



DESAIN HUBUNGAN BALOK-KOLOM GEDUNG 9 LANTAI DI UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN MENGGUNAKAN SNI 2847:2019 DAN SNI 1726:2019

Harfri Swasanto*¹, Ahmad Hernadi²

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

e-mail: harfriswasanto.026@gmail.com, ahernjineering@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 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 (Catur dan 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 H, 2019), padahal kapasitas geser rencana dari akumulasi beton dan tulangan geser terdapat peningkatan sebesar kurang lebih 1% dari SNI 2847-2002 ke SNI 2847-2019 (Prasetya et.al, 2021)

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 Y, 2020). Pada struktur SRPMK atau sistem khusus mutu tulangan ditingkatkan 25% dari mutu awal menjadi 1,25fy (Lesmana Y, 2020).

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.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian memiliki tahapan penelitian dalam merancang struktur gedung sistem ganda tahan 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, dapat dilihat seperti pada gambar 1.

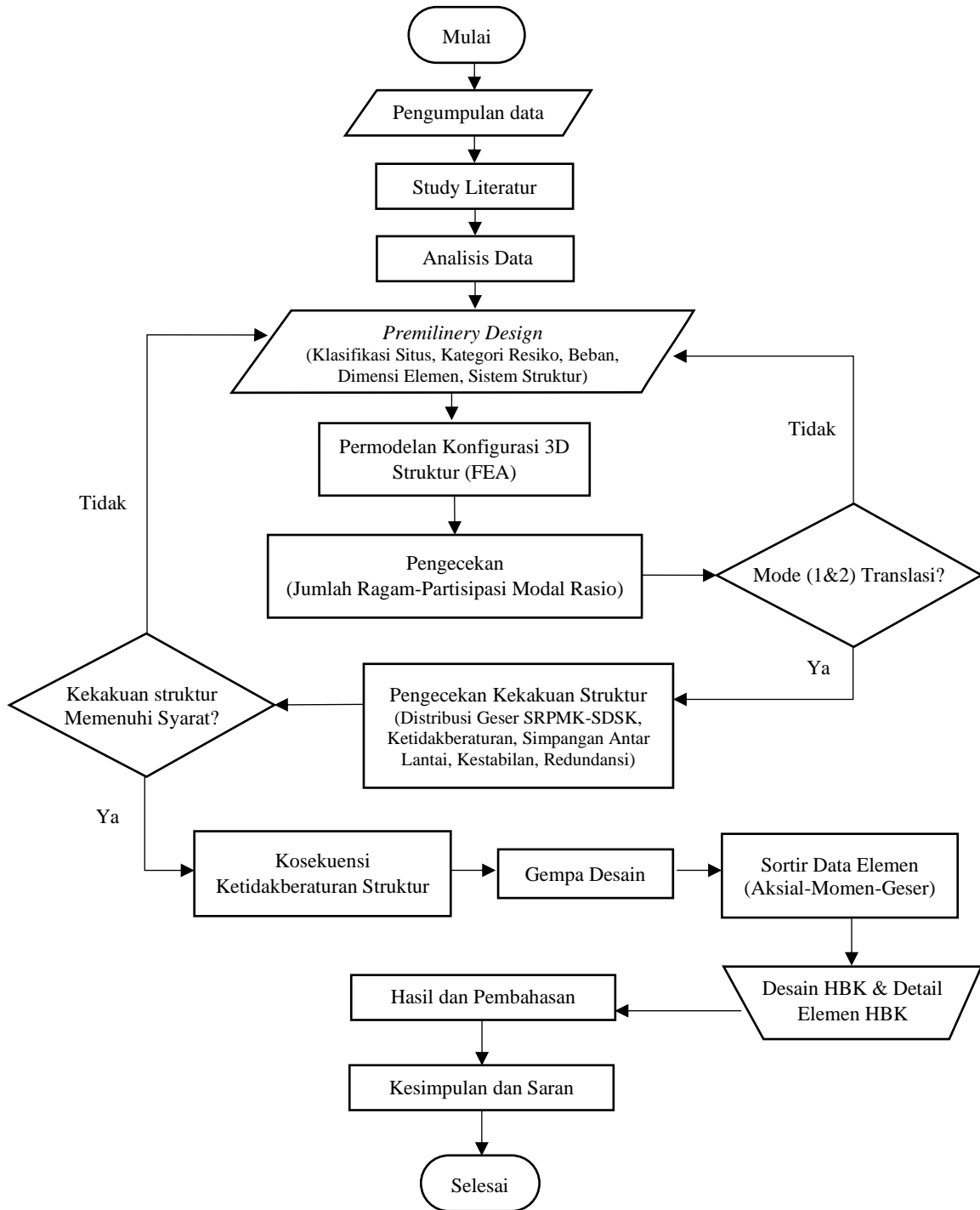
2.1. Tinjauan Umum

Desain hubungan balok-kolom gedung fakultas di universitas borneo Tarakan menggunakan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 (Studi kasus: fakultas keguruan dan ilmu Pendidikan) memiliki data parameter desain, 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 : BJT S 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

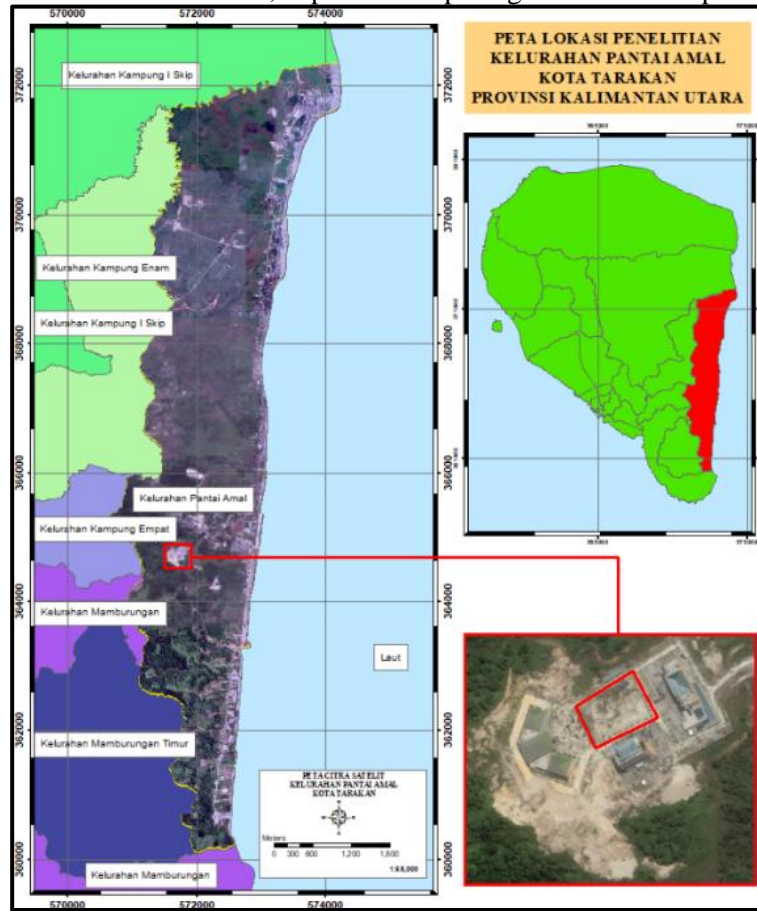


Gambar 1 Bagan alir penelitian

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 Kec. Tarakan Timur Kota Tarakan Provinsi Kalimantan Utara, dapat terlihat pada gambar 1 lokasi penelitian berikut;



Gambar 2 Lokasi penelitian

2.1.1. Data Primer

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

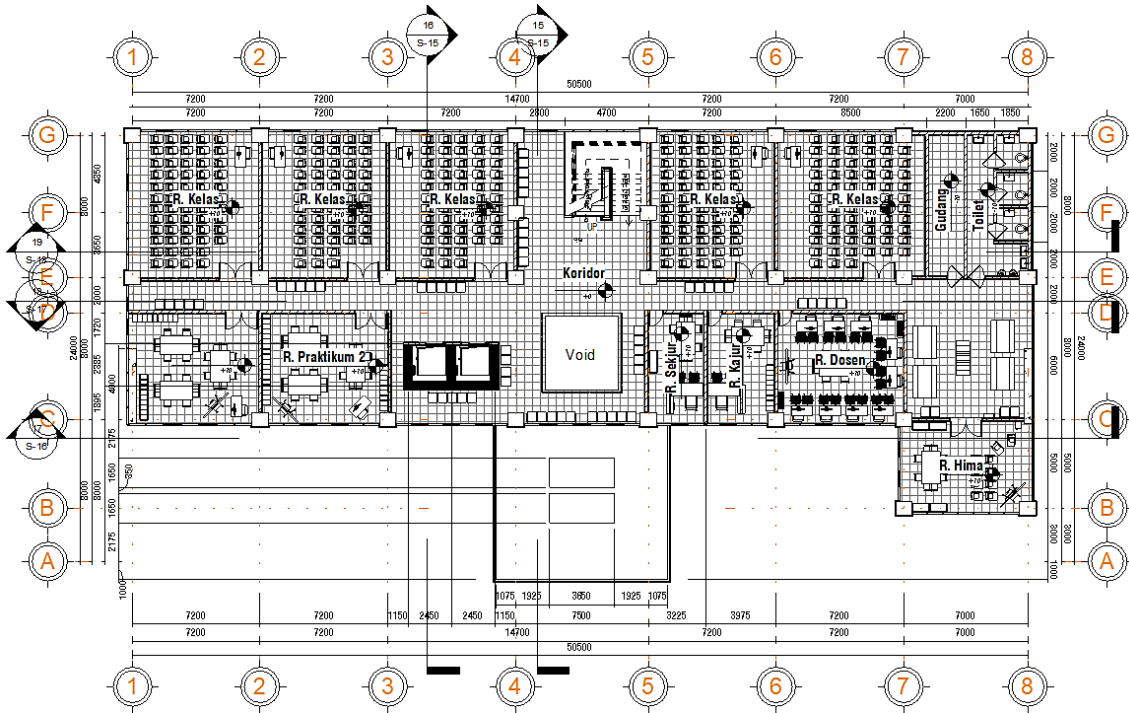
Tabel 1 data boring hole-2

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

No.	Kedalaman (h), m	Tebal (T), m	N	$N' = \frac{T}{N}$	Keterangan
	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 3D Gedung fakultas

2.1.2. 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.

2.1.3. 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;

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

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

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

2.1.4. 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 joint	V_n
Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada keempat sisinya	$1,7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
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;

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

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

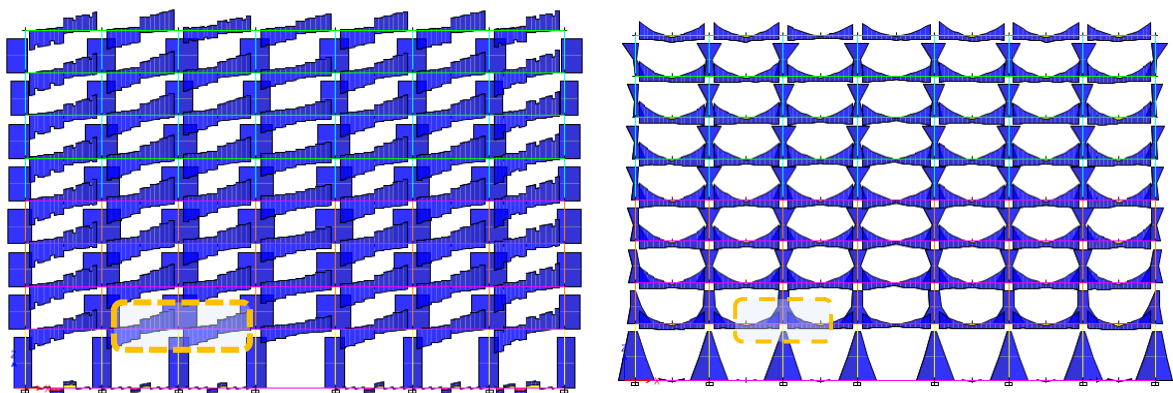
Ketentuan sengkang pengekangan kolom tiap batang tulangan longitudinal, seperti persamaan (13) berikut;

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

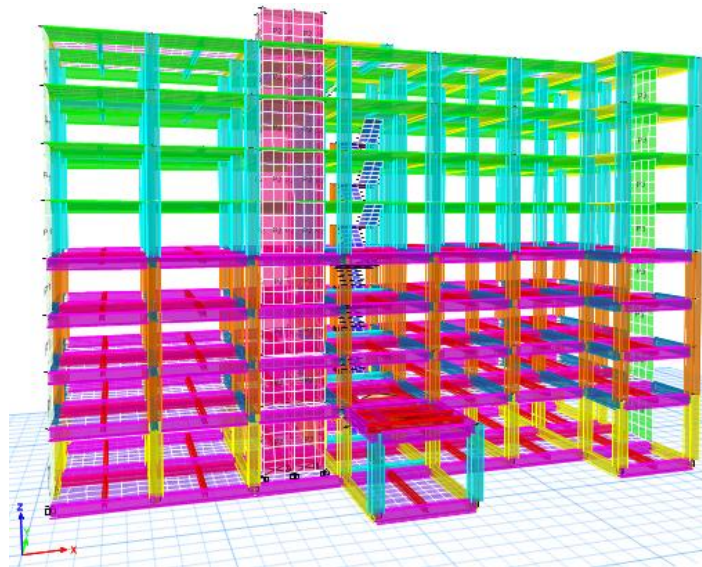
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Hubungan Balok-Kolom (HBK)

Analisis hubungan balok-kolom (HBK) menggunakan output dari kapasitas kolom dan balok dengan peningkatan mutu kuat tekan sebesar $1,25f_c$, pasal 18.8.4.1 (SNI 2847:2019), seperti sampel gambar geser-momen hubungan balok-kolom (HBK) envelope dan model 3D analisis struktur (FEA) analisis program berikut;



Gambar 5 Geser-momen HBK envelope



Gambar 6 Model 3D analisis struktur 3D (FEA)

3.2. Hasil Desain Tulangan Hubungan Balok-Kolom

Hasil desain hubungan balok-kolom (*joint*) struktur mendapatkan hasil seperti tabel 4 berikut;

Tabel 4 Kekuatan geser nominal *joint* V_n

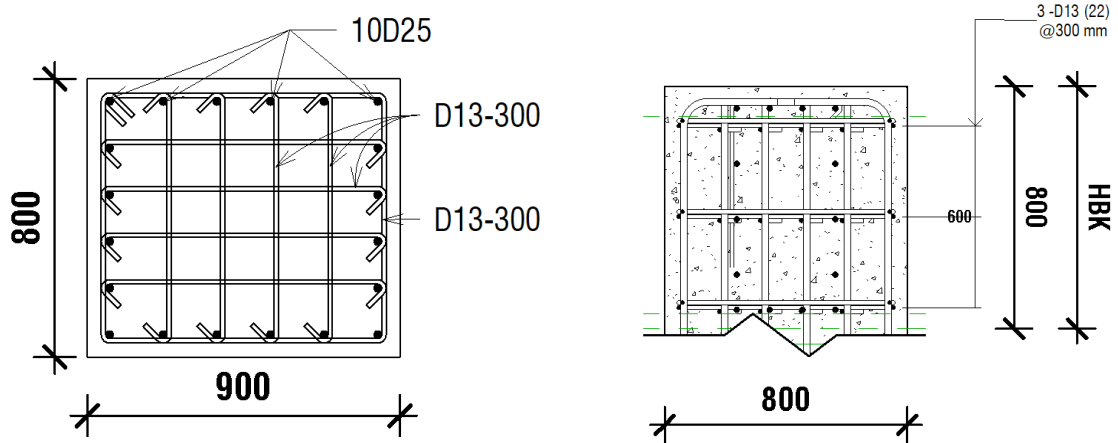
Notasi	Mutu f_y	Dimensi,	Spasi (s),	Kaki	Diameter	Jumlah
--------	------------	----------	------------	------	----------	--------

	(MPa)	mm	mm		(d)	Longitudinal
HBK-Teras	420	800/900	300	6	13	20
HBK-K1 Lt. 1	420	800/900	130	9	16	32
HBK-K1 Lt. 2-4	420	800/900	130	9	16	32
HBK-K1 Lt. 5-9	420	800/900	90	8	13	26

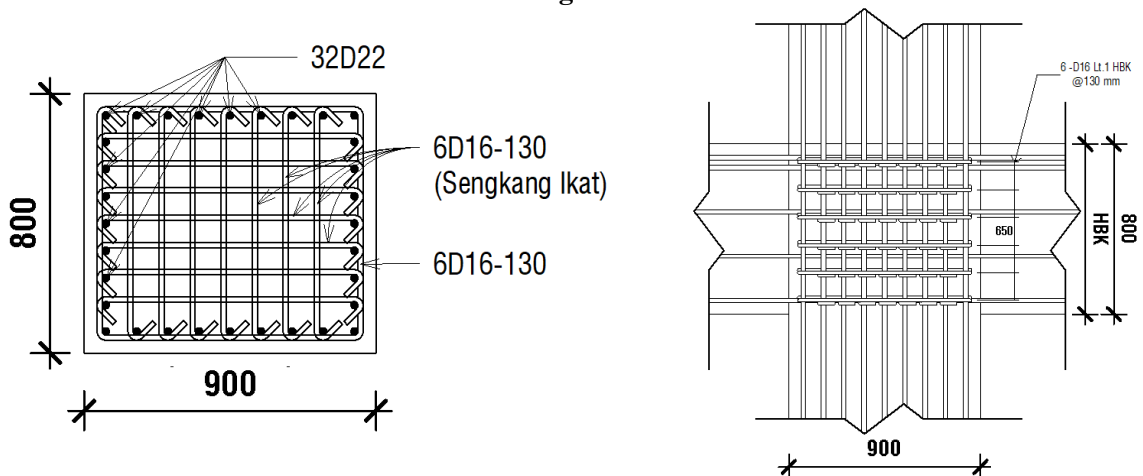
Sumber: Analisis Data, 2023

3.3. Detail Gambar Hubungan Balok Kolom

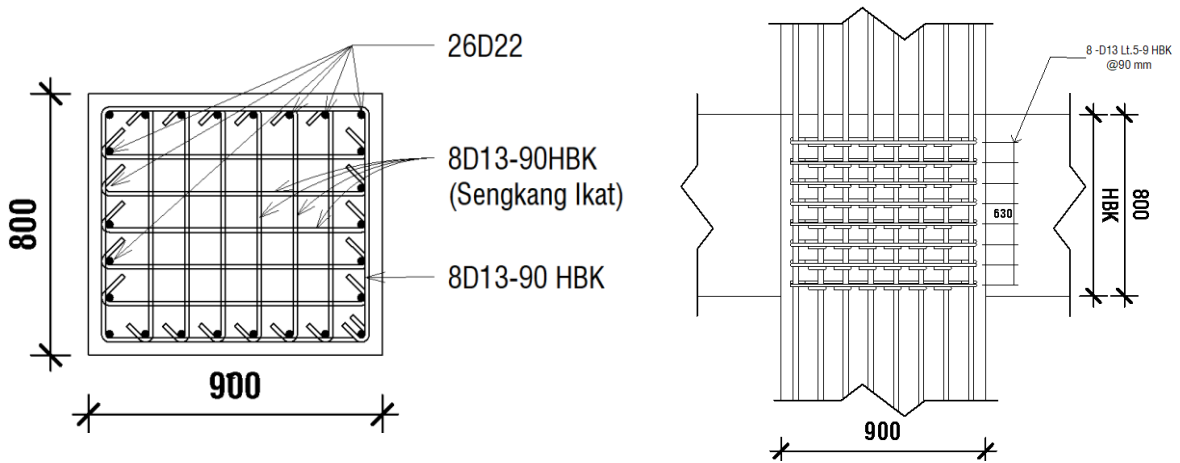
Hasil desain gambar tulangan hubungan balok-kolom (HBK) dimodelisasikan seperti pada gambar 8-13 berikut;



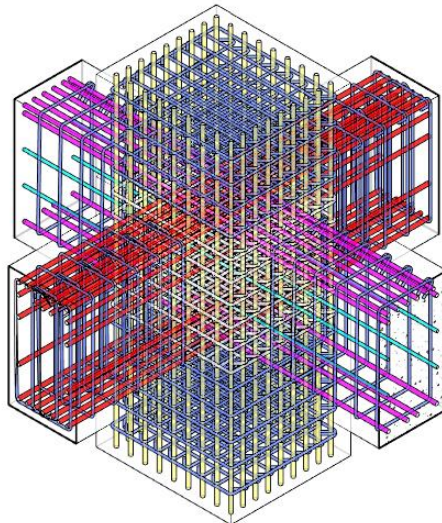
Gambar 8 Hubungan balok-kolom teras



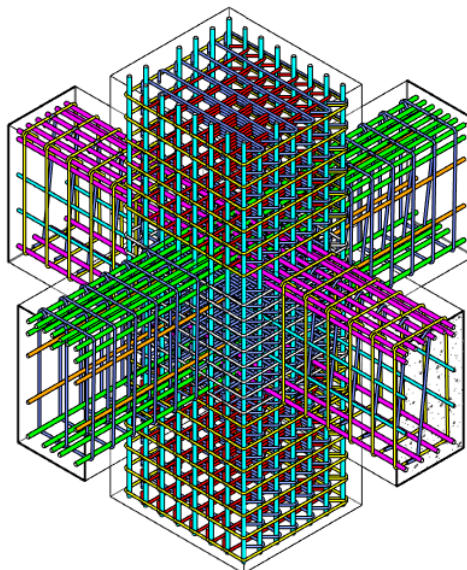
Gambar 9 Hubungan balok-kolom lt. 1-2



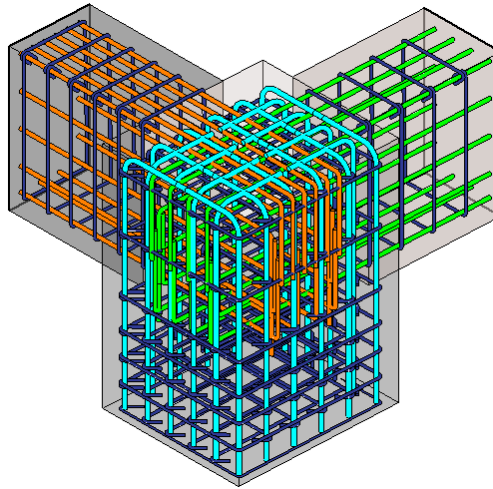
Gambar 10 Hubungan balok-kolom Lt. 5-6



Gambar 11 3D hubungan balok-kolom Lt. 1-2



Gambar 12 3D hubungan balok-kolom Lt. 5-9



Gambar 13 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 paman Imam Arifin, M.H. telah mensupport segalanya pada perkuliahan dan penelitian ini hingga selesai, mba Nur Adriana, A.Md Kep. yang telah banyak membantu pada tahap penyelesaian penelitian. bapak Agus Purwanto dan ibu Asih Sukaesih di rumah telah mensupport segalanya. Penelitian ini tidak akan selesai hanya dengan kaki tangan sendiri tanpa adanya bantuan moral, materil, dan spiritual dari kalian semua.

DAFTAR PUSTAKA

- EY, N. C., & Subiyanto, A. (2015). KARAKTERISTIK HUBUNGAN BALOK-KOLOM PADA STRUKTUR BALOK TINGGI DENGAN PENGEKANGAN. *Media Teknik Sipil*, 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.

- Standar Nasional Indonesia. (2017). *Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2017)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2020). *Beban Desain minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2019)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- 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, Vol. 5 No.3, Hal: 294-306, DOI: <https://doi.org/10.35334/be.v5i3.1874>