

PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA BETON BERTULANG PADA GEDUNG RUSUNAWA UNIVERSITAS TEKNOLOGI SUMBAWA

Ade Koswandi¹, Agus Santosa², Ester Priskasari³

¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: Adhekoeswandi@gmail.com

ABSTRACT

The State Ministry for Public Housing, Housing Provision Work Unit, intends to provide comfortable and safe housing for students, but limited space is an obstacle in itself, the University has a large enough area, so the University of Technology of Sumbawa took the initiative to build Rusunawa (Simple Rental Flats) in the University area. .

To minimize infrastructure damage and the increase in casualties due to earthquakes, the buildings in the Rusunawa Building, University of Technology, Sumbawa, were designed to use the Special Moment Bearer Frame System (SRPMK). Earthquake loads are designed using the response spectrum which refers to SNI 1726 2019. Modeling and structural analysis uses the 2016 ETABS V.16.2.1 auxiliary program. The design of beam, column, and column beam reinforcement (HBK) is based on SNI 2847 2013.

From the calculation results obtained beam B197 with dimensions 30/60 obtained longitudinal / bending reinforcement of left support: upper 5D19, bottom 4D19 and middle 4D16, field reinforcement: top 3D19, bottom 4D19 and middle 4D16, shear reinforcement of plastic hinge area: 4Ø10-80 and outer plastic hinge: Ø10-120. Column C30 with dimensions of 70/70 and total reinforcement of 28 D25, obtained plastic hinge area shear reinforcement: 4Ø12-60, outer area of plastic hinge: 4Ø12-140, column joint area: 4Ø12-100. Control Design Capacity $\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$ with a value of $4434790293,747 \text{ Nmm} > 690757290,029 \text{ Nmm}$. From the results of the beam and column planning it can be concluded that: "Strong Column Weak Beam" requirements have been fulfilled. In pile cap reinforcement type 1: X direction: Pull D19-90 and press D19-200, Y direction: Pull D19-90 and press D19-200. Type 2 x Direction: Pull D19-170 and Press D19-300 Y direction: Pull D19-170 and Press D19-400. Type 3 x Direction: Pull D19-100 and Press D19-200, Y direction: Pull D19-170 and Press D19-400. In the bore pile reinforcement with dimensions of 30 cm diameter, 8D16 principal reinforcement and Ø10-50 shear reinforcement are obtained.

Keywords: Earthquake-Resistant Structures, Moment Bearer Frame Systems, Drill Pole Foundations

ABSTRAK

Kementrian Negara Perumahan Rakyat Satuan Kerja Penyediaan Perumahan, bermaksud untuk memberikan hunian yang nyaman dan aman bagi mahasiswa, namun keterbatasan tempat menjadi kendala tersendiri, Universitas mempunyai lahan yang cukup luas, maka Universitas Teknologi Sumbawa berinisiatif membangun Rusunawa (Rumah Susun Sederhana Sewa) di area Universitas.

Untuk meminimalisir kerusakan infrastruktur serta bertambahnya korban jiwa akibat gempa bangunan pada Gedung Rusunawa Universitas Teknologi Sumbawa didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Beban gempa didesain menggunakan respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726 2019. Permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016 V.16.2.1. Desain penulangan struktur balok, kolom, dan hubungan balok kolom (HBK) berlandaskan SNI 2847 2013.

Dari hasil perhitungan didapat balok B197 dengan dimensi 30/60 diperoleh tulangan longitudinal/lentur tulangan tumpuan kiri : atas 5D19, bawah 4D19 dan tengah 4D16, tulangan lapangan : atas 3D19, bawah 4D19 dan tengah 4D16, tulangan geser daerah sendi plastis : 4Ø10-80 dan luar sendi plastis : Ø10-120. Kolom C30 dengan dimensi 70/70 dan jumlah tulangan 28 D25, diperoleh tulangan geser daerah sendi plastis : 4Ø12-60, daerah luar sendi plastis : 4Ø12-140, daerah sambungan kolom : 4Ø12-100. Kontrol Desain Kapasitas $\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$ dengan nilai $4434790293,747 \text{ Nmm} > 690757290,029 \text{ Nmm}$, Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa : Persyaratan "Strong Column Weak Beam" telah terpenuhi. Pada penulangan pile cap type 1 : Arah x : Tarik D19-90 dan Tekan D19-200, Arah y : Tarik D19-90 dan Tekan D19-200. Type 2 Arah x : Tarik D19-170 dan Tekan D19-300 Arah y : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400. Type 3 Arah x : Tarik D19-100 dan Tekan D19-200, Arah y : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400. Pada penulangan Bore pile dengan dimensi Diameter 30 cm diperoleh tulangan pokok 8D16 dan tulangan geser Ø10-50.

Kata kunci : Struktur Tahan Gempa, Sistem Rangka Pemikul Momen, Pondasi Tiang Bor

1. PENDAHULUAN

Kementrian Negara Perumahan Rakyat Satuan Kerja Penyediaan Perumahan, bermaksud untuk memberikan hunian yang nyaman dan aman bagi mahasiswa, namun keterbatasan tempat menjadi kendala tersendiri, namun berhubung banyak Universitas mempunyai lahan yang cukup luas, maka Universitas Teknologi Sumbawa berinisiatif membangun Rusunawa (Rumah Susun Sederhana Sewa) di area Universitas.

Portal dan pondasi sering di aplikasikan pada gedung dari lantai 1 sampai bertingkat tinggi agar bisa menahan beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa. Portal dan pondasi mempunyai kemampuan menahan momen dan geser, hal ini karena portal dan pondasi menjadi struktur utama untuk suatu Gedung.

Dari pertimbangan diatas untuk merencanakan bangunan bertingkat di wilayah Universitas Teknologi Sumbawa perlu menggunakan Metode SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) sebagai penahan terhadap gempa. Sistem Rangka Pemikul adalah sistem rangka ruang dimana komponen komponen struktur dan join joinnya dapat menahan gaya gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

2. DASAR TEORI

Struktur Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur konstruksi suatu bangunan, perlu diperhatikan konsep desain untuk pemilihan elemen baik secara struktural maupun fungsional. Dalam perencanaan ini di tinjau perencanaan konsep desain untuk struktur bangunan tahan gempa. Struktur tahan gempa adalah suatu struktur yang di bangun mampu menahan gaya geser gempa rencana yang muncul akibat gelombang gempa yang berasal dari dalam batuan dasar. Gelombang gempa berasal dalam batuan tersebut akan merambat ke permukaan tanah dan memberikan gaya kepada bangunan gedung bertingkat tinggi. Struktur yang direncanakan diharapkan mampu bertahan oleh beban bolak-balik memasuki perilaku inelastik tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Karena itu, selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk kemampuan berdeformasi secara inelastis. Kemampuan ini yang disebut sebagai kemampuan daktilitas struktur.

Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan struktur pada gedung rusunawa Universitas Teknologi Sumbawa ini mengacu pada SNI 1727 2013 untuk perencanaan beban mati, beban hidup, dan beban angin. Sedangkan untuk pembebanan gempa mengacu

pada SNI 1726 2019. Metode analisa beban gempa dapat dengan analisa dinamik yang dipengaruhi oleh respon spektrum, atau juga dapat dengan analisa statik ekuivalen untuk bangunan yang regular horizontal maupun vertikal. Untuk gedung rusunawa Universitas Teknologi Sumbawa ini sendiri memiliki 6 lantai termasuk lantai atap dan tandon yang memiliki tinggi total 23m sehingga digunakan analisa static equivalen.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk komponen struktur dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi dari beban terfaktor yang diatur menurut SNI 1726 2019 dan SNI 2847 2013.

Simpangan

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa tingkat dikali perpindahan tingkat (δx) seperti yang diatur dalam SNI 1726-2019.

Pondasi Tiang Bor

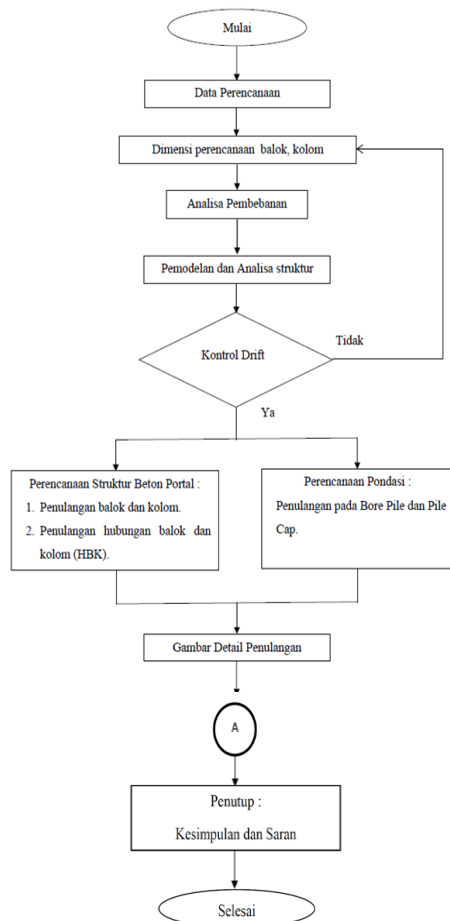
Pondasi tiang bor adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Pondasi ini digunakan pada tanah yang stabil dan kaku sehingga memungkinkan untuk membuat lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air atau lembek, maka dibutuhkan pipa atau casing untuk dinding lubang dan akan ditarik keluar pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk memenuhi tahanan dukung ujung tiang.

Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

Daya dukung merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak diatasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan. (Sumber: *Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1, 1996 : halaman 66*).

3. METODE PERENCANAAN

Studi perencanaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa dimensi dan bagaimana gambar penulangan pada elemen balok, kolom, hubungan balok kolom, pondasi dan juga pile. Data- data yang diperlukan dalam perencanaan Gedung rusunawa Universitas Teknologi Sumbawa ini yaitu berupa data konstruksi bangunan, mutu bahan yang digunakan, dan juga gambar perencanaan yang kemudian di modelkan diaplikasi program bantu ETABS 2016 V16.2.1. guna menapat gaya gaya dalam yang bekerja pada struktur.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

4. PEMBAHASAN

Dimensi Elemen Struktur

A. Dimensi Balok

Dengan menggunakan rumus pendekatan empiris di dapat dimensi balok sebagai berikut
Menentukan tinggi minimal balok

$$h_{min} = \frac{1}{10} \times \text{Panjang bentang}$$

atau

$$h_{min} = \frac{1}{15} \times \text{Panjang bentang}$$

Menentukan lebar minimal balok

Menurut SNI 2847 2019 lebar minimal balok untuk SRPMK adalah 250 mm

atau

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times h_{min}$$

Tabel 1. Dimensi Balok

No Balok	PB (mm)	Dimensi Balok	
		b (mm)	h (mm)
B1	4250	300	600
B2	3000	300	500
B3	4250	400	600

B. Dimensi Kolom

Pendimensian penampang kolom ditentukan berdasarkan persyaratan dan batasan dalam SNI 2847 2013, sehingga di dapat dimensi penampang kolom sebagai berikut

Tabel 2. Dimensi Kolom

Kolom	Tinggi Kolom (mm)	Dimensi Penampang	
		b (mm)	h (mm)
K1	4250	700	700

Perhitungan Pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan struktur terdiri dari beberapa jenis pembebanan, yaitu

1. Beban Mati

- Berat sendiri struktur
- Beban mati tambahan pada pelat lantai
- Beban mati tsmbahan pada pelat atap
- Beban mati tambahan pada balok

2. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada SNI 1727 2013

3. Beban Gempa

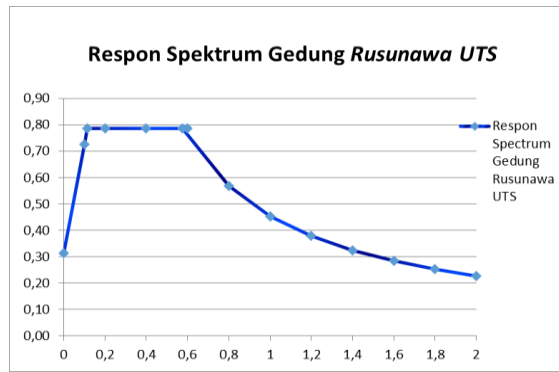
Beban gempa yang digunakan pada perncanaan ini mengacu pada SNI 1726 2019 dan peta gempa tahun 2017 dan PUSKIM tahun 2019 untuk menentukan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s), dan parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1).

Tabel 3. Rekapitulasi Parameter-parameter dalam perhitungan beban gempa

Kategori resiko	II
Faktor keutamaan gempa (I_e)	1
Kelas situs tanah	SD
Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) g	1,124
Parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) g	0,435
Faktor amplifikasi periode pendek (F_a)	1,050
Faktor amplifikasi periode 1 detik (F_v)	1,565
Percepatan pada periode pendek (SMS) g	1,181
Percepatan pada periode 1 detik (SM1) g	0,681
Percepatan desain pada periode pendek (SDS) g	0,787
Percepatan desain pada periode 1 detik (SD1) g	0,454
Kategori Desain Seismik (KDS)	D

Respon Spektrum

Perhitungan respon spektrum rencana dilakukan dengan menggunakan program bantu *Microsoft Excel*, dan diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Respon Spektrum Gedung Attic Showroom Surabaya

Setelah memasukkan semua data pembebanan Dengan menggunakan program bantu ETABS 2016 maka akan didapatkan berat seismic efektif struktur (W) sebagai berikut

Tabel 4. Rekapitulasi Berat Seismik Efektif

No	Lantai	Tinggi lantai (m)	W (Weight) Kg
1	LT 2 (F1)	4	429914,73
2	LT 3 (F2)	8	429914,73
3	LT 4 (F3)	12	429914,73
4	LT 5 (F4)	16	423301,03
5	ATAP (F5)	20	300101,77
6	ANDON (F6)	21,5	15214,73
7	ATAP 1 (F7)	23	9225,39
Jumlah			2037587,110

Gaya Gempa Lateral

Gaya gempa lateral dapat dihitung dengan rumus

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser dasar struktur

W_i, W_x = Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikeakan pada tingkat i atau x

h_i, h_x = Tinggi dri dasar sampai tingkat i atau x

k = Eksponen yang terkait dengan periode struktur

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan gaya gempa lateral (F)

No	Fx (Kg)	Fy (Kg)
1	14018,299	14304,969
2	28695,238	28939,027
3	43631,501	43699,924
4	57835,079	57643,177
5	51637,721	51271,517
6	2821,132	2797,683
7	1834,064	1816,736
Σ	200473,034	200473,034

Kombinasi Pembebanan

Sebagai mana yang telah di syaratkan pada SNI 1726 2019 bahwa terdapat pengaruh beban gempa vertikal . Beban gempa juga harus di modifikasi untuk memperhitungkan kuat lebih sistem

- Pengaruh beban gempa vertical
 $E_v = 0.2 \times S_{DS} \times D$
- Pengaruh beban gempa horisontal termasuk factor kuat lebih
 $E_{mh} = \Omega_0 Q_e$ (100% dan 30%)
- Beban gempa
 $E = E_{mh} + E_v$

Kontrol Perilaku Struktur

1. Eksentrisitas

Tabel 6. Eksentrisitas Rencana

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		e (Eksentrisitas teoritis)	
	X	Y	X	Y	X	Y
ATAP1	30,625	13,025	30,644	11,294	-0,019	1,732
TANDON	30,625	10,042	30,683	10,216	-0,058	-0,174
ATAP	30,625	8,633	30,736	9,151	-0,111	-0,518
LANTA15	30,628	8,667	30,818	9,181	-0,190	-0,513
LANTA14	30,640	8,738	30,824	9,184	-0,184	-0,447
LANTA13	30,640	8,738	30,811	9,133	-0,171	-0,395
LANTA12	30,640	8,738	30,762	8,953	-0,123	-0,215

2. Kontrol Gaya Geser Dasar (Base shear)

Dari hasil analisa ETABS didapatkan Base Reaction sebagai berikut

Tabel 7. Base Reaction

	Tipe Beban Gempa	Fx (kN)	Fy (kN)
	User Loads (EQX)	3087,1414	0
Statis	User Loads (EQY)	0	3087,1414
	Respons Spektrum X (RSPX)	2461,7196	714,8612
Dinamis	Respons Spektrum Y (RSPY)	739,2923	2380,1964

Tabel 8. Konfigurasi Base Shear

Arah	Vdinamik	Vstatik	Keterangan
X	2461,7196	3087,1414	Statis
Y	2380,1964	3087,1414	Statis

Dari hasil di atas, maka syarat SNI 03-726-2019 Pasal 7.9.1.4.1, yaitu $V_{dinamik} \geq 100 \% V_{statik}$ (tidak terpenuhi) dengan demikian dapat disimpulkan bahwa konfigurasi bangunan adalah gempa statis.

3. Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 9. Modal Participating Mass Ratio

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,567	0,0018	0,824	0	0,0018	0,824
Modal	2	0,533	0,746	0,0027	0	0,7478	0,8267
Modal	3	0,499	0,0832	0,0006	0	0,8311	0,8273
Modal	4	0,183	0,0001	0,1091	0	0,8311	0,9363
Modal	5	0,172	0,0938	4,31E-06	0	0,9249	0,9363
Modal	6	0,164	0,0145	0,0004	0	0,9395	0,9367

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa telah terpenuhi pada modal 5 dan sudah bisa memenuhi syarat partisipasi massa SNI 1726 2019 yang mana mencapai lebih dari 90%.

4. Kontrol Simpangan

Kontrol desain struktur dilakukan terhadap pengecekan batas simpangan antar lantai yang diatur dalam pasal 7.8.6 dan 7.12.1. sedangkan besar batasan simpangan antar lantai tingkat tertera pada pasal 7.12.1 dan 7.12.2 SNI 1726-2019.

Tabel 10.a. Simpangan Akibat Gempa static equevalen (EQX)

STORY	Hsx (mm)	δe (mm)	Δ (mm)	Δi (mm)	Δijin (mm)	KET
ATAP1	1500	14,556	80,058	0,869	11,538	Memenuhi
TANDON	1500	14,398	79,189	0,836	11,538	Memenuhi
ATAP	4000	14,246	78,353	9,004	30,769	Memenuhi
LANTAI5	4000	12,609	69,350	14,784	30,769	Memenuhi
LANTAI4	4000	9,921	54,566	19,426	30,769	Memenuhi
LANTAI3	4000	6,389	35,140	21,225	30,769	Memenuhi
LANTAI2	4000	2,53	13,915	13,915	30,769	Memenuhi
BASE	0	0	0	0	0	

Tabel 10.b. Simpangan Akibat Gempa static equevalen (EQX)

STORY	Hsx (mm)	δe (mm)	Δ (mm)	Δi (mm)	Δijin (mm)	KET
ATAP1	1500	16,172	88,946	1,342	11,538	Memenuhi
TANDON	1500	15,928	87,604	0,874	11,538	Memenuhi
ATAP	4000	15,769	86,730	10,302	30,769	Memenuhi
LANTAI5	4000	13,896	76,428	16,462	30,769	Memenuhi
LANTAI4	4000	10,903	59,967	21,566	30,769	Memenuhi
LANTAI3	4000	6,982	38,401	23,408	30,769	Memenuhi
LANTAI2	4000	2,726	14,993	14,993	30,769	Memenuhi
BASE	0	0	0	0	0	

Berdasarkan tabel 16 Simpangan antar lantai ijin SNI 1726 – 2012 untuk jenis struktur yang masuk kedalam tipe semua struktur lainnya dan berada pada kategori risiko IV, batas simpangan antar lantai ijin adalah 0,010 hsx, dimana hsx merupakan tinggi antar tingkat. Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen kategori desain seismic D, E, dan F simpangan antar lantai desain tidak boleh melebihi Δ_a / ρ sengai mana SNI 1726 – 2012 pasal 7.12.1.1 dan nilai ρ pada 7.4.3.2. Maka dari tabel diatas didapat di simpulkan sudah memenuhi.

Penulangan Balok B1 (300 × 600)

Data perencanaan;

Lebar balok (bw) = 300 mm
Tinggi balok (h) = 600 mm
Selimut beton (sb) = 40 mm

Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
 β_1 = 0.84
 f_y ulir = 400 Mpa
 f_y polos = 240 Mpa
Es = 200000 Mpa
Diameter tul. pkok = 19 mm
Diameter tul. sengkang = 10 mm
Bentang balok (L) = 4250 mm
Bentang bersih balok (L_n) = 3550 mm
Tebal pelat (hf) = 120 mm

Data dari hasil analisa ETABS 2016 V16.2.1.

Mu- Tumpuan kiri = 166,9 KNm
Mu+ Tumpuan kiri = 122,07 KNm

Mu- Tumpuan kanan = 181,95 KNm
Mu+ Tumpuan kanan = 129,08 KNm

Mu+ Lapangan = 68,688 KNm

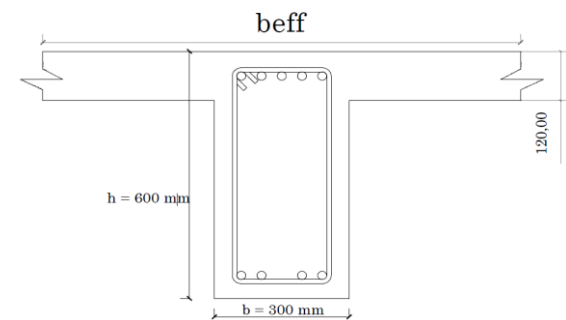
Vu akibat 1,2DL+1L tumpuan kiri = 54,34 KN
Vu akibat 1,2DL+1L tumpuan kanan = 62,31 KN

Momen torsi (T) = 16,611 KNm

Di coba pemasangan tulangan sebagai berikut :

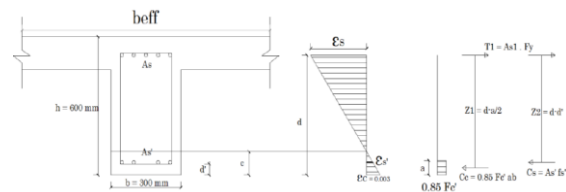
Tulangan yang terpasang pada daerah tarik As 5 D 19 = 1416,9 mm²

Tulangan yang terpasang pada daerah tekan As' 4 D 19 = 1133,5 mm²



Gambar 3. Gambar Balok T

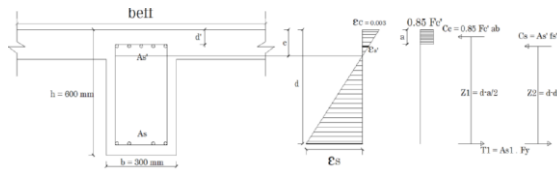
Kemudian dilanjutkan menghitung momen nominal balok dengan menggunakan rumus $C_c + C_s = T$ maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram regangan tegangan penulangan tumpuan momen negatif.

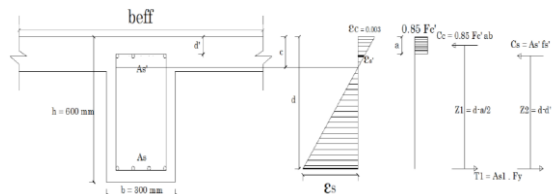
Didapatkan nilai momen nominal (M_n) sebesar 286405883,849 Nmm

Untuk perhitungan momen positif hasil analisa kapasitas desain untuk memperoleh nilai c dan a untuk momen positif digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5. Diagram regangan tegangan penulangan tumpuan momen positif

Didapatkan nilai momen nominal (M_n) sebesar 231662083,673 Nmm



Gambar 7. Diagram regangan tegangan penulangan lapangan.

Didapatkan nilai momen nominal (M_n) sebesar 231718087,705 Nmm

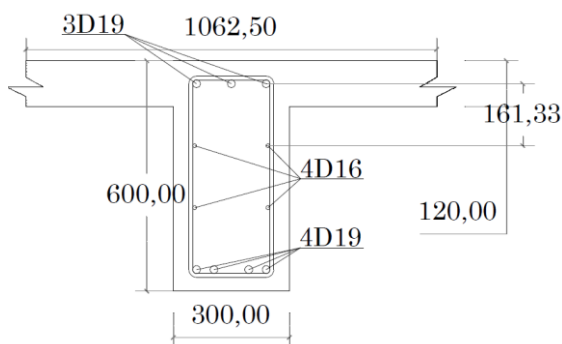
Desain penulangan geser balok ditentukan dengan nilai M_{pr} (*Moment Probable Capacities*) balok. Maka dari hasil perhitungan didapatkan perletakan sengkang sebagai berikut

Daerah sendi plastis : 4 kaki D10 - 80 mm
Daerah luar sendi plastis : 4 kaki D10 - 140 mm

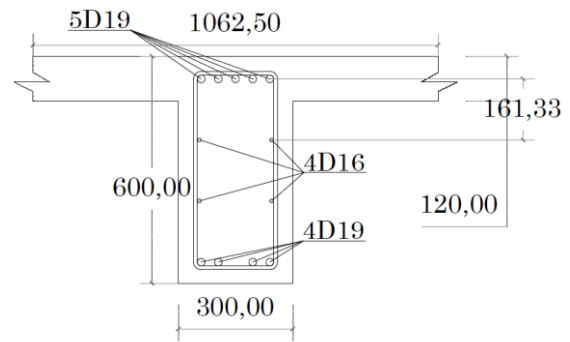
Desain penulangan torsi balok diatur juga pada SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 yang menyatakan bahwa pengaruh torsi untuk komponen struktur non prategang boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u , kurang dari :

$$\phi T_n = \phi 0.083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}}{P_{cp}} \right)^2$$

Berikut gambar hasil analisa perhitungan desain penulangan torsi.



Gambar 8.a. Desain pada daerah tumpuan



Gambar 8.b. Desain pada daerah lapangan

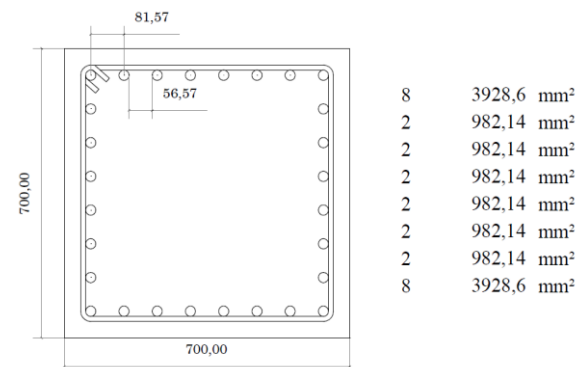
Penulangan Kolom K1 (700 × 1100) mm

Data perencanaan;

Lebar kolom (b_w)	= 700 mm
Tinggi kolom (h)	= 700 mm
Selimit beton (sb)	= 40 mm
Mutu beton (f'_c)	= 30 Mpa
β_1	= 0.84
f_y ulir	= 400 Mpa
f_y polos	= 240 Mpa
E_s	= 200000 Mpa
Diameter tul. pkok	= 25 mm
Diameter tul. sengkang	= 12 mm
Tinggi lantai	= 4000 mm
Tinggi balok	= 600 mm
Tinggi bersih (h_n)	= 3400 mm

Data dari hasil analisa ETABS 2016

M_u Maks	= 1106,931 kNm
V_u Maks	= 651,649 kN
P_u Maks	= 13443 kN



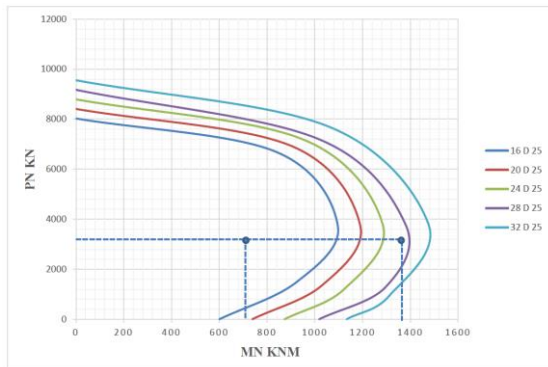
Gambar 9. Penampang kolom

Dari hasil analisa perhitungan kondisi sentris, seimbang, seimbang dengan pembesaran 1,25 f_y , patah desak, patah tarik, dan lentur murni didapatkan sebagai berikut :

Tabel 12. Nilai ϕ Pn dan ϕ Mn Perhitungan

Kondisi	28 D 25	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	9172,641	0
Patah Desak	7214,614	1012,994
Balance	3771,930	1380,597
Balance 1,25 fy	3450,484	1441,307
Patah Tarik	1296,667	1297,351
Lentur	0	1017,937

Pu max (kN)	Mc (kNm)	1.2 Σ Mn (kNm)
2514,5398	1361,525	690,757



Gambar 10. Diagram interaksi kolom

Dari diagram interaksi diatas bahwa Pu max dan M max masih berada dalam diagram interaksi yang terbentuk oleh formasi tulangan 28 D25, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kolom mampu memikul bebanbeban struktur dengan formasi tulangan 28 D25

Desian Penulangan Transversal Kolom

Perhitungan tulangan transversal kolom akibat Ve ditentukan menggunakan Mpr kolom yaitu sebesar Mn kondisi seimbang (*Balance*) yang dibagi dengan tinggi bersih kolom, dan Mpr balok yang dibagi dengan bentang bersih.

Daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis (*lo*) sepanjang 700 mm dengan direncanakan tulangan pengekang kolom 4 kaki Ø12 – 60 mm, sedangkan untuk diluar daerah sendi plastis direncanakan tulangan pengekang kolom 4 kaki Ø12 – 140 mm. Untuk sambungan sendiri digunakan sepanjang 840 mm dengan direncanakan tulangan pengekang kolom 4 kaki Ø12 – 100 mm.

Persyaratan Strong Column Weak Beam

Dari hasil analisa perhitungan persyaratan *Strong Column Weak Beam* sudah dipenuhi dengan kontrol sebagai berikut :

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$$

$$4434790293,747 \text{ Nmm} \geq 690757290,029 \text{ Nmm}$$

(Aman)

Penulangan Hubungan Balok Kolom (HBK)

Menurut hasil analisa perhitungan pada daerah hubungan balok kolom untuk penulangan geser horisontal digunakan tujuh lapis tulangan 10 kaki Ø12- 50 mm. Sedangkan ntuk penulangan vertikalnya tidak diperlukan lagi tulangan geser vertical karena sudah ditahan oleh penulangan longitudinal kolom yang terpasang.

Perhitungan Penulangan Pilecap

Diameter tul. tarik	= D19 mm
Diameter tul. tekan	= D19 mm
fc'	= 30 Mpa
fy ulir	= 400 Mpa
fy polos	= 240 Mpa
Selimut beton (sb)	= 75 mm
Tebal pile cap	= 500 mm
B	= 1000 mm

Dari hasil Analisa perhitungan maka di dapatkan penulangan pile cap sebagai berikut :

- Pilecap pondasi type 1 :
 - Arah x : Tarik D19-90 dan Tekan D19-200
 - Arah y : Tarik D19-90 dan Tekan D19-200
- Pilecap pondasi type 2 :
 - Arah x : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400
 - Arah y : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400
- Pilecap pondasi type 3 :
 - Arah x : Tarik D19-100 dan Tekan D19-200
 - Arah y : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400

Penulangan Bore Pile

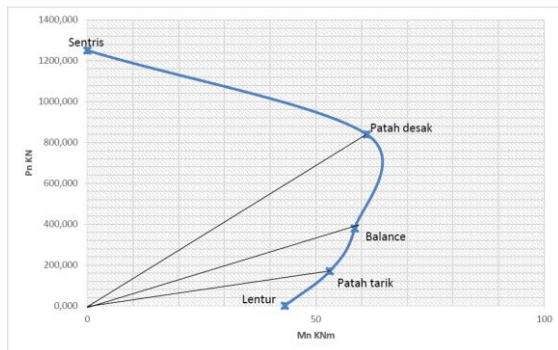
Data perencanaan	
Diameter bore pile	= 300 mm
Diameter tul sengkang	= 10 mm
Diameter tul pokok	= 16 mm
fc'	= 30 Mpa
fy ulir	= 400 Mpa
fy polos	= 240 Mpa
Selimut beton (sb)	= 75 mm
Tebal pile cap	= 500 mm
Tinggi bore pile	= 14500 mm
Es	= 200000 Mpa
β_1	= 0.84

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal dan tulangan spiral mengacu pada SNI 2847 2019.

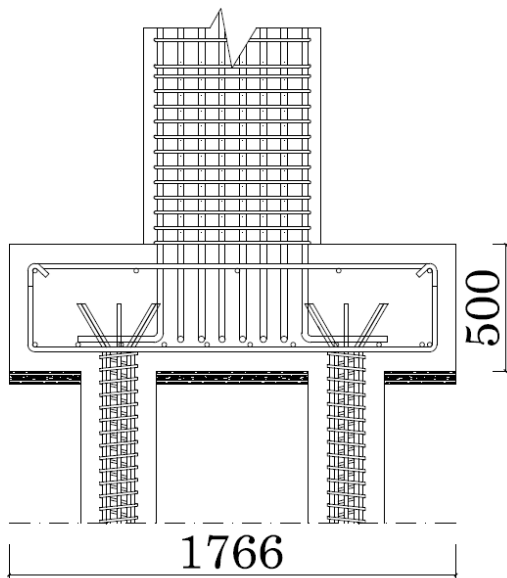
Dari hasil analisa perhitungan untuk tulangan longitudinal direncanakan menggunakan tulangan 8 D16. Dan tulangan spiral dipasang Ø10- 50 mm. Berikut hasil analisa perhitungan nilai Mn dan Pn yang terjadi pada bore pile.

Tabel 13. Nilai ϕP_n dan ϕM_n Perhitungan

Kondisi	8 D 16	
	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)
Sentris	1250,751	0
Patah Desak	839,767	61,143
Balance	378,405	58,505
Patah Tarik	169,307	53,043
Lentur	0	43,225



Gambar 11. Diagram interaksi bore pile



Gambar 12. Detail penulangan bore pile lewatan

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Komponen balok yang ditinjau adalah balok B1 dengan dimensi 300 mm $\times$ 600 mm, diperoleh:
 - Tumpuan kiri dan kanan
 - Atas = 5D 19
 - Tengah = 4D 16
 - Bawah = 4D 19

b. Lapangan

- Atas = 3D 19
- Tengah = 4D 19
- Bawah = 4D 19

2. Tulangan Transversal

- Daerah sendi plastis = 4 Kaki $\varnothing$ 10–80 mm
- Daerah luar sendi plastis = 4 Kaki $\varnothing$ 10–140 mm

3. Komponen kolom yang ditinjau adalah kolom K1 yaitu 700 mm $\times$ 700 mm, diperoleh:

- Tulangan longitudinal digunakan 28D 25
- Tulangan transversal
 - Daerah sendi plastis = 4 Kaki $\varnothing$ 12 – 60 mm
 - Daerah luar sendi plastis = 4 Kaki $\varnothing$ 12 – 140 mm
 - Daerah sambungan = 4 Kaki $\varnothing$ 12–100 mm

Hasil dari perencanaan, kolom telah memenuhi konsep desain kapasitas “Strong Column Weak Beam”

4. Pada hubungan balok kolom diperoleh

- Pengekangan horisontal menggunakan 4 Kaki $\varnothing$ 12- 50 mm (10 Lapis)
- Pengekangan vertikal cukup menggunakan tulangan longitudinal kolom K1

5. Pada penulangan pile cap :

- type 1 :
 - Arah x : Tarik D19-90 dan Tekan D19-200
 - Arah y : Tarik D19-90 dan Tekan D19-200
- Type 2 :
 - Arah x : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400
 - Arah y : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400
- Type 3 :
 - Arah x : Tarik D19-100 dan Tekan D19-200
 - Arah y : Tarik D19-170 dan Tekan D19-400

Saran

Berdasarkan dari perhitungan penulangan pada struktur gedung rusunawa Universitas Teknologi Sumbawa, maka didapatkan beberapa saran sebagai berikut:

- Untuk merencanakan struktur suatu bangunan perhatikan fungsi bangunan dan peraturan yang sesuai.
- Menambahkan wawasan di lapangan untuk penulangan lentur dan geser pada balok, kolom, HBK (Hubungan Balok Kolom), pilecap, dan borepile.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 2847 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1981). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah bangunan
- Setiawan, A. (2017). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 2013*. Jakarta: Erlangga.
- Tavio. Dkk (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Yogyakarta: Andi.