODE

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam penyusunan penelitian ini yaitu melakukan evaluasi desain struktur dengan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 pada gedung 4 Lantai dengan Langkah-langkah sebagai berikut:

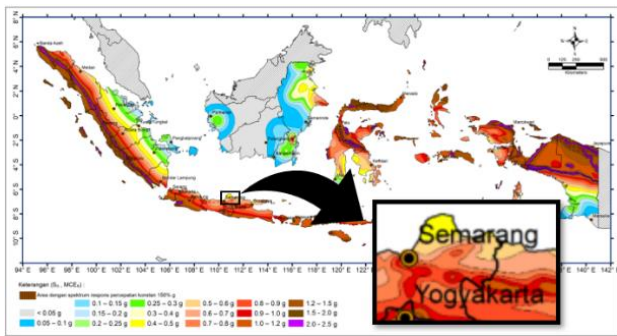


Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

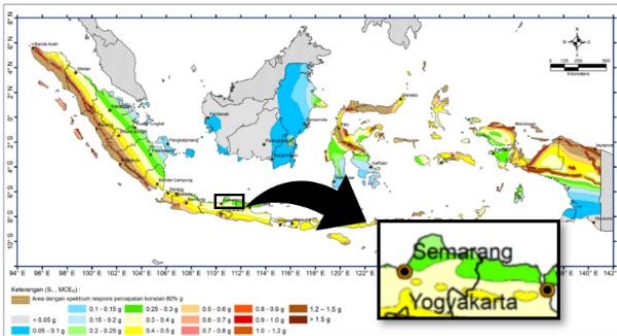
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Parameter Beban Gempa

Parameter gempa ditentukan dengan mengikuti peraturan ke gempa yang masuk kedalam SNI 1726:2019.



Gambar 2. Ss pada SNI 03-1726-2019 Wilayah kota Semarang



Gambar 3. S1 pada SNI 03-1726-2019 Wilayah kota Semarang.

Dikarenakan telah diketahui hasil pembacaan peta parameter pergerakan tanah dari SNI 03-1726 2019 dengan hasil $S_s = 1,2$, $S_1 = 0,4$, $F_a = 0,9$ dan $F_v = 2,4$ serta mengetahui jenis tanah kelas situs SE (Tanah Lembek) yang didapatkan dari pendekatan data tanah proyek terdekat dari proyek pembangunan Rumah Susun XYZ wilayah Semarang, Maka dapat dilanjutkan perhitungan kelas situs sebagai berikut:

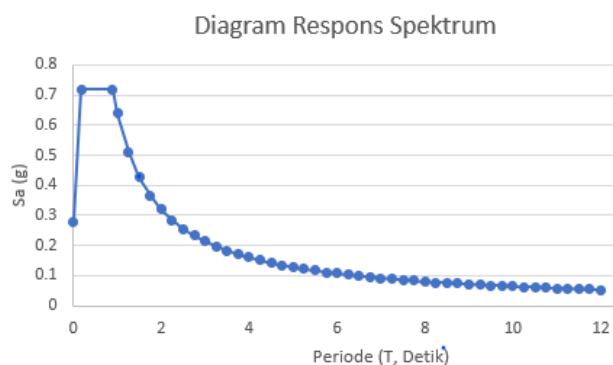
Parameter Sms dan SDS

- $SM_s = F_a \times S_s = 0,9 \times 1,2 = 1,08$
- $SM_1 = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,4 = 0,96$

Respon Spektra Percepatan Desain SDS dan SD1

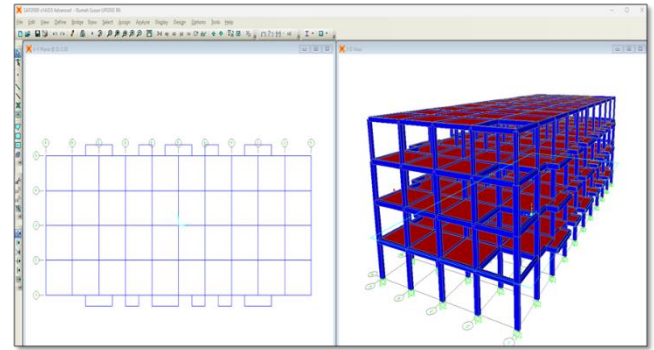
- $SD_s = 2/3 \times SM_s = 2/3 \times 1,08 = 0,72$
- $SD_1 = 2/3 \times SM_1 = 0,64$

Hasil perhitungan respon spektrum yang memperhatikan parameter-parameter diatas, diperoleh grafik respon spektrum sebagai berikut

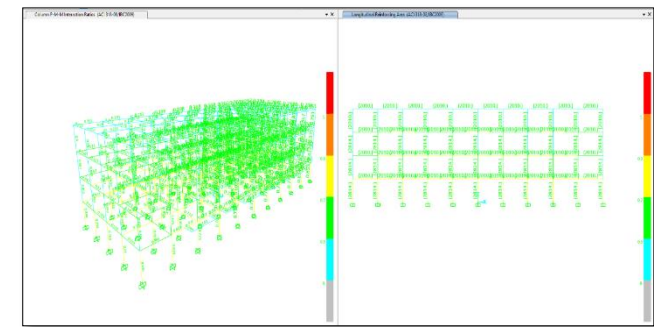


Gambar 4. Respon Spektrum Gempa Rumah Susun XYZ kota Semarang.

Evaluasi Perhitungan Struktur Dengan Sap2000



Gambar 5. Modeling Struktur Rumah Susun



Gambar 6. Running Check Of Structures pada SAP2000

Pada *Running Check of Structure* menggunakan SAP2000 diperoleh hasil bahwa kondisi stress ratio dibawah < 1 sehingga struktur bangunan eksisting masih layak ditinjau sesuai ketentuan reduksi ijin (ϕ) pasal 21 SNI 2847-2019.

Evaluasi Persyaratan Kuat Gempa

a) Periode Fundamental Struktur Bangunan
Periode fundamental bangunan yang dihasilkan dari running program SAP2000 sebagai berikut:

Tabel 1. Modal Participating Mass Ratio bangunan

Mode	Periode	UX	UY	UZ	RZ
1	0.91	0.84	0.00	0.00	0.00
2	0.79	0.00	0.79	0.00	0.00
3	0.74	0.00	0.00	0.00	0.79
4	0.31	0.10	0.00	0.00	0.00
5	0.28	0.00	0.12	0.00	0.00
6	0.26	0.00	0.00	0.00	0.11
7	0.18	0.04	0.00	0.00	0.00
8	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00

Berdasarkan table disimpulkan:

1. Mode 1: 0,912 detik, translasi searah sumbu X
2. Mode 2: 0,785 detik, translasi searah sumbu Y
3. Mode 3: 0,976 detik, translasi arah rotasi

Melalui SNI 1726: 2019, syarat periode fundamental harus dibatasi minimum & maksimum sebagai berikut:

$$T_{min} = T_a = C_t \times h_{nx}$$

$$T_{min} = 0,0466 \times 13,740,9$$

$$T_{max} = T_a \times C_u$$

$$T_{max} = 0,493 \times 1,4$$

$T_{min} = 0,493$ detik

$T_{max} = 0,6902$ detik

Dari output didapatkan bahwa periode fundamental yaitu sebesar 0.912 detik, dimana $T_{min} < T_{program} > T_{max}$, maka digunakan 0.912detik. Dari hasil yang diperoleh perlu dilakukan pengecekan terhadap untuk keseluruhan persyaratan keamanan ketahanan gempa berdasarkan SNI 1726: 2019 untuk mengetahui keamanan terhadap gempa untuk desain bangunan eksisting.

b) Periode Fundamental Struktur Bangunan

Geser dasar seismik dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$V = C_s \cdot W$$

Perhitungan koefisien respon seismik arah X

Berdasarkan SNI 1726: 2019, dihitung dengan persamaan:

$$C_s = \frac{SDS}{R} \cdot \frac{I_e}{1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$C_s = \frac{0,72}{\frac{8}{1}}$$

$$C_s = 0,09$$

Beberapa ketentuan memerlukan perhitungan untuk mengambil nilai C_s yang digunakan dengan batasan maksimal dan minimal.

$$C_{smin} = \frac{SD1}{Tx(\frac{R}{I_e})} \quad C_{smax} = 0,44 \times SDS \times I_e$$

$$C_{smin} = \frac{0,64}{0,912 \times \frac{8}{1}} \quad C_{smax} = 0,44 \times 0,72 \times 1$$

$$C_{smin} = 0,0877 \quad C_{smax} = 0,0312$$

Dikarenakan hasil C_{spakai} diperoleh lebih besar dari C_{smax} maka digunakan C_s sebesar 0,09. Sehingga nilai gaya dasar seismik yang diterima:

$$V = C_s \cdot W \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$V = 0,09 \times 24063.743 \text{ kN}$$

$$V = 2165.736 \text{ kN}$$

Guna mendapatkan nilai koefisien K dengan ketentuan $T < 0,5$ maka K dapat diasumsikan sama dengan 1, dan apabila $T > 2,5$ maka K diasumsikan sama dengan 2. Periode running program SAP2000 adalah 0.912 sehingga nilai koefisien K harus dilakukan proses interpolasi sehingga diperoleh nilai sebesar 1,2

Setelah didapatkan parameter maka dihitung besaran dasar seismik seperti berikut:

Tabel 2. perhitungan Gaya Geser Dasar Seismik Arah X

Lantai	Tinggi dari lantai		berat	momen	lateral
	H	h^k	W	$W \times h^k$	F_x
	M	m	kN	kN - m	kN
Lantai 4	13.6	16.32	3696.008	60318.85	576.7039
Lantai 3	10.2	12.24	6789.245	83100.36	794.5161
Lantai 2	6.8	8.16	6789.245	55400.24	529.6774
Lantai 1	3.4	4.08	6789.245	27700.12	264.8387
				226519.6	2165.715

Tabel 3. perhitungan Gaya Geser Dasar Seismik Arah Y

Lantai	Tinggi dari lantai		berat	momen	lateral
	H	h^k	W	$W \times h^k$	F_y
	M	m	kN	kN - m	kN
Lantai 4	13.6	16.32	3696.008	60318.85	576.7039
Lantai 3	10.2	12.24	6789.245	83100.36	794.5161
Lantai 2	6.8	8.16	6789.245	55400.24	529.6774
Lantai 1	3.4	4.08	6789.245	27700.12	264.8387
				226519.6	2165.715

c) Perhitungan Penskalaan Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726: 2019, Persyaratan penskalaan gaya gempa diatur dengan membandingkan V statis bangunan dengan menggunakan *base shear* (V dinamis) yang diperoleh dari SAP2000. Pada tahapan berikut $V_{dinamis}$ harus memenuhi 100% V_{statis} maka harus dilakukan pengecekan berikut.

Tabel 4. Gaya geser dasar statik dan dinamik gedung

	Dinamik	Statik	1.00xStati	Kontrol	Fakto
Base Shear	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	k Geser Dasar	$V_d > 1$	r Skala
X-Direction	2165.715	787.39	787.39	Tidak OK	2.75
Y-Direction	2165.715	738.984	738.984	Tidak Ok	2.93

Dari tabel 4. dapat diketahui hasil kontrol dari $V_{dinamik}$ dan V_{statik} bahwa gedung tidak masuk pada kontrol izin, sehingga pada gedung tersebut dapat dievaluasi untuk dilakukan perbesaran dimensi pada struktur gedung tersebut dan diperoleh factor skala perbesaran pada arah x sebesar 2.75 dan arah y sebesar 2.93.

d) Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal 1a & 1b.

Pengecekan ketidakberaturan pada 1a dan 1b merupakan hasil dari nilai displacement joint kolom akibat gempa arah x maupun sumbu y. hasil yang digunakan merupakan kombinasi *envelope* dimana mempertimbangkan factor torsi sebesar 5% pada kedua arah.

Tabel 5. Ketidakberaturan Horizontal 1a & 1b Arah X

Lt.	δA (m)	δB (m)	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\frac{\Delta_{avg}}{\Delta_{max}}$	Status
4	0.049	0.049	0.010	0.010	0.010	0.010	0.995	Reguler
3	0.040	0.041	0.010	0.010	0.010	0.010	0.996	Reguler
2	0.028	0.028	0.020	0.020	0.020	0.020	0.998	Reguler
1	0.012	0.012	0.010	0.010	0.010	0.010	0.997	Reguler

Tabel 6. Ketidakberaturan Horizontal 1a & 1b Arah Y

Lt.	δA (m)	δB (m)	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{avg}/\Delta_{max}$	Status
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	Reguler
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Reguler
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.917	Reguler
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.886	Reguler

e) Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal X dan Y.

Pengecekan membandingkan kekakuan arah lateral antar lantai merupakan upaya rekapitulasi ketidakberaturan vertikal x dan y pada arah yang ditinjau.

Tabel 7. perhitungan Ketidakberaturan Vertikal X

Lt.	Z (mm)	Vx (kN)	U1 (m)	Δ (m)	K (kN/m)	Cek (70%)	Cek (80%)
4	13520	1.0	0.05	0.01	114.8	0.0	ok
3	10140	2.0	0.04	0.01	160.0	80.4	Ok
2	6760	3.0	0.03	0.02	185.1	112.0	Ok
1	3380	4.0	0.01	0.01	327.8	129.6	ok

Tabel 8. perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Y

Lt.	Z (mm)	U1 (m)	Δ (m)	K (kN/m)	Cek (70%)	Cek (80%)
4	13520	4.964E-07	9.46E-08	10570824	0	ok
3	10140	4.018E-07	8.86E-08	22573363	7399577	ok
2	6760	3.132E-07	1.179E-07	25445292	15801354	ok
1	3380	1.953E-07	1.953E-07	20481310	17811704	ok

f) Perhitungan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai memiliki ijin (Δ_{ijin}) dengan mengikuti sistem pemikul rangka khusus untuk kategori resiko II berdasarkan SNI 1726 :2019 dengan ketentuan

$0,02x \text{ h}_{sx}$, pada proses mendapatkan antar lantai (Δ_{ijin}) menggunakan bantuan program SAP2000 dikalikan dengan perbesaran defleksi (Cd). Berikut ini hasil rekapitulasi menggunakan aplikasi SAP2000 untuk simpangan lantai.

Tabel 9. Simpangan Antar Lantai arah X

Lt.	P (kN)	Vx (kN)	δ_{total} (m)	δ_{Ex} (m)	Δ_{Ex} (m)	Δ_{ijin} (m)	Cek
1	26908.93	1627.136	0.012312	0.06772	0.067716	0.2704	ok
2	11754.9	1929.136	0.028698	0.15784	0.090123	0.2704	ok
3	4177.93	1410.07	0.041361	0.22749	0.069647	0.2704	ok
4	167.798	660.491	0.050212	0.27617	0.048681	0.2704	ok

Tabel 10. Simpangan Antar Lantai arah Y

Lt.	P (kN)	Vy (kN)	δ_{total} (m)	δ_{Ey} (m)	Δ_{Ey} (m)	Δ_{ijin} (m)	Cek
1	26908.926	1452.375	0	0.03796	0.037961	0.2704	ok
2	11754.93	1929.136	0.006902	0.10093	0.0629695	0.2704	ok
3	4177.931	1410.07	0.018351	0.15729	0.056364	0.2704	ok
4	167.798	660.491	0.028599	0.21140	0.054109	0.2704	ok

g) Perhitungan P-Delta

Pengecekan ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas struktur yang direncanakan, pada pengecekannya koefisien stabilitas (θ) yang diperoleh

harus dibawah koefisien stabilitas maksimum (θ_{max}) karena jika melebihi nilai tersebut maka struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang. Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan koefisien stabilitas pada bangunan.

Tabel 11. perhitungan koefisien stabilitas pada bangunan arah x

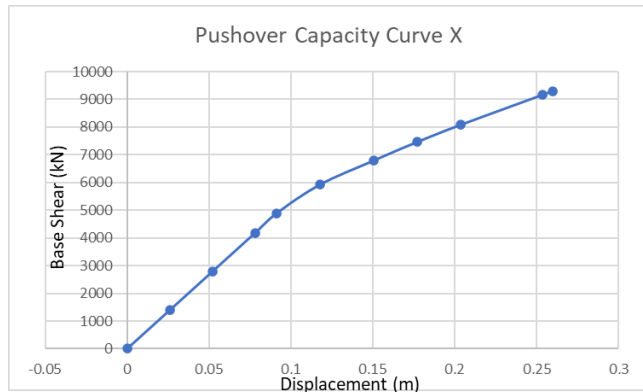
Lt.	P (kN)	V3 (kN)	h_{sx} (m)	Δ_{Ey} (m)	Cd	θ_{Ey} (m)	θ_{max} (m)	Cek
1	26908.93	1452.375	3.38	0.037961	5.5	0.03783	0.1	ok
2	11754.93	1851.375	3.38	0.0629695	5.5	0.01075	0.1	ok
3	4177.931	1391.931	3.38	0.056364	5.5	0.00303	0.1	ok
4	167.798	666.214	3.38	0.054109	5.5	0.00018	0.1	ok

Tabel 12. perhitungan koefisien stabilitas pada bangunan arah y.

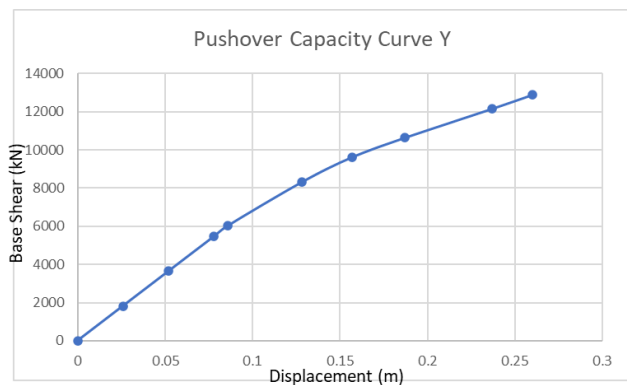
Lt.	P (kN)	V2 (kN)	$h^{sx}(m)$	$\Delta Ex (m)$	Cd	$\theta Ex (m)$	$\theta_{max} (m)$	Cek
1	26908.93	1627.136	3.38	0.067716	5.5	0.06023	0.1	ok
2	11754.93	1929.136	3.38	0.090123	5.5	0.02954	0.1	ok
3	4177.931	1410.07	3.38	0.0696465	5.5	0.01110	0.1	ok
4	167.798	660.491	3.38	0.0486805	5.5	0.00066	0.1	ok

h) Perhitungan Analisa *Pushover*

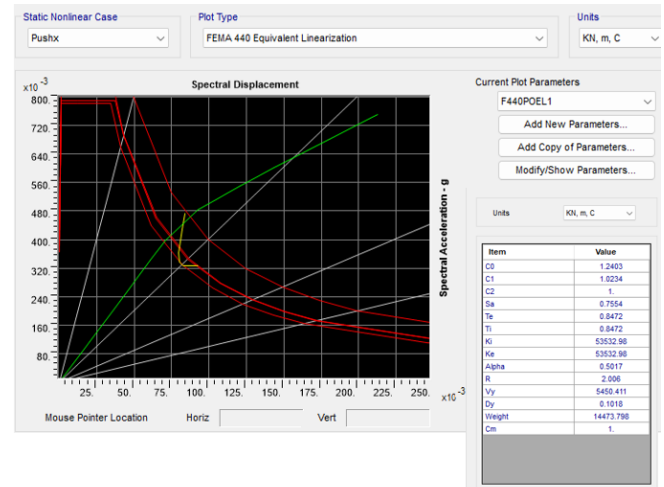
Analisis *pushover* dibantu menggunakan SAP2000 pada gedung Rumah Susun Universitas XYZ, mendapatkan hasil berupa kurva *pushover* yang tertampil pada gambar 4. Pada arah sumbu x dan gambar 7 Pada arah sumbu X.

**Gambar 7.** kurva *pushover* arah sumbu X

Pada kurva *pushover* sumbu x disimpulkan nilai displacement dan base force pada saat leleh diperoleh $D = 0.17 \text{ m}$ dan $V = 7280 \text{ kN}$.

**Gambar 8.** kurva *pushover* arah sumbu Y

Pada kurva *pushover* sumbu y disimpulkan nilai displacement dan base force pada saat leleh diperoleh $D = 0.153 \text{ m}$ dan $V = 9457 \text{ kN}$.

**Gambar 9.** Gambar kurva performance level arah x

Dari gambar 9 perhitungan target perpindahan dengan rumusan sebagai berikut:

$$S_a = \frac{0.42}{T} = \frac{0.42}{0.912} = 0.46g$$

Target displacement

$$\delta_T = C_o C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

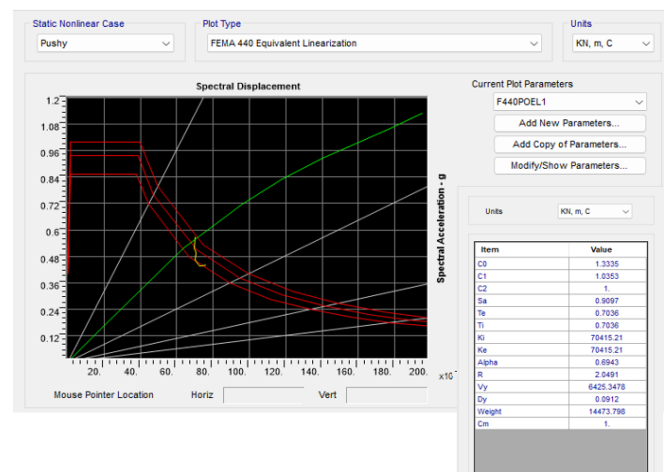
$$\delta_T = 1.2403 \times 1.0234 \times 1 \times 1 \times 0.7554 \times \frac{0.8472^2}{4\pi^2}$$

$$\delta_T = 0.0174 \text{ m}$$

dari hasil tersebut persamaan *drift ratio* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Drift ratio} &= \frac{\text{Displacement}}{\text{Height of Structure}} \\ &= \frac{0.0174 \text{ m}}{13.52 \text{ m}} \\ &= 0.00128 \end{aligned}$$

Hasil *drift ratio* sebesar 0.00128, maka disimpulkan level kinerja IO (*Immediate Occupancy*) yaitu tidak ada kerusakan pada komponen struktur, hanya kerusakan minor pada komponen non struktur. Sehingga bangunan masih aman untuk difungsikan.

**Gambar 10.** Gambar kurva performance level arah y

Dari gambar 10. perhitungan target perpindahan dengan rumusan sebagai berikut:

$$S_a = \frac{0,42}{T} = \frac{0,42}{0,912} = 0,46g$$

Target displacement

$$\delta_T = C_o C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

$$\delta_T = 1,3335 \times 1,0353 \times 1 \times 1 \times 0,9097 \times \frac{0,7036^2}{4\pi^2}$$

$$\delta_T = 0,0157 \text{ m}$$

Dari hasil tersebut persamaan *drift ratio* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Drift ratio} &= \frac{\text{Displacement}}{\text{Height of Structure}} \\ &= \frac{0,0157 \text{ m}}{13,52 \text{ m}} \\ &= 0,00166 \end{aligned}$$

Hasil *drift ratio* sebesar 0,00166, maka disimpulkan level kinerja IO (*Immediate Occupancy*) yaitu tidak ada kerusakan pada komponen struktur, hanya kerusakan minor pada komponen non struktur. Sehingga bangunan masih aman untuk difungsikan.

Kontrol Kekuatan Penulangan Kolom

a. Kontrol Kekuatan Penulangan Kolom 300x500

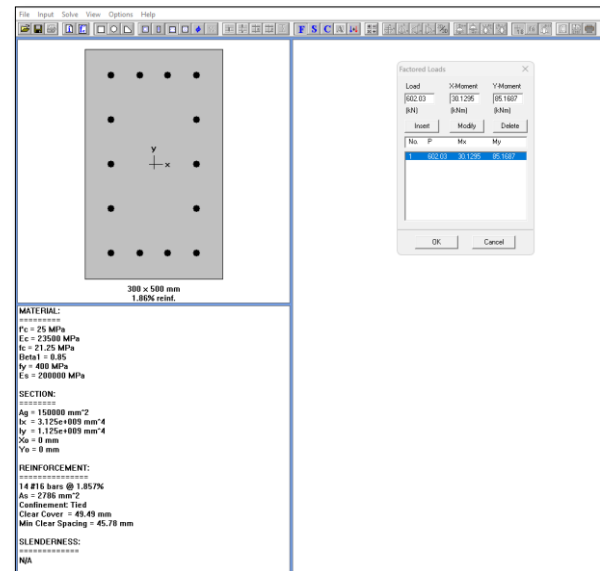
1. Perhitungan Diagram Interaksi menggunakan SPColoum

Gaya Dalam kolom 300 x 500, yang didapatkan merupakan output permodelan pembebanan 3D pada aplikasi SAP2000. Dimana PU diambil terbesar dari beban 1, Mx terbesar dari beban 2, serta My terbesar dari beban 3.

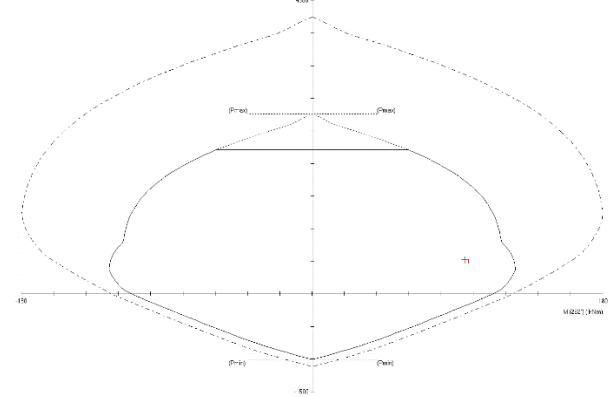
Tabel 13. Gaya Dalam pada kolom Kolom 300 x 500

Story	Column	Output Case	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
1	37	1,2D + 1,2SDL + 1,6 LL	172.99	30.129	85.168

Berikut input beban pada program SPColumn yang didapat hasil perhitungan beban pada permodelan aplikasi SAP2000.



Gambar 11. Input Beban Properti pada SPColumn



Gambar 12. Diagram Interaksi Kolom K.300.500

Pada hasil *excute* beban pada aplikasi SPColumn dapat diketahui bahwa beban P terbesar yang dihasilkan dapat dipikul menggunakan K.300.500 dengan penulangan 14D16 dengan $\rho = 1,857\%$.

2. Perhitungan Cek Kapasitas kuat geser tulangan sengkang.

➤ Menentukan ϕV_c

Berdasarkan SNI 2847: 2019, komponen pada struktur nonprategang dengan beban aksial tekan perlu memenuhi persyaratan $\phi V_c > V_u$ sebagai berikut.

$$\bullet V_u = 43 \text{ kN (Output SAP2000)}$$

$$\bullet V_c = \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g}\right) \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{F_c}\right) \cdot b_w \cdot d$$

$$= 157,74 \text{ kN}$$

$$\bullet \phi V_c = 0,75 \times 157,74 \text{ kN} = 118,31 \text{ kN}$$

Maka $\phi V_c > V_u$... (Aman)

Sehingga tulangan sengkang yang terpasang memenuhi dengan cek kapasitas kuat geser ijin SNI 2847: 2019.

3. Evaluasi kontrol desain penulangan kolom 300 x 500.

Melalui hasil cek kontrol kekuatan penulangan kolom 300 x 500 guna evaluasi

desain struktur kolom yang telah dilaksanakan pembangunan, maka dilakukan kontrol berdasarkan SNI 2847: 2019. Dari beberapa tinjauan diperoleh kesimpulan tulangan 14D16 sebesar $\rho = 1.86\%$ yang telah terpasang mampu menahan beban P terbesar -834.713 kN sehingga tulangan utama dinyatakan aman, serta untuk tulangan Sengkang dikontrol berdasarkan kuat geser maksimum (V_u) pada hasil running SAP2000 (V_u) < Kuat geser Ijin maksimum dari perhitungan (V_c). Perhitungan di tabelkan sebagai berikut.

Tabel 14. komparasi cek control perhitungan penulangan kolom 500x300

Kolom 500x300	SAP2000	Check / Kontrol	Status
Mux	35.21	43.60	Aman
Muy	-87.98	-108.94	Aman
Vc	43 kN	118,31 kN	Aman

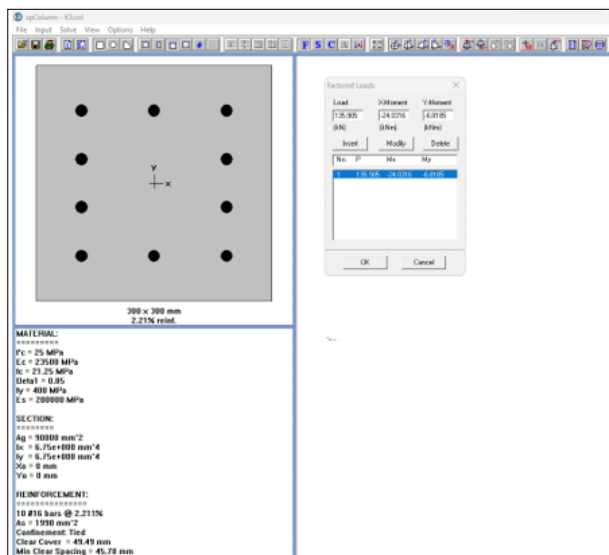
b. Kontrol Kekuatan Penulangan Kolom 300x300

1. Perhitungan Diagram Interaksi menggunakan SPColum.

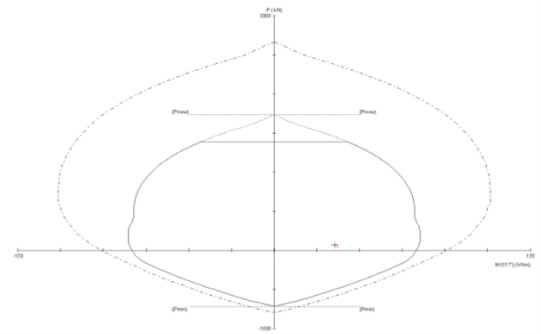
Tabel 15. Gaya Dalam pada kolom Kolom 300 x 500

Stor y	Column	Output Case	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
1	68	1.34D+1.34SDL+LL+ 1 Edy + 0.3 Edx	-135.2	-24.0316	6.8185

Berikut input beban pada program SPColum yang didapat hasil perhitungan beban pada permodelan aplikasi SAP2000.



Gambar 13. Input Beban Properti pada SPColum



No.	Demand			Capacity			Parameters at Capacity			Capacity	
	Pu	Mux	Muy	φPu	φMux	φMuy	NA Depth	εt	φ	Ratio	
	kN	kNm	kNm	kN	kNm	kNm	mm				
1	135.90	-24.03	-6.82	0.00	-66.24	-18.79	116	0.00466	0.872	0.37	

Gambar 14. Diagram Interaksi Kolom K.300.300

Pada hasil *excute* beban pada aplikasi SPColum dapat diketahui bahwa beban P terbesar yang dihasilkan dapat dipikul menggunakan K.300.300 dengan penulangan 10D16 dengan $\rho = 2,12\%$

2. Perhitungan Cek Kapasitas kuat geser tulangan sengkang .

➤ Menentukan ϕV_c

Berdasarkan SNI 2847 : 2019, komponen pada struktur nonprategang dengan beban aksial tekan perlu memenuhi persyaratan $\phi.V_c > V_u$ sebagai berikut.

- $V_u = 43$ kN (Output SAP2000)

$$V_c = \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g}\right) \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{F_c}\right) \cdot b_w \cdot d$$

$$= 157.74 \text{ kN}$$

- $\phi.V_c = 0.75 \times 157.74 \text{ kN} = 118,31 \text{ kN}$

Maka $\phi.V_c > V_u$... (Aman)

Sehingga tulangan sengkang yang terpasang memenuhi dengan cek kapasitas kuat geser ijin SNI 2847 : 2019.

3. Evaluasi kontrol desain penulangan kolom 300 x 300.

Melalui hasil cek kontrol kekuatan penulangan kolom 300 x 300 guna evaluasi desain struktur kolom yang telah dilaksanakan pembangunan, maka dilakukan kontrol berdasarkan SNI 2847: 2019. Dari beberapa tinjauan diperoleh kesimpulan tulangan 14D16 sebesar $\rho = 2,12\%$ yang telah terpasang mampu menahan beban P terbesar -135.20kN. sehingga tulangan utama dinyatakan aman, serta untuk tulangan Sengkang dikontrol berdasarkan kuat geser maksimum (V_u) pada hasil running SAP2000 (V_u) < Kuat geser Ijin maksimum dari perhitungan (V_c). Perhitungan di tabelkan sebagai berikut

Tabel 16. komparasi cek control perhitungan penulangan kolom 300x300

Kolom 300x300	SAP2000	Check / Kontrol	Status
Mux	-24,03 kNm	-66,24kNm	Aman
Muy	-6,8kNm	-18,79kNm	Aman
Vc	8.417 kN	54.40kN	Aman

Kontrol Kekuatan Penulangan Balok

a. Kontrol Kekuatan Penulangan Balok B1 (250 x 400)

Tabel 17. Gaya Dalam Balok B1

Momen Rencana positif akibat beban terfaktor (kNm)	M_u	= 35.2242
Momen Rencana Negatif akibat beban terfaktor (kNm)	M_u	= -
Gaya Geser Rencana akibat beban terfaktor (kNm)	V_u	= -51.51
Momen Torsi Rencana akibat beban terfaktor (kNm)	T_u	= 16.2728

1. Tulangan Momen Positif (Tulangan Tumpuan)

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 16 \times 16 \times 4 = 800,96$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 f_c \cdot b}$$

$$a = \frac{800,96 \times 400}{0,85 \times 25 \times 250} = 60,3075 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 800,96 \times 400 \times \left(343,5 - \frac{60,3075}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 110.051.894 \text{ Nmm} = 110.051 \text{ KNm}$$

Tahanan Momen balok

$$\phi M_n = 0,8 \times 110,51 \text{ KNm} = 88,040 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$88,040 > 35,2242 \dots \text{ AMAN}$$

2. Tulangan Momen Negatif (Tulangan Tumpuan)

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 16 \times 16 \times 4 = 800,96$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 f_c \cdot b}$$

$$a = \frac{800,96 \times 400}{0,85 \times 25 \times 250} = 60,3075 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 800,96 \times 400 \times \left(343,5 - \frac{60,3075}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 110.051.894 \text{ Nmm} = 110.051 \text{ KNm}$$

Tahanan Momen balok

$$\phi M_n = 0,8 \times 55,8 \text{ KNm} = 88,040 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$88,040 > 57,2144 \dots \text{ AMAN}$$

3. Menghitung Kuat Geser Beton

$$V_c = (0,16 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times 17 \times \rho_w) \times b \times d$$

$$V_c = (0,16 \times 1 \times \sqrt{25} \times 17 \times 0,00314) \times 250 \times 343,5$$

$$V_c = 73,663 \text{ kN}$$

$$V_{cmax} = V_c + 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$V_{cmax} = 73,663 + 0,66 \times \sqrt{25} \times 250 \times 343,5$$

$$V_{cmax} = 357,050 \text{ KN}$$

$$\phi V_{cmax} = 0,75 \times 357,050 = 267,787,875 \text{ kN}$$

Kuat Geser daerah tumpuan

$$A_{vaktual} = 0,25 \times 3,14 \times 10 \times 10 \times 2 = 157$$

$$V_{saktual} = \frac{A_{vaktual} \times F_{yt} \times d}{s}$$

$$V_{saktual} = \frac{157 \times 400 \times 343,5}{125} = 172,574 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi \times (V_{cmax} + V_{saktual})$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 0,75 \times (267,787,875 + 172,574) \text{ kN}$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 330,271 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{ (OK)}$$

Kuat Geser daerah lapangan

$$A_{vaktual} = 0,25 \times 3,14 \times 10 \times 10 \times 2 = 157$$

$$V_{saktual} = \frac{A_{vaktual} \times F_{yt} \times d}{s}$$

$$V_{saktual} = \frac{157 \times 400 \times 343,5}{175} = 123,267 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi \times (V_{cmax} + V_{saktual})$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 0,75 \times (267,787,875 + 123,267) \text{ kN}$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 391,055 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{ (OK)}$$

4. Evaluasi kontrol desain penulangan Balok 250 x 400.

Melalui hasil cek kontrol kekuatan penulangan balok induk 250 x 400 guna evaluasi desain struktur balok yang telah dilaksanakan pembangunan, maka dilakukan kontrol berdasarkan SNI 2847 : 2019. Dari beberapa tinjauan yang telah dihitung diperoleh kesimpulan tulangan 4D16 sebagai tulangan lapangan yang telah terpasang memiliki kapasitas setelah di cek kontrol perhitungan 88.040 kNm sehingga mampu menahan beban Momen+ terbesar 35.224 kN. lalu tulangan 4D16 sebagai tulangan tumpuan yang telah terpasang memiliki kapasitas setelah di cek kontrol perhitungan 88.040 kNm sehingga mampu menahan beban Momen+ terbesar 57.214 kN sehingga tulangan utama tumpuan dinyatakan aman, serta untuk tulangan Sengkang dikontrol berdasarkan kuat geser maksimum pada tumpuan dan lapangan (V_u) pada hasil running SAP2000 (V_u) < Kuat geser Ijin maksimum dari perhitungan (V_c). Perhitungan di tabelkan sebagai berikut.

Tabel 18. komparasi cek control perhitungan penulangan Balok 250X400

B1	SAP2000	Check / Kontrol	Status
Momen+	35.2242 kNm	88.040 KNm	Aman
Momen -	57.214 kNm	88.040 kNm	Aman
Geser Tumpuan (V_c)	51,51 kN	391.055 kN	Aman
Geser Lapangan (V_c)	51,51 kN	330,271 kN	Aman

b. Kontrol Kekuatan Penulangan Balok B2 (200 x 350)

Tabel 19. Gaya Dalam Balok B2

Momen Rencana positif akibat beban terfaktor (kNm)	M_u	14.43
	=	2
Momen Rencana Negatif akibat beban terfaktor (kNm)	M_u	21.83
	=	25
Gaya Geser Rencana akibat beban terfaktor (kNm)	V_u	19.51
	=	6
Momen Torsi Rencana akibat beban terfaktor (kNm)	T_u	0.02
	=	

1. Tulangan Momen Positif (Tulangan Tumpuan)

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 16 \times 16 \times 4 = 800,96$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 f_c \cdot b}$$

$$a = \frac{800,96 \times 400}{0,85 \times 25 \times 250} = 60,3075 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 800,96 \times 400 \times \left(343,5 - \frac{60,3075}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 110.051.894 \text{ Nmm} = 110.051 \text{ KNm}$$

Tahanan Momen balok

$$\phi M_n = 0,8 \times 110,51 \text{ KNm} = 88,040 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$88,040 > 14,432 \dots \text{ AMAN}$$

2. Tulangan Momen Negatif (Tulangan Tumpuan)

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 16 \times 16 \times 4 = 800,96$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 f_c \times b}$$

$$a = \frac{800,96 \times 400}{0,85 \times 25 \times 250}$$

$$= 60,3075 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 800,96 \times 400 \times \left(343,5 - \frac{60,3075}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 110.051.894 \text{ Nmm} = 110.051 \text{ KNm}$$

Tahanan Momen balok

$$\phi M_n = 0,8 \times 55,8 \text{ KNm} = 88,040 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$88,040 \geq 21,8325 \dots \text{ AMAN}$$

3. Menghitung Kuat Geser Beton

$$V_c = (0,16 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times 17 \times \rho_w) \times b \times d$$

$$V_c = (0,16 \times 1 \times \sqrt{25} \times 17 \times 0,00314) \times 250 \times 343,5$$

$$V_c = 73,663 \text{ kN}$$

$$V_{cmax} = V_c + 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_{cmax} = 73,663 + 0,66 \times \sqrt{25} \times 250 \times 343,5$$

$$V_{cmax} = 357,050 \text{ KN}$$

$$\phi V_{cmax} = 0,75 \times 357,050 = 267,787,875 \text{ kN}$$

Kuat Geser daerah tumpuan

$$A_{vaktual} = 0,25 \times 3,14 \times 10 \times 10 \times 2 = 157$$

$$V_{saktual} = \frac{A_{vaktual} \times F_{yt} \times d}{S}$$

$$V_{saktual} = \frac{157 \times 400 \times 343,5}{125} = 172,574 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi \times (V_{cmax} + V_{saktual})$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 0,75 \times (267,787,875 + 172,574) \text{ kN}$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 330,271 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Kuat Geser daerah lapangan

$$A_{vaktual} = 0,25 \times 3,14 \times 10 \times 10 \times 2 = 157$$

$$V_{saktual} = \frac{A_{vaktual} \times F_{yt} \times d}{S}$$

$$V_{saktual} = \frac{157 \times 400 \times 343,5}{175} = 123,267 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \phi \times (V_{cmax} + V_{saktual})$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 0,75 \times (267,787,875 + 123,267) \text{ kN}$$

$$51,51 \text{ kN} \leq 391,055 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

4. Evaluasi kontrol desain penulangan Balok 250 x 350

Melalui hasil cek kontrol kekuatan penulangan balok induk 200 x 350 guna evaluasi desain struktur balok yang telah dilaksanakan pembangunan, maka dilakukan kontrol berdasarkan SNI 2847 : 2019. Dari beberapa tinjauan yang telah dihitung diperoleh kesimpulan tulangan 4D16 sebagai tulangan lapangan yang telah terpasang memiliki kapasitas setelah di cek control perhitungan 88.040 kNm sehingga mampu menahan beban Momen+ terbesar 14.432 kN. lalu tulangan 4D16 sebagai tulangan tumpuan yang telah terpasang memiliki kapasitas setelah di cek control perhitungan 88.040 kNm sehingga mampu menahan beban Momen+ terbesar 21.832 kN sehingga tulangan utama tumpuan dinyatakan aman, serta untuk tulangan Sengkang dikontrol berdasarkan kuat geser maksimum pada tumpuan dan lapangan (V_u) pada hasil running SAP2000 (V_u) < Kuat geser Ijin maksimum dari

perhitungan (V_c). Perhitungan di tabelkan sebagai berikut..

Tabel 20. komparasi cek control perhitungan penulangan Balok 200 x350

B1	SAP2000	Check / Kontrol	Status
Momen+	14.432 kNm	88.040 KNm	Aman
Momen -	21.832 kNm	88.040 kNm	Aman
Geser Tumpuan (Vc)	19.516 kN	391.055 kN	Aman
Geser Lapangan (Vc)	19.516 kN	330,271 kN	Aman

Kontrol Penulangan Pelat Lantai

a) Penentuan Koefisien momen pelat

– Panjang bentang pendek (L_x) = 4.25 meter

– Panjang bentang panjang (L_y) = 4.25 meter

– $L_y/L_x = 1$

Dari $L_y/L_x = 1$ dan terjepit pelat 2 arah didapatkan koefisien momen pelat sebagai berikut.

Tabel Beton Bertulang Gideon diperoleh :

– Koefisien momen lapangan arah x (Cl_x) = 36

– Koefisien momen lapangan arah y (Cly) = 36

– Koefisien momen tumpuan arah x (Ctx) = 36

– Koefisien momen tumpuan arah y (Cty) = 36

b) Penentuan Momen Ijin Pelat Lantai

$M_u = 2,0866 \text{ kN/m}$ (Output SAP2000)

• Beban mati (Q_d)

– Berat sendiri pelat lantai = $24 \text{ kN/m}^3 \times 0,12 = 2,88 \text{ kN/m}^2$

– Berat finishing pelat lantai = $22 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 = 1,1 \text{ kN/m}^2$

– Berat keramik lantai = $2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 = 0,2 \text{ kN/m}^2$

– Berat plafond dan MEP = $0,5 \text{ kN/m}^2$

• Beban hidup (Q_L)

Beban hidup pada area publik yaitu $4,00 \text{ kN/m}^2$.

• Beban Rencana Terfaktor Q

$$Q_u = 1,2 \times Q_D + 1,6 \times Q_L$$

$$Q_u = 1,2 \times 4,68 + 1,6 \times 4,00$$

$$Q_u = 12,016 \text{ kN/m}^2$$

• Momen Pelat akibat Beban Terfaktor

– Momen lapangan arah X

$$(M_{lx}) = Cl_x \times 0,001 \times Q_u \times L \times 2 = 7,813 \text{ kN/m}$$

– Momen lapangan arah Y

$$(M_{ly}) = Cly \times 0,001 \times Q_u \times L \times 2 = 7,813 \text{ kN/m}$$

– Momen tumpuan arah X

$$(M_{tx}) = Ctx \times 0,001 \times Q_u \times L \times 2 = 7,813 \text{ kN/m}$$

– Momen lapangan arah Y

$$(M_{ty}) = Cty \times 0,001 \times Q_u \times L \times 2 = 7,813 \text{ kN/m}$$

– Maka diambil momen ultimit terbesar untuk perencanaan penulangan pelat lantai yaitu sebesar $7,813 \text{ kN/m}$.

c) Perhitungan Tulangan Perlu

– Faktor distribusi tegangan beton

Karena mutu beton yang digunakan $f'_{c30} \text{ MPa}$ maka nilai β_1 yaitu sebesar 0,85.

– Rasio tulangan pada kondisi balance

$$\rho_b = b_1 \times 0,85 \times f'_c / f_y \times 600 / (600 + f_y)$$

$$\rho_b = 0,85 \times 25/400 \times 600 / (600 + 400)$$

$$\rho b = 0,0038$$

– Faktor tahanan momen maksimum

$$R_{max} = 0.75 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}]$$

$$R_{max} = 6.5736$$

– Faktor tahanan momen yang terjadi

$$R_n = M_n \times 106 / (b \times d^2)$$

$$R_n = 1.45252$$

– Rasio tulangan perlu dan rasio tulangan minimum

$$\rho = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}]$$

$$\rho = 0.0038$$

$$\rho_{min} = 0.0025$$

Maka yang digunakan $\rho = 0.0038$

– Luas tulangan perlu

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d = 0.0038 \times 800 \times 1000 = 309 \text{ mm}$$

– Luas tulangan existing terpasang D10-200 :

$$A_{sterpasang} = \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times 1000}{200}$$

$$A_{sterpasang} = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} = 392 \text{ mm}$$

Jadi, dapat disimpulkan tulangan D10-200 memenuhi untuk memikul beban yang terjadi pada pelat.

d) Evaluasi kontrol desain pelat lantai

Dari hasil analisis penulangan rumah susun mahasiswa XYZ Semarang dapat menggunakan D10-200 untuk tumpuan arah x dan y serta lapangan arah x dan y.

Tabel 21. komparasi cek control perhitungan penulangan pelat lantai

Pelat Lantai	SAP2000	Check/ Kontrol	Status
Momen lapangan arah X	2.0866 kN/m	7.813 kN/m	Aman
Momen lapangan arah Y	2.0866 kN/m	7.813 kN/m	Aman
Momen Tumpuan arah X	2.0866 kN/m	7.813 kN/m	Aman
Momen Tumpuan arah Y	2.0866 kN/m	7.813 kN/m	Aman

KESIMPULAN

Pada kesimpulan yang telah diambil pada proses penelitian sebagai berikut. Evaluasi desain struktur rumah susun mahasiswa XYZ dengan mengacu SNI 2847 :2019, diperoleh hasil bahwa desain existing kolom, balok dan pelat lantai masih layak digunakan terhadap tinjauan output gaya dalam hasil pembebanan yang memenuhi syarat kontrol kapasitas kekuatan penampang dan kekuatan penulangan. Pada evaluasi desain struktur rumah susun mahasiswa XYZ dengan mengacu SNI 1726 : 2019 diperoleh hasil bahwa desain existing masih dalam kategori layak ketahanan gempa yang ditinjau terhadap penskalaan gempa diatas 85%, ketidakberaturan horizontal dan vertikal, simpangan antar lantai dan P-delta. Serta pada review terhadap performance level rumah susun XYZ dalam kategori kinerja *Immediate Occupancy* yaitu tidak ada kerusakan pada komponen

struktur, hanya kerusakan minor pada komponen non struktur. Sehingga bangunan masih aman untuk difungsikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. A. Purbaya, "Semarang Jadi Kota Mahasiswa, Ini Kata Pemkot Semarang," DetikNews, 15 November 2020. [Online]. Available: <https://News.Detik.Com/Berita-Jawa-Tengah/D-5256274/Semarang-Jadi-Kota-Mahasiswa-Ini-Kata-Pemkot-Semarang>. [Diakses 16 Maret 2023].
- [2]. PUPR, "Kementerian PUPR : Rusun Universitas XYZ Tingkatkan Kualitas SDM Calon Guru," 5 April 2022. [Online]. Available: <https://Perumahan.Pu.Go.Id/News/Kementerian-Pupr-Rusun-Universitas-XYZ-Tingkatkan-Kualitas-Sdm-Calon-Guru>. [Diakses 16 Maret 2023].
- [3]. R. Asnanto, "Desain Struktur Tahan Gempa Tower A Apartemen Abimanyu Semarang," Tugas Akhir, P. 7, 2017.
- [4]. L. D. Pradhani Dan M. Rizky, "Tugas Akhir," Perbandingan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Dan Sistem Ganda Pada Struktur Gedung Apartemen 15 Lantai, P. 31, 2022.
- [5]. . Kholida, "Tugas Akhir," Perbandingan Parameter Perancangan Beton Bertulang Pada Balok Dan Kolom Dengan Menggunakan Pedoman Sni 2847-2002, Sni 2847-2013 Dan Sni 2847-2019, 2020.
- [6]. SNI 03-1726, "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung", Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- [7] SNI 2847, "Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- [8] SNI 1727, "Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan Gedung dan struktur lain", 2020