



DESAIN HUBUNGAN BALOK-KOLOM GEDUNG 9 LANTAI MENGUNAKAN SNI 2847:2019 DAN SNI 1726:2019 (Studi Kasus: Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Borneo Tarakan)

Harfri Swasanto*¹, Ahmad Hernadi²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan, Tarakan

e-mail: ¹harfriswasanto.026@gmail.com, ²ahernjineering@gmail.com

ABSTRACT : *Design of beam-column connections needs to be planned by assuming plastic joints at the beam and column base also in reducing structural failure at the joint when cyclic earthquake loads occur. Designed a 9-story building with a total height of 37 m using a dual system and earthquake resistant element design with SNI 2847: 2019, SNI 1726: 2019, and SNI 1727: 2020. The primary data of soil case study data from boring results in 2011, the average value of $\bar{N} = 13.309 < 15$, namely the soft soil site class (SE) in boring hole 2, KDS IV-D value $S_{DS} = 0.558$ and $S_{D1} = 0.4185$. Concrete compressive quality K-350 Kg/m³, steel grade using BjTS 420 MPa. Seismic design permits using response spectrum analysis of irregular frequency results, Failure mechanism of the frame to bear lateral loads 33% (x-direction), 37% (y-direction) and structural walls 67% (x-direction), 63% (y-direction), fundamental frequency of the structure 1.504 seconds percentage 70.8% (UY) and 1.437 seconds percentage 59.7% (UX), number of variations 90% mode 10 and 100% mode 45. Strong Colomn Weak Beam (SCWB) K1 1st floor against x-direction column crawl beam $\Sigma M_n\text{-Column} = 3118.22 \text{ kNm} > \Sigma 1.2M_n\text{-Beam} = 156.97 \text{ kNm}$ and y-direction $\Sigma M_n\text{-Column} = 2681.76 \text{ kNm} > \Sigma 1.2M_n\text{-Beam} = 2245.37 \text{ kNm}$. The beam-column connection (HBK) reinforcement design uses diameters namely; 13mm, and 16mm, the spacing (s) in the beam-column connection uses 90mm, 130mm, and 300mm.*

Keywords: *Beam-column connections, Design, Earthquake.*

ABSTRAK: Desain hubungan balok-kolom perlu direncanakan dengan mengasumsikan terjadi sendi-plastis pada balok dan dasar kolom juga dalam mereduksi kegagalan struktur pada *joint* ketika beban gempa berulang (siklik terjadi). Perancangan gedung 9 lantai ketinggian total 37 m menggunakan sistem ganda dan desain elemen tahan gempa dengan SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020. Data primer data studi kasus tanah hasil boring tahun 2011, Nilai rata-rata $\bar{N} = 13,309 < 15$ yakni kelas situs tanah lunak (SE) pada lubang boring 2, KDS IV-D nilai $S_{DS} = 0,558$ dan $S_{D1} = 0,4185$. Mutu tekan beton K-350 Kg/m³, kelas baja menggunakan BjTS 420 MPa. Gempa desain izin menggunakan analisis respons spektrum hasil kosekuensi ketidakberaturan, Mekanisme kegagalan rangka memikul beban lateral 33% (arah-x), 37% (arah-y) dan dinding struktur 67% (arah-x), 63% (arah-y), frekuensi fundamental struktur 1,504 detik persentase 70,8% (U_Y) dan 1,437 detik persentase 59,7% (U_X), jumlah ragam 90% mode 10 dan 100% mode 45. *Strong Colomn Weak Beam (SCWB) K1* lantai 1 terhadap balok merangkak kolom arah-x $\Sigma M_n\text{-Kolom} = 3118,22 \text{ kNm} > \Sigma 1,2M_n\text{-Balok} = 156,97 \text{ kNm}$ dan arah-y $\Sigma M_n\text{-Kolom} = 2681,76 \text{ kNm} > \Sigma 1,2M_n\text{-Balok} = 2245,37 \text{ kNm}$. Desain tulangan hubungan balok-kolom (HBK) menggunakan diameter yakni; 13mm, dan 16mm, spasi (s) pada hubungan balok-kolom menggunakan 90mm, 130mm, dan 300mm.

Kata kunci: Desain, Gempa, Hubungan Balok-Kolom.

1. PENDAHULUAN

Pertemuan elemen balok dan kolom sebagai zona kritis struktur beton bertulang dengan gempa desain tinggi (khusus), sehingga hubungan balok-kolom (HBK) perlu didesain atau direncanakan guna dapat mereduksi kegagalan kolom dimana dirangkak oleh elemen balok. Desain yang baik dan benar sesuai standar desain hubungan balok-kolom tentunya akan mengurangi kegagalan struktur. Sering terjadinya keruntuhan pada konstruksi balok tinggi dan hubungan balok tinggi-kolom. Keruntuhan ini dipengaruhi oleh model perkuatan tulangnya. Pemakaian tulangan yang kurang dan perubahan perilaku konstruksi akibat pembebanan dapat mengakibatkan kegagalan konstruksi (EY & Subiyanto, 2015). Faktor ekonomis diyakini merupakan faktor utama tidak terpasangnya penulangan geser ini. Kesulitan pelaksanaan, tidak terencana dengan baik, merupakan faktor-faktor lain penyebab tidak cukupnya kekuatan geser pada sambungan ini (Maulana, 2019).

HBK bisa dikatakan sebagai bagian penting dari komponen tahan gempa dari struktur gedung. Hal ini banyaknya mekanisme gaya yang terjadi pada HBK saat terjadi beban gempa. Mekanisme tersebut melibatkan gaya dan momen dari elemen balok-kolom yang bertemu dengan masing-masing kapasitas yang dimiliki sehingga mencegah terjadinya kerusakan perlu desain khusus (Lesmana, 2020). Pada struktur SRPMK atau sistem khusus mutu tulangan ditingkatkan 25% dari mutu awal menjadi $1,25f_y$ (Lesmana, 2020).

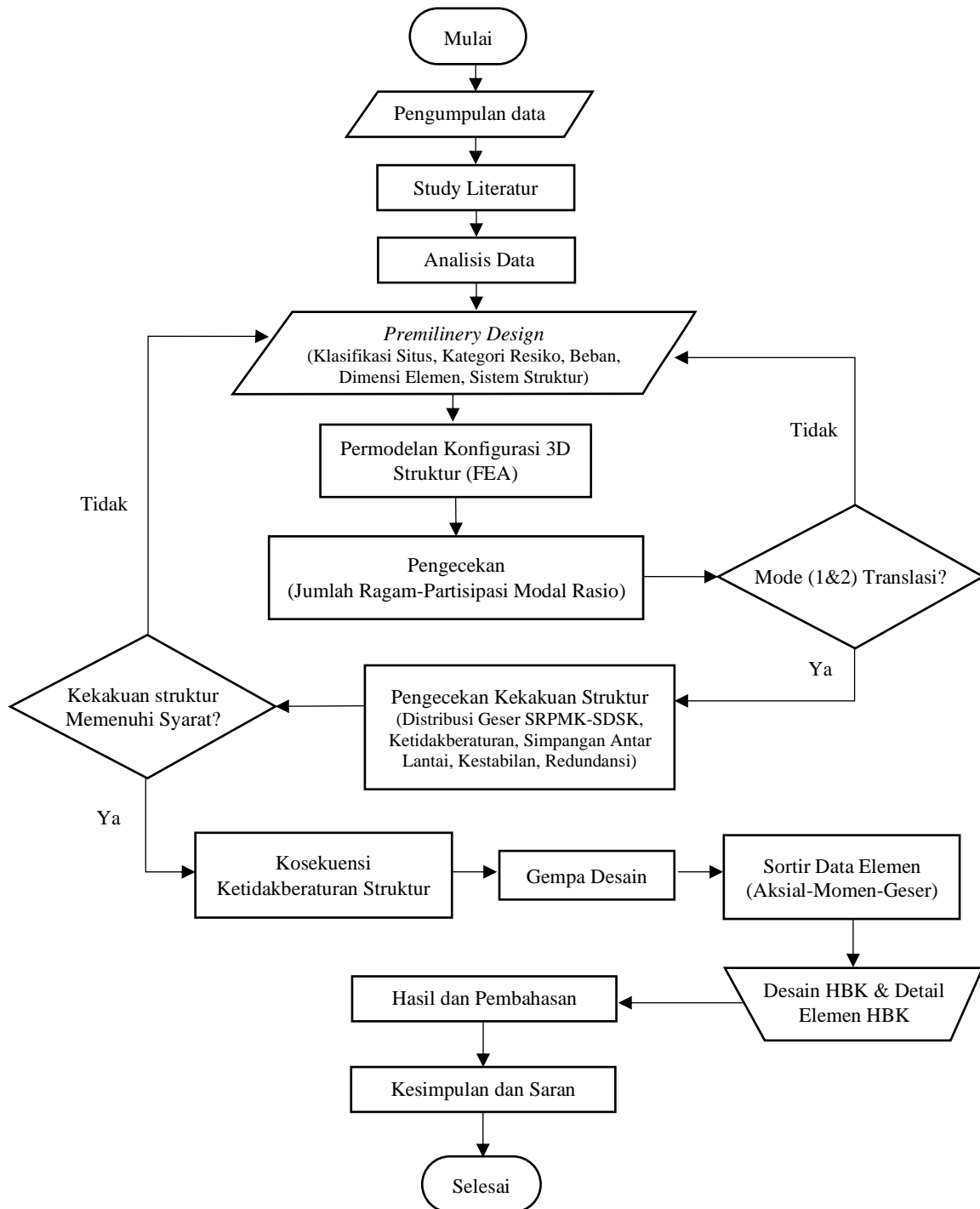
Hasil luaran dari perencanaan HBK pada suatu struktur adalah jumlah kebutuhan tulangan geser (sengkang) yang akan dipasang pada daerah pertemuan elemen balok-kolom. Perhitungan tulangan tersebut diperoleh dengan memperhitungkan gaya tarik pada tulangan, nilai momen akibat balok, dan gaya geser pada ujung-ujung kolom serta pada bagian tengah HBK. Lesmana (2021) mengatakan kombinasi gaya-gaya tersebut yang akan menyebabkan HBK mengalami kegagalan geser bila tidak diperhitungkan dengan baik.

Penggunaan sistem struktur khusus, mengharuskan desain hubungan balok-kolom dengan asumsi pada struktur gedung 9 lantai dapat mereduksi dengan maksimal keruntuhan yang dapat terjadi di hubungan balok-kolom dengan mendesain kekuatan geser dan kapasitas tulangan dari tiap elemen merangkak pada *joint*.

Gedung kuliah memiliki fungsi yang sangat vital karena sebagai fasilitas pendukung untuk segala bentuk aktivitas perkuliahan. Demi menunjang kenyamanan dan keamanan gedung, selain memiliki kekuatan selama masa layan, namun juga harus memiliki kekuatan dalam menghadapi bencana gempa bumi (Alstony & Hernadi, 2023).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian memiliki tahapan penelitian dalam merancang struktur gedung sistem ganda tahan gempa. Perencanaan yang dilakukan difokuskan pada perencanaan hubungan balok kolom yang dipengaruhi oleh gempa. Pemahaman, mengkaji literatur terkait, hingga penggunaan program dengan baik telah dilakukan demi menunjang hasil yang signifikan sesuai pada standarisasi yang berlaku seperti; analisis kestabilan struktur (kekakuan), dan kebutuhan tulangan (kekuatan) elemen. Data awal yang digunakan adalah data gambar arsitektural gedung, denah, potongan, dan data tanah. Data-data hasil analisis gaya dalam (*internal forces*) pada struktur hubungan balok kolom diperoleh dari analisis struktur untuk keseluruhan gedung, selanjutnya digunakan sampel HBK dengan kriteria tertentu untuk dilakukan perencanaan yang menghasilkan output desain tulangan, sehingga dalam tahapan ini akan didapatkan jumlah kebutuhan dan perletakan tulangan pada elemen struktur yang ditinjau. Adapun secara detail alur penelitian ini dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan alir penelitian

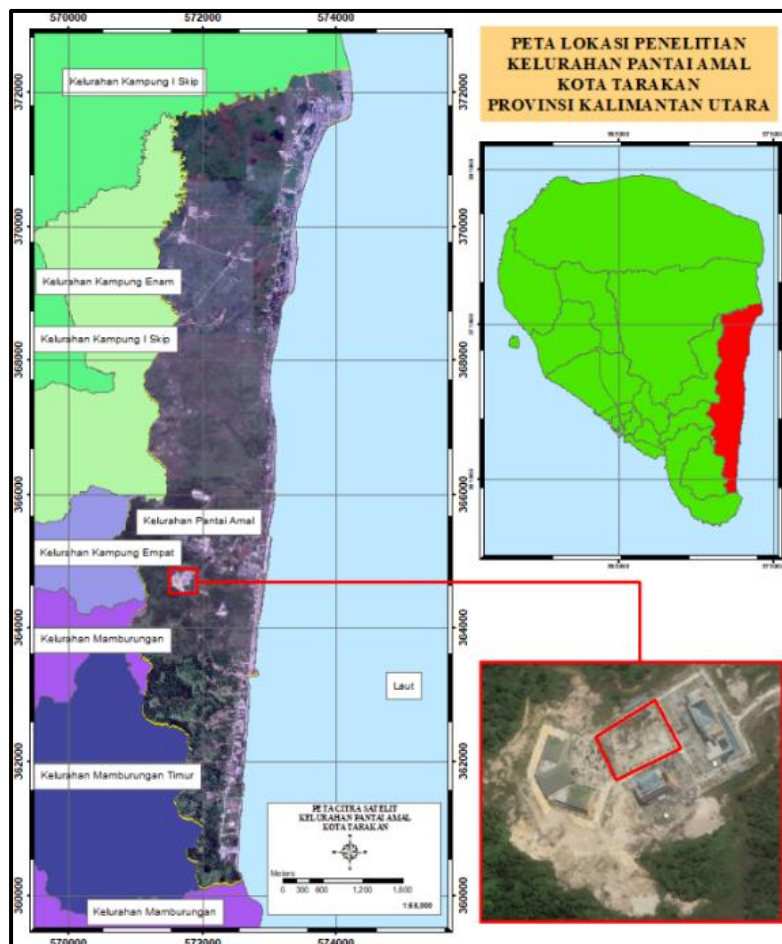
2.1. Tinjauan Umum

Desain hubungan balok-kolom Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Borneo Tarakan menggunakan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 memiliki data parameter desain sebagian sesuai dengan kondisi eksisting, akan tetapi terdapat beberapa modifikasi yang mendasar seperti jumlah lantai menjadi 9 lantai yang awalnya adalah 5 lantai, seperti berikut:

1. Data Umum
 - a) Gedung : Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
 - b) Lokasi : Jl. Amal Lama, No.1, Tarakan Timur Kota Tarakan
 - c) Fungsi Gedung : Kantor dan Pendidikan
 - d) Lantai Bangunan : 8 ruang + 1 Atap (9 Lantai)
 - e) Tinggi Total : 37 m
2. Data Mutu
 - a) Beton : K-350 Kg/m³ (f_c 29,05 MPa)
 - b) Baja : BjTS 420 MPa
3. Balok merangkak
 - a) Balok B1 : 450 mm x 800 mm
 - b) Balok B2 : 450 mm x 800 mm
 - c) Bentang B1 : 8000 mm
 - d) Bentang B2 : 7500 mm

2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi gedung ini dirancang berada dilingkungan Universitas Borneo Tarakan, dengan studi kasus lokasi pada kordinat E = 571699,42m dan 364751,61m tepat pada Jalan Amal Lama Kecamatan Tarakan Timur Kota Tarakan Provinsi Kalimantan Utara, dapat terlihat pada gambar 1 lokasi penelitian berikut;



Gambar 2 Lokasi penelitian

2.2.1. Data Primer

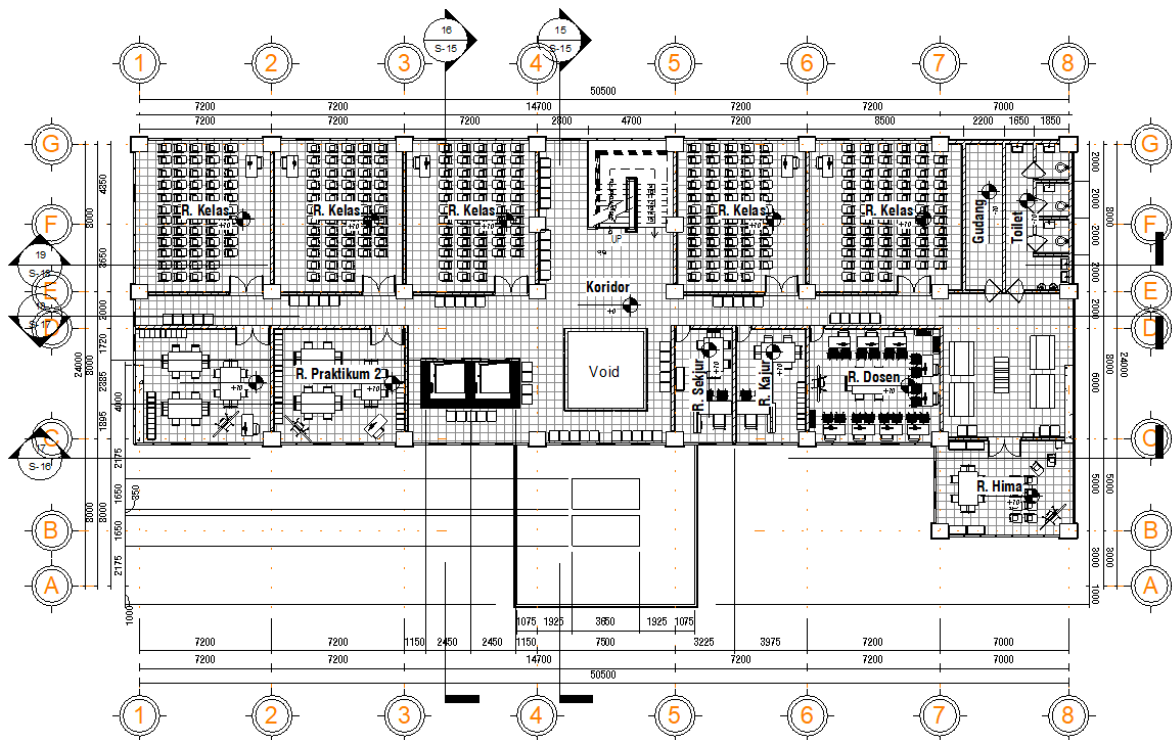
Tahapan awal perancangan dimulai dengan hasil investigasi tanah (boring), seperti pada Tabel 1 data boring hole 2 berikut;

Tabel 1 Data Boring Hole-2

No.	Kedalaman (h), m	Tebal (T), m	N	$N' = \frac{T}{N}$	Keterangan
1.	0-2	2	2	1,000	Lempung
2.	2-4	2	12	0,167	Lempung
3.	4-6	2	6	0,333	Lempung
4.	6-8	2	21	0,095	Lempung
5.	8-10	2	20	0,100	Lempung
6.	10-12	2	32	0,063	Lempung
7.	12-14	2	37	0,054	Lempung
8.	14-16	2	36	0,056	Lempung
9.	16-18	2	45	0,044	Lempung
10.	18-20	2	36	0,056	Lempung
11.	20-22	2	23	0,087	Lempung
12.	22-24	2	36	0,056	Lempung
13.	24-26	2	26	0,077	Lempung
14.	26-28	2	61	0,033	Padat
15.	28-30	2	58	0,034	Padat
Σ Total		30		2,254	

Sumber: Data boring perencanaan FKIP UBT, 2011

Selain itu, konseptual desain denah diperlukan guna mendapatkan dimensi minimum (*preliminary design*) elemen struktur dari bentang tiap arah maka dapat melakukan tahapan selanjutnya yakni analisis struktur dengan program *Finite Elemen Analysis* (FEA), seperti pada gambar 3 denah lantai 2 berikut;



Gambar 3 Denah lantai 2

Modelisasi 3D perancangan penambahan fasilitas gedung fakultas keguruan dan ilmu pendidikan, seperti gambar 4 3D gedung fakultas berikut;



Gambar 4 Tampilan 3D Gedung fakultas

2.2.2. Klasifikasi Situs Kelas Tanah

Berdasarkan SNI 1726:2019 klasifikasi situs data boring (N-SPT) perancangan struktur gedung fakultas dengan ketentuan tabel 2 dan persamaan (1) berikut;

Tabel 2 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{N}
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>50
SD (tanah sedang)	15 – 50
SE (tanah lunak)	<15

Sumber: SNI 1726:2019 Tabel 5 Klasifikasi situs

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (1)$$

Ketentuan dan persamaan diatas guna menentukan klasifikasi situs tanah pada lokasi penelitian, digunakan data tanah hasil boring dengan kedalaman 30 m dibawah permukaan tanah. Parameter gempa desain pada lokasi penelitian dengan situs kelas tanah yang telah ditentukan menggunakan program RSA Puskim 2021.

2.2.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan terfaktor diatur pada SNI 1726:2019 pasal 4.2.2.1, Perancangan elemen struktur dipengaruhi beban seismik horizontal dan vertikal pada SNI 1726:2019 pasal 7.4.2, seperti persamaan (2)-(3) berikut;

$$E_h = \rho Q_E \quad (2)$$

$$E_V = 0,2 S_{DS} D \quad (3)$$

Faktor redundansi (ρ) diasumsikan terjadi ketidakberaturan pada situs kelas E dan F yakni $\rho = 1,3$

2.2.4. Dimensi Minimum Elemen (Preliminary Design)

Dimensi balok minimum diatur pada SNI 2847:2019 tabel 9.3.1.1 digunakan sebagai batasan tinggi minimum dimensi elemen balok induk, seperti pada persamaan (4) berikut;

$$h = \frac{l}{16} \quad (4)$$

Sedangkan untuk menentukan lebar balok umumnya digunakan persamaan (5) berikut;

$$b = \frac{2}{3}h \quad (5)$$

Ketentuan ini hanya sebagai batasan minimum dimensi balok, sehingga untuk memperkaku pada lokasi kelas situs penelitian diperlukannya penyesuaian dimensi tiap elemen demi mendapatkan kekakuan struktur yang handal sehingga memiliki sifat *full ductility* dan terjadi sendi-plastis pada ujung balok dan dasar kolom dalam mereduksi beban desain hingga tidak terjadi keruntuhan tanpa gejala.

Desain geser balok hubungan balok-kolom (HBK) terfaktor diperoleh ujung balok, momen ujung dengan asumsi sama dengan kekuatan momen nominal dalam lentur kurvatur balik, searah jarum jam sebaliknya. Geser maksimum balok menggunakan asumsi nominal ($\phi = 1,0$) hasil kumulatif bersamaan kedua ujung tulangan balok ditingkatkan $1,25f_y$ (SNI 2847:2019). Kapasitas geser hubungan balok-kolom (*joint*) elemen balok, seperti persamaan (6) berikut;

$$V_u = \frac{M_{n1} + M_{n2}}{l_n} \quad (6)$$

Gaya tarik tulangan lentur balok pada hubungan balok-kolom (HBK), seperti persamaan (7) berikut;

$$T_{s-B} = A_s \times 1,25f_y \quad (7)$$

Dimensi kolom struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) batasan minimum harus memenuhi syarat pada pasal 18.7.2.1 (SNI 2847:2019), yakni;

- Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang $\frac{h}{b}$ tidak kurang dari 0,4.

Adapun penentuan dimensi kolom dengan menggunakan persamaan (8), berikut;

$$A = \frac{P_u}{\frac{f'_c}{\phi}} \quad (8)$$

Persamaan tersebut ditentukan berdasarkan tekanan yang terjadi pada *tributary* tiap elemen yang mendistribusikan beban tingkat pada kolom dibawahnya. Geser desain hubungan balok-kolom (HBK) pada elemen kolom dilakukan seperti pada persamaan (9) berikut;

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \quad (9)$$

Desain hubungan balok-kolom (HBK) tulangan *longitudinal* balok di muka *joint* harus menggunakan persamaan konservatif dengan mengasumsikan tegangan terhadap tulangan tarik lentur $1,25f_y$ (SNI 2847:2019). Kekuatan geser (V_n) *joint* disesuaikan pada pasal 18.8.4.1 SNI 2847:2019 seperti tabel 3 berikut;

Tabel 3 Kekuatan Geser Nominal *Joint* V_n

Konfigurasi <i>joint</i>	V_n
Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada keempat sisinya	$1,7\lambda \sqrt{f'_c} A_j$

Konfigurasi joint	V_n
Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan	$1,2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
Untuk kasus-kasus lainnya	$1,0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$

Sumber: SNI 1726:2019 Tabel 18.8.4.1

Kuat geser beton (V_c) memberikan sumbangsih terhadap gaya geser pada hubungan balok-kolom (HBK) joint, seperti persamaan (10) berikut;

$$V_c = 1,7 \left(1 + \frac{N_u}{1,4A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} bd \quad (10)$$

Kuat nominal geser hubungan balok-kolom (HBK) joint (V_n), seperti persamaan (11)-(12) berikut;

$$V_n = V_c + V_s \quad (11)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (12)$$

Ketentuan sengkang pengekangan kolom tiap batang tulangan longitudinal, seperti persamaan (13) berikut;

$$P_u \geq 0,3A_g f'_c \text{ atau } f'_c > 70 \text{ MPa} \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Hubungan Balok-Kolom (HBK)

Analisis hubungan balok-kolom (HBK) menggunakan output dari kapasitas kolom dan balok dengan peningkatan mutu kuat tarik sebesar $1,25f_y$ pasal 18.8.4.1 (SNI 2847:2019), seperti pada hasil analisis yang telah dilakukan terhadap beberapa titik tinjauan struktur terhadap gempa kiri-kanan. Berikut tabel 4 kapasitas momen balok-kolom yang telah ditingkatkan;

Tabel 4 Kapasitas Momen Balok-Kolom (HBK)

HBK	Arah	Terkekang	Arah Gempa	Kapasitas Momen (kNm)
HBK Teras	X	2 Balok Terkekang	Gempa Kanan	423,16
	X		Gempa Kiri	423,16
	Y		Gempa Kanan	720,97
	Y		Gempa Kiri	423,16
HBK Lt. 1-2	X	4 Balok Terkekang	Gempa Kanan	1041,61
	X		Gempa Kiri	1041,61
	Y		Gempa Kanan	1457,63
	Y		Gempa Kiri	1457,63
HBK Lt. 5-9	X	4 Balok Terkekang	Gempa Kanan	1041,61
	X		Gempa Kiri	1041,61
	Y		Gempa Kanan	1261,48
	Y		Gempa Kiri	1261,48

Sumber: Analisis Data, 2023

3.2. Desain Hubungan Balok-Kolom

Desain hubungan balok-kolom (HBK) menggunakan geser kolom pada pasal 18.6.5 (SNI 2847:2019),

dimana geser kolom menggunakan kapasitas balok merangkak terhadap *joint*, seperti tabel 5 kapasitas gaya geser kolom berikut;

Tabel 5 Kapasitas Gaya Geser Kolom (V_u)

Hubungan Balok-Kolom (HBK)	Gaya Geser Kolom, kN ($V_{u_x} = \frac{Mu-x}{L_n}$)	Gaya Geser Kolom, kN ($V_{u_y} = \frac{Mu-y}{L_n}$)
HBK Teras	32,06	50,07
HBK Lt. 1-4	78,91	101,22
HBK Lt. 5-9	78,91	87,90

Sumber: Analisis Data, 2023

Tulangan tarik balok merangkak pada inti (*joint*) dengan meningkatkan mutu tarik tulangan ($1,25f_y$) desain pada gempa kanan-kiri, seperti pada tabel 6 desain tulangan tarik *joint* berikut;

Tabel 6 Desain Tulangan Tarik *Joint*

Hubungan Balok-Kolom (HBK)	Arah	Tulangan Tarik Balok, N ($T_{B-x} = A_s \times 1,25f_y$)	Arah	Tulangan Tarik Balok, N ($T_{B-y} = A_s \times 1,25f_y$)
HBK Teras	T_{B1-x}	595410	T_{B2-y}	-
	T_{B3-x}	-	T_{B4-y}	1041968
HBK Lt. 1-4	T_{B1-x}	1596557	T_{B2-y}	1197418
	T_{B3-x}	798279	T_{B4-y}	2394836
HBK Lt. 5-9	T_{B1-x}	1596557	T_{B2-y}	997848
	T_{B3-x}	798279	T_{B4-y}	1995697

Sumber: Analisis Data, 2023

Pada tiap *joint* memiliki nilai kekuatan geser nominal (V_n) berbeda, hal ini perlu disesuaikan dengan jumlah balok merangkak terhadap *joint*, sehingga perlu disesuaikan seperti pada pasal 18.8.4.1 (SNI 2847:2019) dan terlampir pada Tabel 3 kekuatan geser nominal *joint* (V_n).

Efek geser balok terhadap *joint* memiliki efek kestabilan dengan perlawanan gaya dari geser kolom (V_u), seperti pada tabel 7 hasil desain geser *joint* (V_u) berikut;

Tabel 7 Hasil Desain Geser *Joint* (V_u)

Hubungan Balok-Kolom (HBK)	Arah	Gaya Geser HBK, N ($V_{u-x} = T_{B1} \times T_{B3} - V_u$)	Arah	Gaya Geser HBK, N ($V_{u-x} = T_{B2} \times T_{B4} - V_u$)
HBK Teras	V_{u-x}	563353	V_{u-y}	991901
HBK Lt. 1-4	V_{u-x}	2315926	V_{u-y}	2905943
HBK Lt. 5-9	V_{u-x}	2315926	V_{u-y}	3491030

Sumber: Analisis Data, 2023

3.3. Hasil Desain Tulangan Hubungan Balok-Kolom

Hasil desain hubungan balok-kolom (*joint*) struktur mendapatkan hasil seperti tabel 8 hasil desain hubungan balok-kolom berikut;

Tabel 8 Hasil Desain Hubungan Balok-Kolom

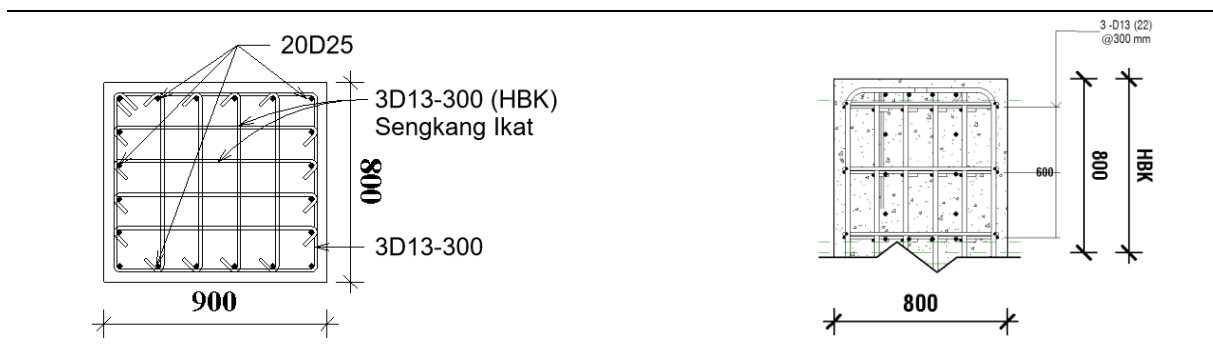
Notasi	Mutu f_y (MPa)	Dimensi, mm	Spasi (s), mm	Kaki	Diameter (d)	Jumlah Longitudinal
HBK-Teras	420	800/900	300	6	13	20
HBK-K1 Lt. 1-4	420	800/900	130	9	16	32
HBK-K1 Lt. 5-9	420	800/900	90	8	13	26

Sumber: Analisis Data, 2023

3.4. Detail Gambar Hubungan Balok Kolom

Hasil desain gambar tulangan hubungan balok-kolom (HBK) dimodelisasikan seperti pada tabel 9 detail penulangan dan gambar 5-7 3D hubungan balok-kolom berikut;

Tabel 9 Detail Penulangan Hubungan Balok-Kolom



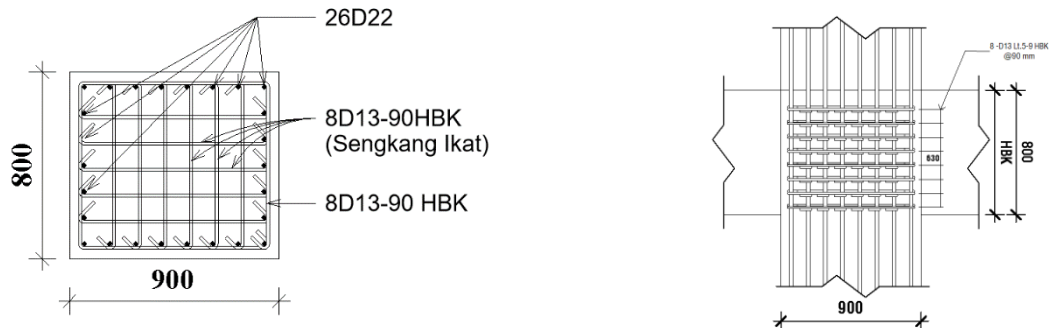
Detail penulangan HBK-Teras

Tulangan Atas	6D25
Tulangan Bawah	8D25
Tulangan Tengah	6D25
Sengkang	D13-300 (135°)
Sengkang Ikat	D13-300 (135°)



Detail penulangan HBK-Lt. 1-4

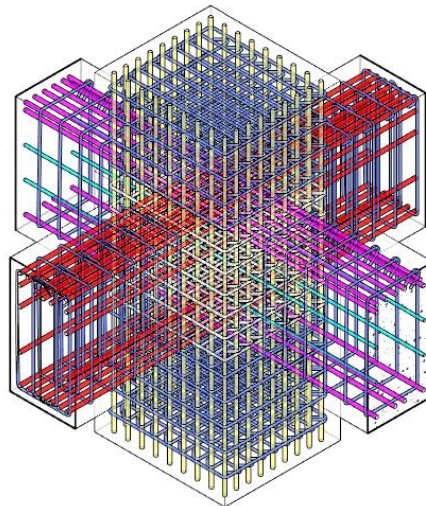
Tulangan Atas	9D22
Tulangan Bawah	14D22
Tulangan Tengah	9D22
Sengkang	6D16-130 (135°)
Sengkang Ikat	6D16-130 (135°)



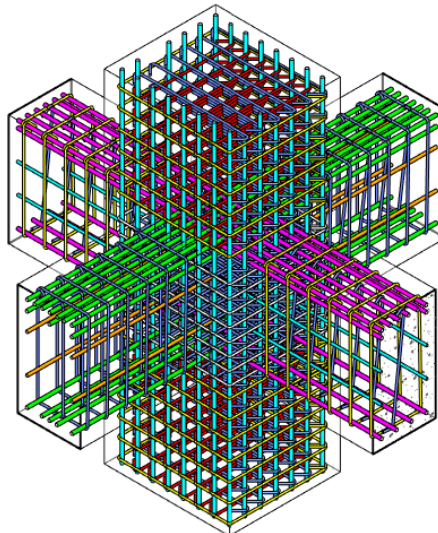
Detail penulangan HBK-Lt. 5-9

Tulangan Atas	8D22
Tulangan Bawah	10D22
Tulangan Tengah	8D22
Sengkang	8D13-90 (135°)
Sengkang Ikat	8D13-90 (135°)

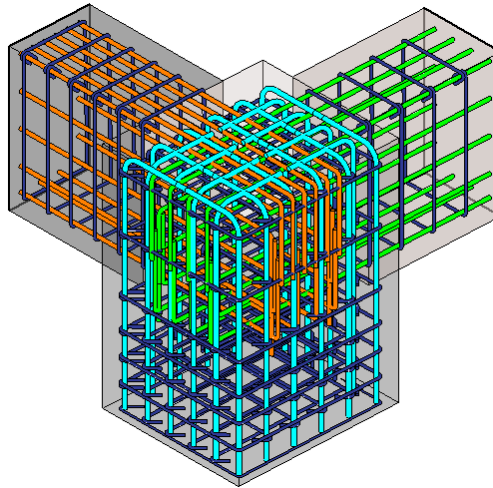
Sumber: Analisis Data, 2023



Gambar 5 3D hubungan balok-kolom Lt. 1-4



Gambar 6 3D hubungan balok-kolom Lt. 5-9



Gambar 7 3D hubungan balok-kolom teras

4. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil desain hubungan balok-kolom (HBK) mendapatkan hasil penggunaan tulangan berdiameter (D) yakni 13 mm, dan 16 mm. Pada tingkat atas memiliki jarak (s) 90 mm dengan diameter (D) 13 mm, hal ini dikarenakan geser struktur dinding geser yang memiliki perilaku *overtuning moment* terbesar ditingkat atas sepanjang elemen dinding geser, sehingga reduksi dihasilkan pada hubungan balok-kolom (*second defense mechanism*) tingkat memiliki jarak dan kebutuhan tulangan bervariasi yakni 90 mm – 300 mm ditiap hubungan yang ditinjau secara keseluruhan. Tiap tulangan longitudinal diberikan sengkang pengikat/pengekang (*confinement*) dikarenakan gaya tekan maksimum (P_u) terkombinasi gempa E memiliki nilai $> 0,3A_g f'_c$, sehingga pemasangan sengkang pengekang/ikat diaplikasikan tiap perpotongan tulangan *longitudinal*. Sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.2 point (f).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Imam Arifin, M.H yang telah mendukung segalanya dan penelitian ini hingga selesai, mba Nur Adriana, A.Md Kep yang telah banyak membantu pada tahap penyelesaian penelitian ini, selanjutnya teruntuk Bapak Agus Purwanto dan Ibu Asih Sukaesih yang telah mendukung segalanya. Penelitian ini tidak akan selesai hanya dengan kaki tangan sendiri tanpa adanya bantuan moral, materil, dan spiritual dari kalian semua.

DAFTAR PUSTAKA

- Alstony, Z., & Hernadi, A. (2023). PERANCANGAN BALOK BETON BERTULANG GEDUNG PRODI KEDOKTERAN UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN. *Civil Engineering Scientific Journal*, 2(1):21-32.
- EY, N. C., & Subiyanto, A. (2015). KARAKTERISTIK HUBUNGAN BALOK-KOLOM PADA STRUKTUR BALOK TINGGI DENGAN PENGEKANGAN. *Media Teknik Sipil*, 13, 161-166.
- Lesmana, Y. (2020). *Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847:2019 & 1726:2019*. Yogyakarta: CV. Nas Media Pustaka.

- Lesmana, Y. (2021). *Handbook Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, & SRPMK) Berdasarkan SNI 2847:2019 & 1726:2019*. Yogyakarta: CV. Nas Media Pustaka.
- Maulana, H. (2019). PERKUATAN SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANG DENGAN VARIASI T-PLAT BAJA. *6th ACE Conference*, 125-132.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2017)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2019)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta

