



PERANCANGAN KOLOM BETON BERTULANG GEDUNG PRODI KEDOKTERAN UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

Ahmad Hernadi¹, Zikri Alstony^{*2}

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara

E-mail: ¹ ahernjineering@gmail.com , ^{*2} zikri.alstony@gmail.com

ABSTRACT: *The plan to open a medical study program at the Borneo Tarakan University in 2023, of course, must be accompanied by careful planning of structural components. Building elements will actually be designed using a Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). Thus, the building is planned to have a high level of ductility against earthquake loads. One of the most important structural components, namely columns, must be designed using the latest standards, namely SNI 2847-2019. The column must be designed with the Strong Column Weak Beam concept to allow damage to occur to the beam first when the structure's ductility level against earthquake loads has been exceeded. The results of the design of the columns in the building are all using K-300 concrete quality and using BJTS-420 quality reinforcement steel for longitudinal and BJTS-280 for stirrups. Longitudinal reinforcement uses a diameter of 19 mm (screw) and shear reinforcement consists of 6 feet with a diameter of 10 mm (screw).*

Keywords: *Column, Medical Study Program, Longitudinal Reinforcement, Transversal Reinforcement, Special Moment Resisting Frame System.*

ABSTRAK: Rencana pembukaan prodi kedokteran di Universitas Borneo Tarakan pada tahun 2023, tentunya harus diiringi dengan perencanaan komponen struktur yang matang. Elemen gedung sejatinya akan didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sehingga, gedung direncanakan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi terhadap beban gempa. Salah satu komponen struktur yang paling penting yakni kolom harus didesain dengan menggunakan standar terbaru yaitu SNI 2847-2019. Kolom harus didesain dengan konsep Strong Column Weak Beam untuk memungkinkan kerusakan terjadi pada balok terlebih dahulu saat tingkat daktilitas struktur terhadap beban gempa telah terlampaui. Hasil desain kolom pada gedung seluruhnya menggunakan mutu beton K-300 dan menggunakan baja tulangan mutu BJTS-420 untuk longitudinal dan BJTS-280 untuk sengkang. Tulangan longitudinal menggunakan diameter 19 mm (Ulir) dan tulangan geser terdiri 6 kaki dengan diameter 10 mm (Ulir).

Kata kunci: Kolom, Program Studi Kedokteran, Tulangan Longitudinal, Tulangan Geser, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

1. PENDAHULUAN

Universitas Borneo Tarakan kembali akan membuka sebuah program studi baru yaitu kedokteran dengan membawa persyaratan yaitu menyiapkan sarana berupa gedung kuliah. Gedung kuliah memiliki fungsi yang sangat vital sebagai fasilitas pendukung untuk segala bentuk aktivitas perkuliahan. Demi menunjang kenyamanan dan keamanan, gedung selain harus memiliki kekuatan terhadap beban selama masa layan, namun juga harus memiliki kekuatan dalam menghadapi bencana gempa bumi.

Gedung kuliah tidak ada bedanya dengan fasilitas pendidikan lainnya sehingga masuk kedalam kategori resiko IV (Badan Standarisasi Nasional, 2019a). Bangunan dengan kategori resiko IV diharuskan mampu memiliki ketahanan terhadap beban gempa untuk meminimalisir kerusakan pada gedung. Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam merancang sebuah gedung antara lain, fungsi dari bangunan, lokasi, serta kondisi kelas situs tanah pada lokasi perancangan (Alstony & Hernadi, 2023).

Kolom merupakan elemen struktural yang berfungsi menyangga beban aksial tekan (Albertini, Sulistyorini, & Galuh, 2021). Penelitian tentang Perbandingan Kekuatan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019, memberikan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara SNI 2847-2013 dengan SNI 2847-2019 untuk mendesain kolom (Hernadi, Sahara, & Dewi, 2021) begitu halnya juga dengan desain balok (Prasetya dkk, 2021).

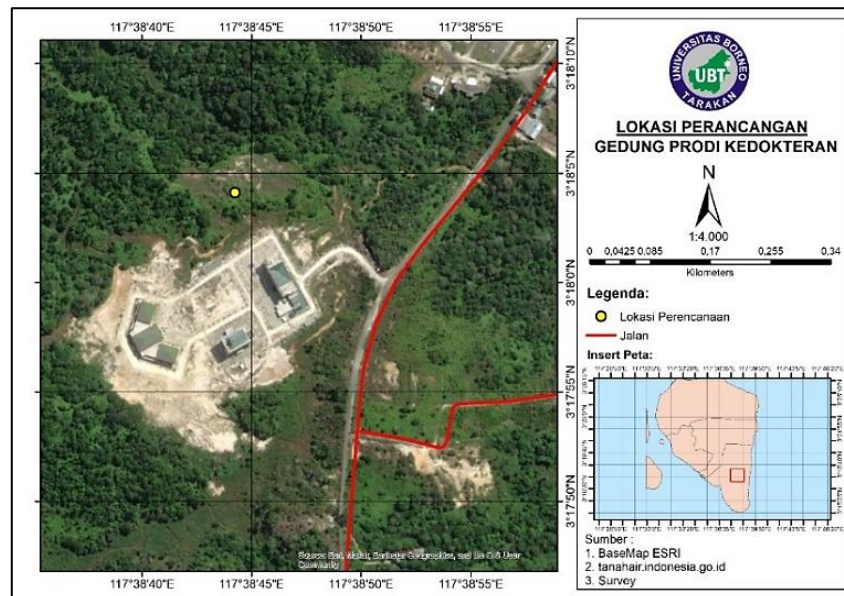
2.1. Tinjauan Umum

Data teknis yang diperlukan pada perancangan kolom beton bertulang gedung prodi kedokteran Universitas Borneo adalah sebagai berikut:

1. Data umum
 - a. Nama Gedung : Gedung Prodi Kedokteran Universitas Borneo Tarakan
 - b. Lokasi : Jl. Amal Lama, No. 01, Kec. Tarakan Timur
 - c. Fungsi : Gedung Kuliah
 - d. Jumlah lantai : 4 Lantai
 - e. Tinggi Bangunan : 16 m
 - f. Luas Bangunan : 936 m²
 - g. Struktur Utama : Beton Bertulang
2. Data Bahan
 - a. Mutu Beton : f'_c 24,06 (K-300)
 - b. Mutu Baja : BJTS-280 dan BJTS-420

2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian perancangan gedung ini dilakukan di lokasi jalan Amal Lama, kompleks gedung baru Universitas Borneo Tarakan. Lokasi perancangan gedung berada tepat berseberangan dengan gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, dan berada di antara gedung Laboratorium Terpadu dan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan. Titik koordinat lokasi perancangan 117°38'44.2''E dan 3°18'4.1''N.



Gambar. 1 Peta lokasi penelitian

2.3. Sumber Data

Data yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa data sekunder. Data ini berguna untuk menganalisis dan melakukan pemodelan terhadap struktur dengan menyesuaikan beberapa parameter dalam standar perencanaan gedung. Acuan standar tersebut adalah sebagai berikut:

1. Data Investigasi Tanah (*Soil Investigation*) yang diperoleh dari hasil pengujian N-SPT yang diperoleh dari gedung disekitar perencanaan. Data tersebut berupa data pekerjaan gedung sebelumnya yaitu data investigasi tanah gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Tarakan.
2. SNI 1726-2019, Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung
3. SNI 1727-2020, Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain
4. SNI 2847-2019, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.

2.4. Metode Analisis Data

2.4.1. Penentuan Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik

Berdasarkan Nilai N-SPT pada perencanaan gedung diperoleh kelas situs tanah termasuk kedalam kategori tanah situs tanah lunak (SE) karena < 15 .

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{30}{2,248} = 13,345$$

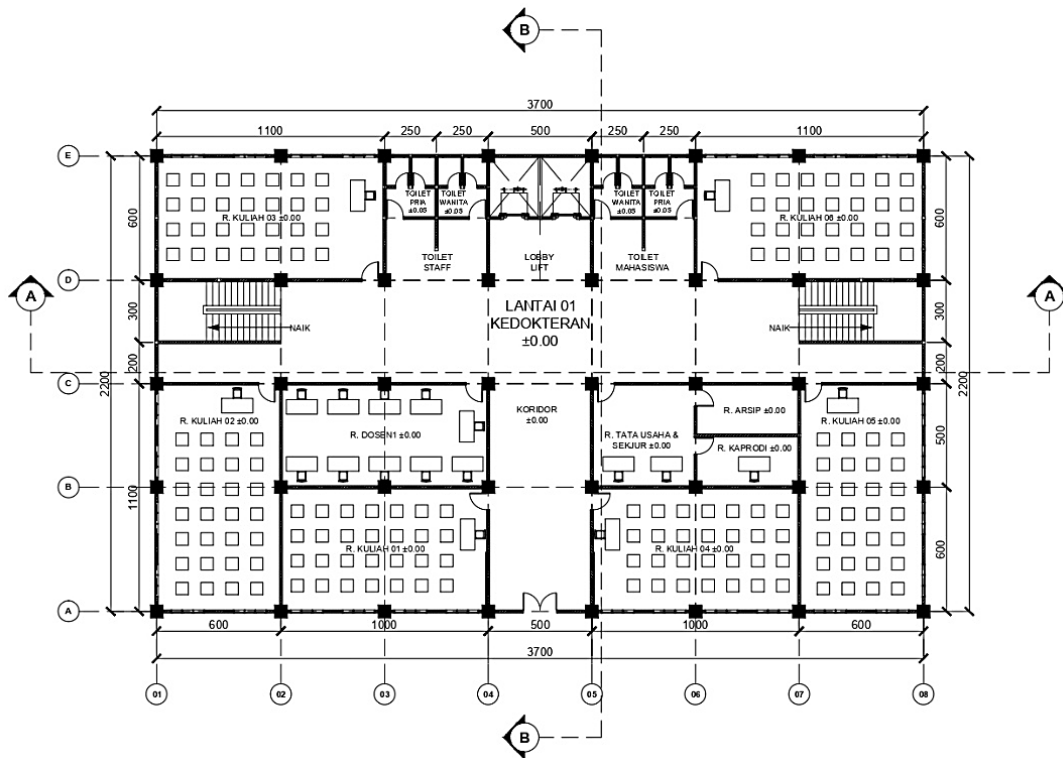
Sedangkan, dari nilai tersebut dapat diperoleh parameter perencanaan bangunan gedung sebagai berikut:

1. S_S : 0,468992 g
2. S_1 : 0,181294 g
3. S_{DS} : 0,55867 g
4. S_{D1} : 0,419194 g
5. T_L : 15 detik
6. KDS : D
7. Kelas Situs : SE (Tanah Lunak)
8. Tipe Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan parameter perencanaan di atas, tipe struktur menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). SRPMK adalah suatu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur portal utama beserta joint-joint nya mampu menahan gaya-gaya melalui aksi lentur, geser dan aksial yang memenuhi ketentuan pada desain rangka pemikul momen khusus (Shubki & Khatulistiani, 2019).

2.4.2. Perencanaan Denah Rencana Awal

Sebelum perancangan dimulai, diperlukan sebuah denah gedung untuk menentukan dimensi awal pada elemen struktur, dalam contoh kasus kali ini penulis mengambil denah rencana pada lantai 2 untuk mewakili analisis:



Gambar. 2 Denah lantai 1 rencana gedung prodi kedokteran

2.4.3. Perencanaan Dimensi Awal

(Badan Standarisasi Nasional, 2019b) pasal R10.3.1 menjelaskan bahwa ukuran minimum eksplisit pada kolom tidak ditentukan sehingga, dimensi kolom (h_{kolom}) bisa diasumsikan melalui pendekatan pada persamaan (1), namun hal ini bisa diterapkan apabila keempat sisi kolom mempunyai dimensi yang simetris.

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad (1)$$

$$h_{kolom} \geq \sqrt[4]{\left(\frac{I_{balok}}{L_{balok}}\right) \times 12 \times L_{kolom}} \quad (2)$$

Batasan dimensi kolom SRPMK telah diatur pada SNI 2847-2019 pasal 18.7.2, disebutkan dimensi kolom rencana harus memenuhi beberapa ketentuan berikut:

1. Dimensi penampang terkecil baik untuk panjang atau tinggi kolom tidak kurang 300 mm
2. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya harus $b/h \geq 0,4$.

2.4.4. Analisis dan Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom

Tahapan dalam mendesain tulangan longitudinal pada kolom terdiri sebagai berikut :

Indeks Stabilitas (Badan Standarisasi Nasional, 2019b), pada Pasal 6.6.4.3 kolom dan tingkat pada struktur boleh dianggap tidak bergoyang apabila memenuhi kriteria pada persamaan (3):

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_0}{V_u \ell_c} \leq 0,05 \quad (3)$$

Dimana :

- Q : Pembesaran momen ujung kolom akibat pengaruh orde kedua
 $\sum P_u$: Beban aksial total pada lantai (*story*) yang ditinjau
 Δ_0 : Simpangan antar lantai (*Story drift*) orde pertama akibat gaya geser V_{us} pada lantai yang ditinjau.
 V_{us} : Gaya geser lantai total
 ℓ_c : Panjang kolom pada sistem rangka yang diukur dari as ke as *joint*

faktor kelangsingan (*slenderness ratio*) diatur pada beberapa pasal SNI 2847-2019. Adapun pasal-pasal yang dimaksud adalah berikut:

(Badan Standarisasi Nasional, 2019b) Pasal 6.2.5, faktor kelangsingan dapat diabaikan jika memenuhi kriteria pada persamaan (4).

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad (4)$$

(Badan Standarisasi Nasional, 2019b) Pasal 6.2.5.1 Radius girasi, r , diizinkan untuk dihitung dengan:

1. $r = \sqrt{\frac{I_e}{A_g}}$
2. 0,3 kali dimensi keseluruhan dalam arah stabilitas yang ditinjau untuk kolom persegi
3. 1/4 kali diameter untuk kolom bundar

Sedangkan, faktor panjang efektif kolom tidak bergoyang dapat diambil dari nilai terkecil pada persamaan berikut :

$$k = 0,7 + 0,05(\Psi_A + \Psi_B) \leq 1,0 \quad (5)$$

$$k = 0,85 + 0,05\Psi_{min} \leq 1,0 \quad (6)$$

Dimana nilai Ψ_{min} = terkecil di antara Ψ_A dan Ψ_B adalah sebagai berikut:

Ujung atas kolom,

$$\Psi_A = \frac{\sum \frac{E_c I}{\ell_c} \text{ kolom}}{\sum \frac{E_c I}{\ell_b} \text{ balok}} \quad (7)$$

Ujung bawah kolom,

$$\Psi_B = \frac{\sum \frac{E_c I}{\ell_c} \text{ kolom}}{\sum \frac{E_c I}{\ell_b} \text{ balok}} \quad (8)$$

Penentuan faktor panjang efektif kolom bergoyang dapat diambil dari persamaan (9) dan (10)

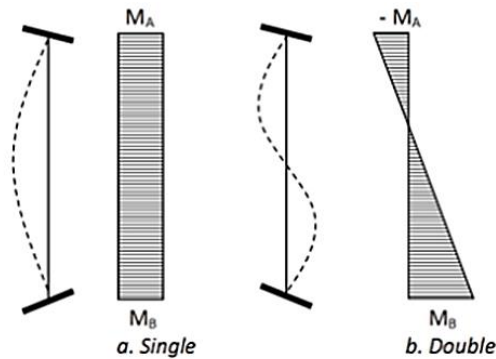
$$\Psi_m < 2, k = \frac{20 - \Psi_m}{20} \sqrt{1 + \Psi_m} \quad (9)$$

$$\Psi_m \geq 2, k = 0,9 \sqrt{1 + \Psi_m} \quad (10)$$

Dengan Ψ_m dapat dihitung melalui persamaan (11)

$$\Psi_m = (\Psi_A + \Psi_B)/2 \quad (11)$$

Pengaruh dari panjang efektif kolom dapat dilihat melalui terbentuknya sebuah kurva kelengkungan pada kolom seperti Gambar. 3.



Gambar. 3 Diagram kelengkungan kolom berdasarkan momen ujung

Sumber: Priyosulistyo, 2020

(Priyosulistyo, 2020) menjelaskan faktor pembesaran momen bergantung pada jenis kolomnya, dan biasanya diaplikasikan pada momen kolom terbesarnya (M_B).

1. Kolom tidak bergoyang

$$M_C = \delta_{ns} M_{2ns} \quad (12)$$

M_{2ns} : Momen maksimum dari kolom

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \geq 1,0 \quad (13)$$

Nilai P_c dapat dihitung menggunakan persamaan (14)

$$P_c = \frac{\pi^2 E_c I}{(kl_u)^2} \quad (14)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4 \quad (15)$$

Untuk menghitung P_c digunakan EI dari persamaan berikut ini.

$$E_c I = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d} \quad (16)$$

Nilai β_d dapat dihtiang menggunakan persamaan (17)

$$\beta_d = \frac{1,2 P_{DL}}{1,2 P_{DL} + 1,2 P_{LL}} \quad (17)$$

2. Kolom bergoyang

$$M_A = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad (18)$$

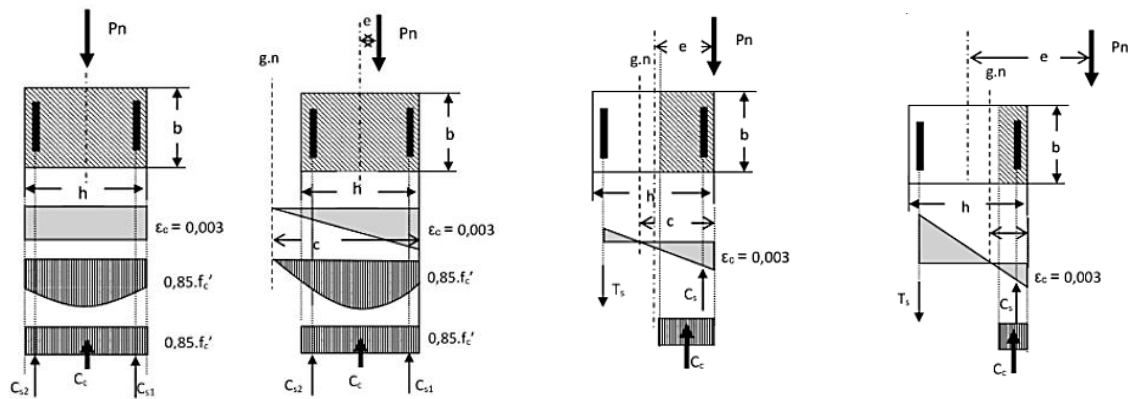
$$M_B = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad (19)$$

Nilai ($\delta_s M_{1s}$ dan $\delta_s M_{2s}$) dapat dihitung dengan analisis orde kedua, Berikut ini dituliskan cara pendekatan dengan metode pembesaran (*approximate magnifier method*).

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \geq 1,0 \quad (20)$$

Dengan nilai P_c sama seperti persamaan (14). Nilai pada P_c menggunakan nilai EI yang dapat dihitung dengan persamaan (16) dan β_d persamaan (17).

(Priyosulistyo, 2020) menjelaskan gaya aksial baik eksentrisitas nol ($e = 0$), eksentrisitas kecil, eksentrisitas seimbang, dan eksentrisitas besar akan dapat mengakibatkan variasi regangan pada baja pada saat serat terluar beton tekan mengalami keruntuhan pada regangan sebesar $\epsilon_c = 0,003$ (3%). Penentuan kekuatan rencana dari suatu kolom adalah dengan menggunakan grafik hubungan antara gaya aksial (P) dan momen (M) yang biasa dikenal dengan diagram interaksi kolom (Hernadi, Sahara, & Dewi, 2021).



a) konsentrik b) Eksentrisitas kecil c) Eksentrisitas seimbang d) Eksentrisitas besar

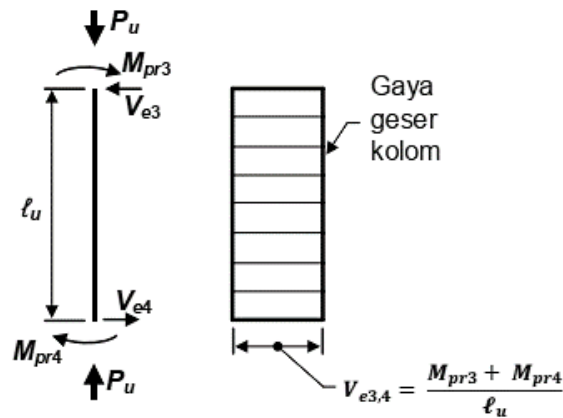
Gambar. 4 Geser desain untuk kolom

Sumber: Priyosulistyo, 2020

2.4.5. Analisis Tulangan Geser

(Badan Standarisasi Nasional, 2019b) menjelaskan ketentuan dalam menetapkan kekuatan geser yang digunakan pada kolom SRPMK adalah berikut:

1. Gaya-gaya pada joint harus ditentukan menggunakan kekuatan lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , di setiap ujung kolom yang terkait dengan rentang beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada kolom.
2. Geser kolom tersebut di atas tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan joint berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke joint.
3. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur. Penjelasan di atas dapat dilihat melalui Gambar. 4.

**Gambar. 5 Geser desain untuk kolom**

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2019b

Penentuan kekuatan geser yang bekerja pada joint kolom tentunya berdasarkan momen nominal yang bekerja pada balok. Contoh analisa balok terdapat dalam jurnal perancangan balok sebelumnya (Alstony & Hernadi, 2023).

Tulangan transversal sepanjang ℓ_0 (zona sendi plastis) harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$, jika:

1. Gaya geser akibat gempa berdasarkan Pasal 18.7.6.1 setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum di sepanjang ℓ_0 .
2. Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$

Tulangan transversal pada kolom didaerah luar tumpuan (zona sendi plastis) didesain dengan mengikuti persyaratan umum struktur kolom pada SNI 2847-2019 dari beberapa pasal berikut :

1. Pasal 22.5.6.1 Kekuatan geser beton dengan gaya harus diperhitungkan berdasarkan ketentuan:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (20)$$

2. Pasal 22.5.10.1 Pada penampang dimana $V_u \geq \phi V_c$, tulangan transversal harus dipasang dan memenuhi persamaan berikut:

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (21)$$

3. Pasal 22.5.10.5.3 V_s untuk tulangan geser pada persamaan (2-63) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

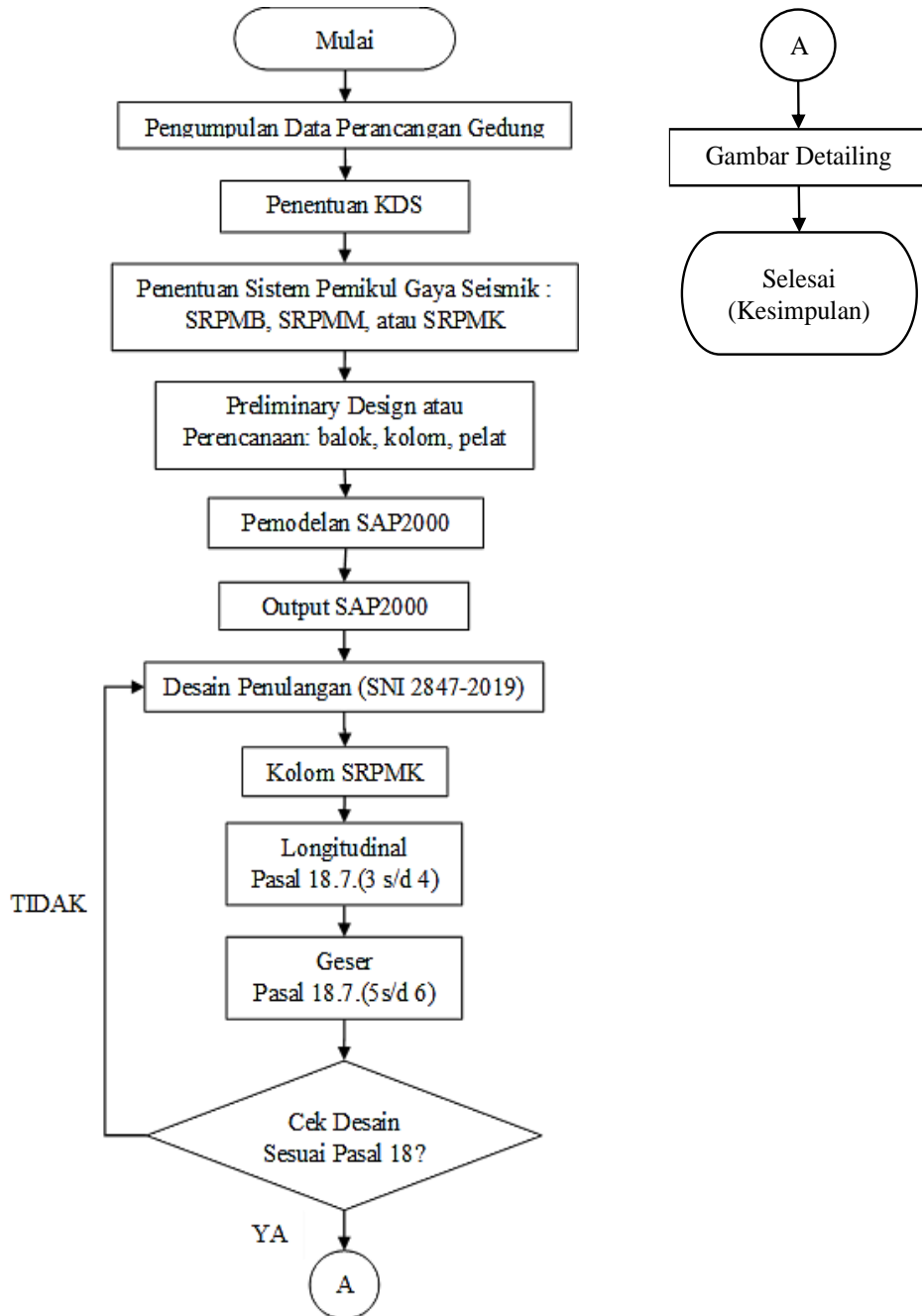
$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (22)$$

4. Pasal 10.6.2.2, Bila tulangan geser diperlukan, $A_{v \min}$ harus lebih besar dari:

$$0,062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (23)$$

$$0,35 \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (24)$$

2.5. Bagan Alir Perancangan Kolom

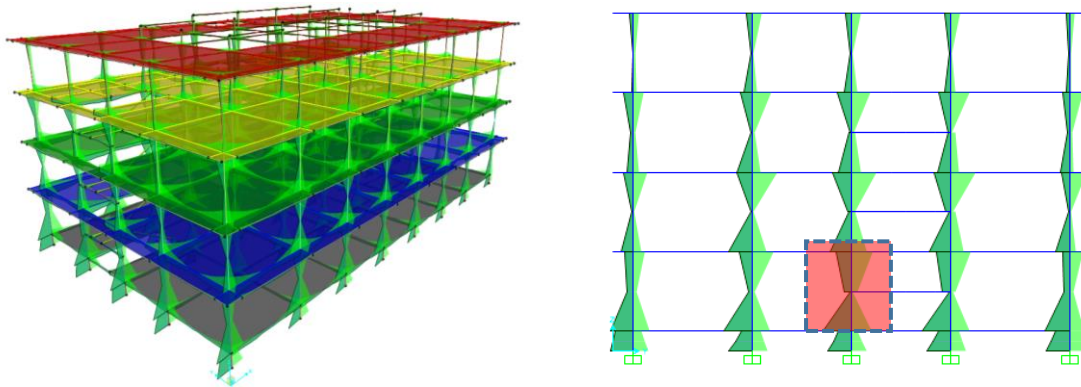


Gambar. 6 Bagan alir perancangan struktur kolom

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

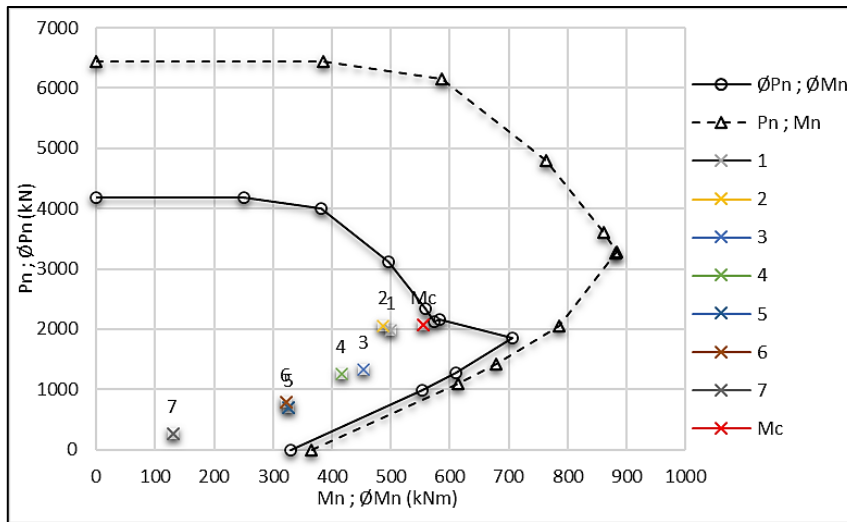
3.1. Analisa Struktur

Analisis struktur dimodelkan menggunakan SAP2000 v22. Sampel kolom yang diambil adalah kolom pada lantai 1 dengan mengambil output gaya paling maksimum. Posisi kolom tersebut memiliki momen maksimum dan gaya aksial yang besar sehingga bisa mewakili dalam proses desain apakah kolom tersebut mampu menahan kondisi hancur terhadap tarik ataupun hancur terhadap tekan.

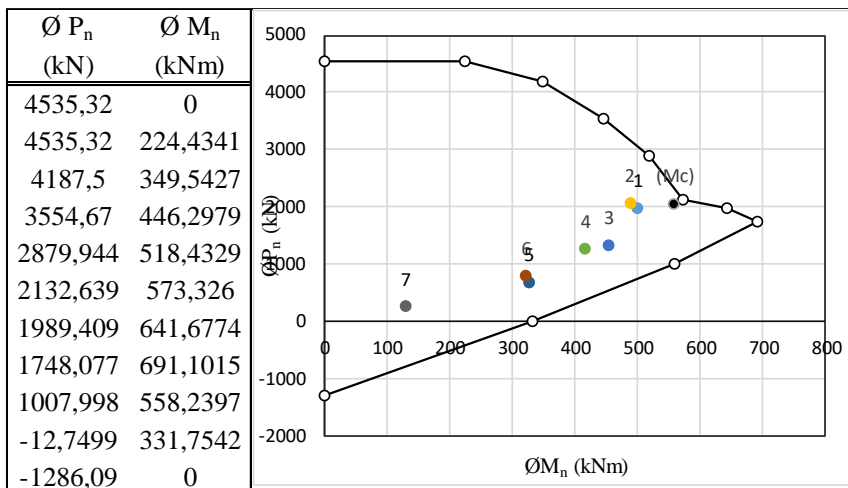


Gambar. 7 Model analisis 3D dan output momen envelope

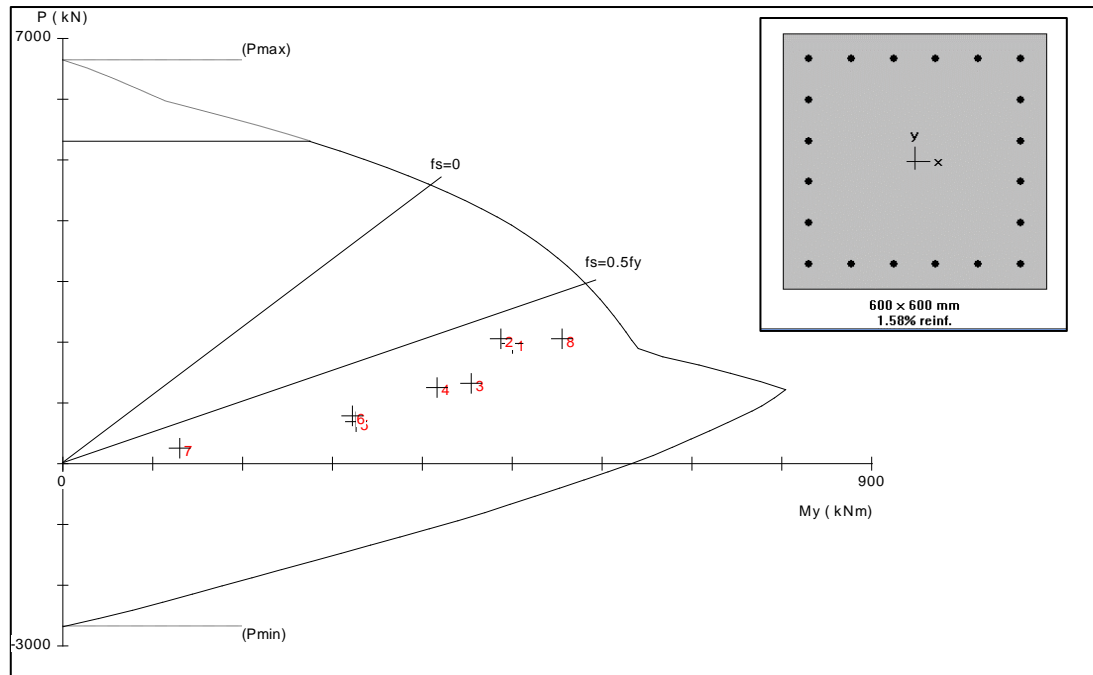
Selain menggunakan SAP2000 dalam analisis kolom juga diperlukan software lainnya yaitu spColumn sehingga perbandingan analisis dari metode manual (Gambar. 8) dengan menggunakan program bantu seperti SAP2000 (Gambar. 8) dan spColumn (Gambar. 10).



Gambar. 8 Diagram interaksi kolom hasil analisa SNI 2847-2019



Gambar. 9 Diagram interaksi kolom hasil output SAP2000 v22



Gambar. 10 Diagram interaksi kolom hasil output spColumn v6.0

3.2. Hasil Desain Tulangan

Perancangan kolom beton bertulang menggunakan mutu beton $f'_c = 24,06$ MPa, tulangan longitudinal menggunakan mutu BJTS 420 dengan diameter 19 mm, dan transversal BJTS 280 dengan diameter 10 mm. Kolom didesain secara seragam dari lantai 1 hingga 4 untuk perencanaan struktur gedung prodi kedokteran universitas borneo Tarakan. Hasil desain kolom dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4 Rencana penulangan balok induk

Lantai	Nama Komponen	Tul. Longitudinal	Tul. Transversal	
			Tumpuan	Lapangan
SB	KPD (65/65)	BJTS-420	BJTS-280	
	Kolom Pedestal	20D19	6D10-100	6D10-100
1 - 4	K1 (60/60)	BJTS-420	BJTS-280	
	Kolom Utama	16D19	6D10-100	6D10-200

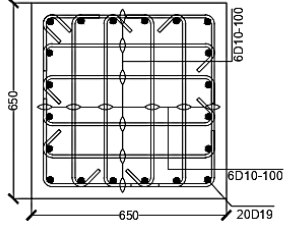
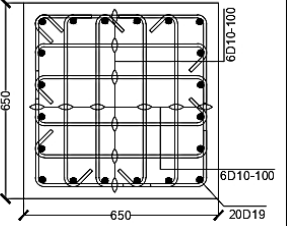
3.3. Gambar Detailing Penulangan Kolom

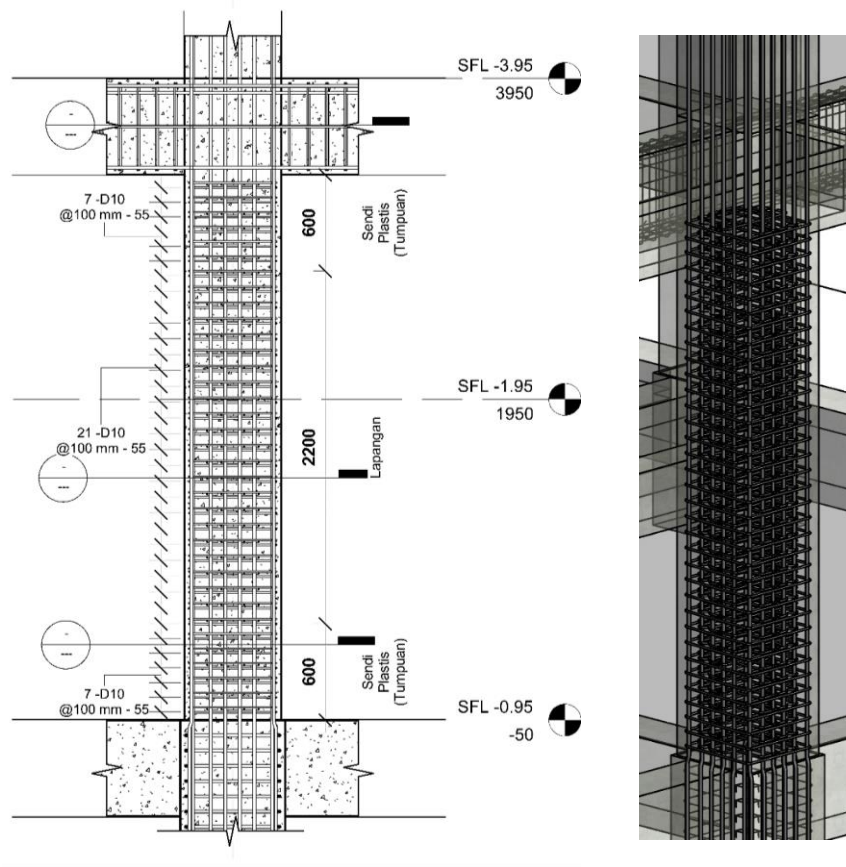
Gambar detailing penulangan pada kolom mengambil salah satu sampel yaitu kolom utama. Adapun gambar detailing kolom dapat dilihat pada Tabel 5 - 6 dan Gambar. 9.

Tabel 5 Rencana penulangan kolom utama

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Nama Komponen	K1	K1
Jenis	Kolom	Kolom
Dimensi	600 / 600	600 / 600
Tul. Utama	20D19	20D19
Tul. Senggang	6D10-100	6D10-110
Mutu Tulangan Pokok	BJTS-420	BJTS-420
Mutu Tulangan Senggang	BJTS-280	BJTS-280
Selimit Beton	40 mm	40 mm
Mutu Beton	K-300 (f'_c 24,06)	K-300 (f'_c 24,06)

Tabel 6 Rencana penulangan kolom pedesatal

KETERANGAN	TUMPUAN		LAPANGAN	
Nama Komponen		KPD		KPD
Jenis		Kolom		Kolom
Dimensi		650 / 650		650 / 650
Tul. Utama		20D19		20D19
Tul. Sengkang		6D10-100		6D10-100
Mutu Tulangan Pokok		BJTS-420		BJTS-420
Mutu Tulangan Sengkang		BJTS-280		BJTS-280
Selimit Beton		40 mm		40 mm
Mutu Beton		K-300 (f_c 24,06)		K-300 (f_c 24,06)



Gambar. 11 Ilustrasi 3D detailing memanjang penulangan kolom

4. KESIMPULAN

Pada kolom lantai 1 sampai 4, semuanya didesain memiliki dimensi serta penulangan yang sama, dimana tulangan longitudinal pada kolom juga menggunakan besi ulir berdiameter 19 mm dengan minimal panjang daerah sendi plastis adalah 0,6 m, sedangkan tulangan geser didesain dengan sengkang 6 kaki menggunakan besi ulir berdiameter 10 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Albertini, I. R., Sulistyorini, D., & Galuh, D. L. (2021). *Analisis Struktur Gedung Kampus 8 Lantai Lantai di Yogyakarta Menggunakan SNI 1726:2019 dan 1727:2020*. Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, 1-12.

- Alstony, Z., & Hernadi, A. (2023). *Perancangan Balok Beton Bertulang Gedung Prodi Kedokteran Universitas Borneo Tarakan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen*. Civil Engineering Scientific Journal, 21-32.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019a). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait*. Jakarta: BSN.
- Hernadi, A., Sahara, R., & Dewi, S. U. (2021, Desember). Perbandingan Kekuatan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 237-247.
- Prasetya, N. A., Hernadi, A., & Nugroho, A. (2021). Studi Komparasi Perancangan Balok Struktural Berdasarkan SNI 2847-2002, SNI 2847-2013 Dan SNI 2847-2019. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 294-306.
- Priyosulistyo, H. (2020). *Perancangan dan Analisis Struktur Beton Bertulang I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Shubki, M. S., & Khatulistiani, U. (2019). *Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Permata Intan Dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode SRPMK di Kota Yoyakarta*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, 7(2), 101-112.