

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG UKM POLITEKNIK PU SEMARANG MENGGUNAKAN KOLOM BULAT

MJ. Bonang Al Mujahid¹, Armin Naibaho², Akhmad Suryadi³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ³Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

Email: muhbonang@gmail.com, naibaho@polinema.ac.id, akhmad.suryadi@polinema.ac.id

ABSTRAK

Gedung UKM Politeknik PUPR Semarang beralamat di Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang. Bangunan ini terdiri atas 5 Lantai dengan luas total bangunan $\pm 3.960 \text{ m}^2$. Gedung ini direncanakan ulang untuk mendapatkan alternatif desain menggunakan kolom bulat. Kolom bulat berpenampang spiral memiliki perilaku yang berbeda dibandingkan kolom berbentuk persegi pada saat terjadi keruntuhan. Tulangan spiral setidaknya dua kali lebih efektif dari pada tulangan memanjang dalam kontribusinya terhadap tekan. Dari hasil perhitungan, diperoleh : gording Light Channel 150.50.20.4.5, kuda-kuda profil WF 200.100.5.5.8, penggantung gording $\varnothing 12 \text{ mm}$, ikatan angin $\varnothing 16 \text{ mm}$, sambungan baut HTP A325 D16 mm, panjang angkur 250mm, pelat lantai dengan tebal 120 mm menggunakan tulangan utama $\varnothing 10\text{-}150 \text{ mm}$ tumpuan dan lapangan, balok Induk 30/60 pada daerah tarik 8D19 tekan 4D19 dengan tulangan geser 2D13-100 mm untuk daerah tumpuan dan D13-150mm untuk daerah lapangan. Tangga A,B tulangan utama D13-150mm, tulangan bagi $\varnothing 8\text{-}150 \text{ mm}$. Kolom D650 Tulangan Utama 18D22 sengkang spiral tumpuan D13-100 dan lapangan D13-125. Rencana Anggaran Biaya untuk elemen struktur atas sebesar Rp 12.487.200.000,00.

Kata kunci : Modifikasi; Kolom Bulat; Penampang Spiral

ABSTRACT

The UKM building of Politeknik PUPR Semarang is situated at Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Semarang City. The building in question comprises five floors and has a total building area of approximately 3,960 square meters. The existing structure of this building is being modified to incorporate a revised design featuring round columns. The utilization of SNI regulations 1727-2020 is employed for the loading system, while SNI regulations 2847-2019 are utilized for conducting calculations pertaining to reinforced concrete structures. The present study involves the application of Autodesk Robot Structural Analysis 2021 for the purpose of conducting structural statics analysis. The structural response of a round column with a spiral cross-section differs from that of a square column in the event of failure. The effectiveness of spiral reinforcement in contributing to compression is at least twice that of longitudinal reinforcement. Based on the obtained calculation results, the following specifications were determined: the Light Channel curtains have dimensions of 150.50.20.4.5, the WF profile used has dimensions of 200.100.5.5.8, the curtain rod hangers have a diameter of 12 mm, the wind ties have a diameter of 16 mm, the HTP A325 bolt connections have a diameter of 16 mm, the anchor length is 250 mm, and the floor slab has a thickness of 120 mm with main reinforcement of diameter 10-150 mm. The user's text is quite brief and lacks context. However, based on the given phrase, it appears that the user is requesting support or guidance in a specific area or field. The primary structural element, commonly referred to as the main beam, is designed to withstand tensile forces. Specifically, the main beam is reinforced with materials that possess a tensile strength of 30/60. The stress reinforcement for support area is 8D19, while for field area it is 4D19 with transversal reinforcement of 2D13-100mm for support area and D13-150mm for field area. In this context, Ladder A consists of D13-150mm main reinforcement, while $\varnothing 8\text{-}150 \text{ mm}$ reinforcement is utilized for support purposes. In this context, the term "Column D650" refers to a specific column within a dataset or spreadsheet. The primary reinforcement utilized in the structure consists of 18D22 spiral stirrups, while the support and pitch are reinforced with D13-100 and D13-125, respectively. The allocated budget for superstructure elements amounts to IDR 12.487.200.000,00.

Keywords : Modification; Round Column; Spiral Section

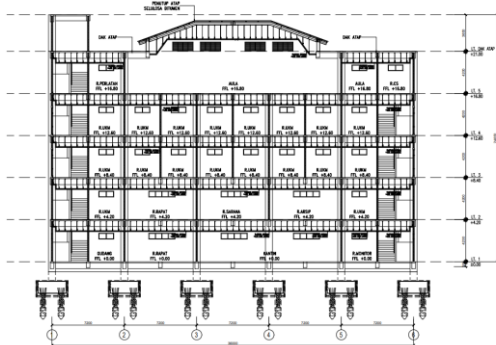
1. PENDAHULUAN

Kolom merupakan suatu struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai dan runtuhnya bangunan secara total. Di Indonesia perencanaan struktur kolom gedung bangunan sekolah, perkantoran bahkan pusat perbelanjaan biasanya menggunakan kolom empat (4) sisi atau disebut persegi. Di sisi lain terdapat beberapa jenis kolom lainnya seperti kolom dengan bentuk bulat dan kolom komposit. Kolom bulat sesuai namanya penampang berbentuk bulat/lingkaran tersusun atas material beton, tulangan utama dan tulangan sengkang berbentuk spiral. Adanya perbedaan yang mendasar dari desain kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran dimana kolom bulat yang berpenampang spiral lebih efektif dibandingkan dengan sengkang persegi dalam hal meningkatkan kekuatan kolom.

Kolom bulat berpenampang spiral memiliki jarak sengkang lebih berdekatan dibandingkan kolom berbentuk persegi. Kolom bulat dengan penampang spiral menunjukkan perilaku yang lebih daktil dibandingkan sengkang persegi. Perilaku daktil ditunjukkan kolom dengan sengkang spiral. Pada saat beban ultimate tercapai kolom akan mengalami pengelupasan pada selimut beton. Namun, inti beton akan tetap berdiri. Apabila jarak antar sengkang dibuat cukup rapat maka kolom masih mampu memikul beban aksial yang cukup besar.

2. METODE

Data pada proyek pembangunan Gedung UKM Politeknik PU Semarang data proyek sebagai berikut :
Data Struktur Beton



Gambar 1. Potongan Memanjang Bangunan

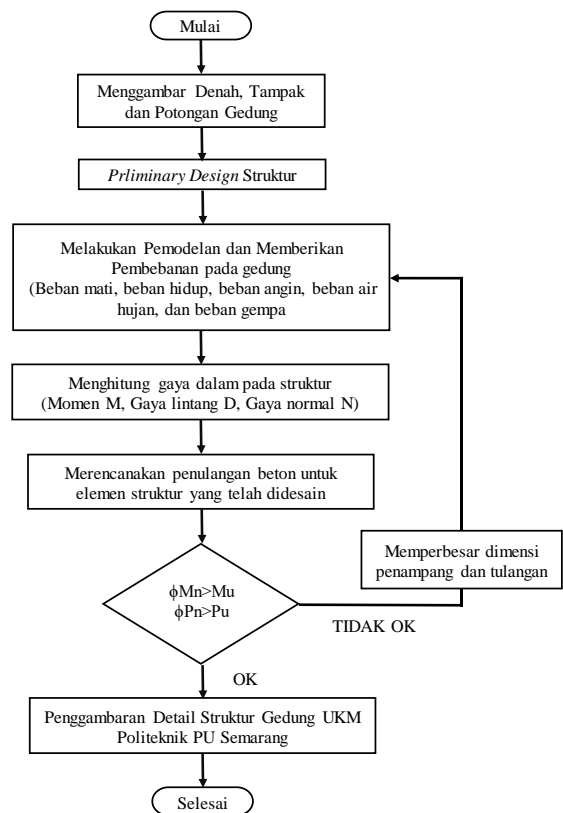
- Fungsi Bangunan : Gedung Perkuliahan
- Jumlah Lantai : 5 lantai
- Tinggi Bangunan : 24,65 m
- Tinggi per-Lantai : 4,20 m

- Tinggi ruang mesin : 3,60 m
- Denah Bangunan tiap lantai : 22 m x 36 m
- Luas total Bangunan : 3960 m²
- Lokasi Bangunan : Semarang
- Sistem Struktur : Rangka pemikul momen khusus
- Mutu Beton (f'c) : 30 MPa
- Mutu Baja (fy) : 400 MPa
- Elastisitas Baja : 200.000 MPa
- Berat Jenis Beton Bertulang : 2.400 kg/m³

Data Atap Baja

- Mutu Baja : BJ 37
- Jenis Profil : WF 200 x 100 x 5,5 x 8
- Bentang Kuda-kuda : 9,3 m
- Jarak Kuda-kuda : 4 m
- Sudut Kemiringan : 20°
- Penutup Atap : Onduline
- Jenis Gording : Light Lip Channel 150.50.20.4,5

Diagram alir perencanaan Pembangunan Gedung UKM Politeknik PU Semarang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Bagan Alir Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan mengacu pada sumber referensi terlampir didapatkan :

1. Beban Mati Tambahan (DL2)
 - Beban pada pelat lantai = 156 kg/m²
 - Beban pada balok = 890 kg/m

- Beban pada tangga = 108 kg/m²
- Beban pada atap dak = 90,2 kg/m²
- 2. Beban Hidup (LL)
 - Beban hidup lantai = 479 kg/m²
 - Beban hidup atap (Lr) = 96 kg/m²
- 3. Angin (W)
 - Arah X+ = 146,86 kg/m²
 - Arah X- = 122,37 kg/m²
 - Arah Y+ = 97,89 kg/m²
 - Arah Y- = 73,42 kg/m²

4. Beban Gempa

Tanah pada daerah lokasi proyek diklasifikasikan sebagai SE (tanah lunak). Dan didapatkan beberapa parameter perhitungan gempa $S_s = 0,8881$, $S_1 = 0,379$, dan $T_L = 16$. Kategori resiko bangunan IV dengan nilai $C_s = 0,132$.

Untuk mengetahui nilai gaya gempa maka diperlukan nilai berat bangunan. Berat seismik efektif dari struktur (W) dihitung dari berat di tiap lantai. Berikut merupakan perhitungan dari berat bangunan.

Tabel 1. Rekapitulasi Berat Struktur

Tingkat lantai	DL (kN)	LL 25% (kN)	Beban total (1DL + 0.25LL) (kN)	Beban total (1DL + 0.25LL) (kg)
Atap	314,9	83,41	398,29	39829,32
Lantai 5	4217,311	852,26	5069,57	506957,13
Lantai 4	7914,723	904,47	8819,19	881919,48
Lantai 3	7914,723	904,47	8819,19	881919,48
Lantai 2	7914,723	904,47	8819,19	881919,48
Lantai 1	14830,8	1483,08	16313,86	1631386,27
Berat seismik efektif			48239,311	4823931,146

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan distribusi vertikal gaya gempa (Fx) harus dihitung untuk mendapatkan gaya gempa pada setiap portal. Gaya tersebut terdistribusi menjadi arah x dan arah y

Tabel 2. Nilai Fx untuk tiap lantai gedung

Lantai	h ^k	W _i	F _i = C _{vx} · V	Fix = 1/4Fi	Fiy = 1/6Fi
5	33,66	39829,32	10014,41	2503,6	1669,07
4	26,84	506957,13	101640,59	25410,15	16940,1
3	19,19	881919,48	126425,26	31606,31	21070,88
2	11,96	881919,48	78794,13	19698,53	13132,35
1	5,33	881919,48	35112,59	8778,15	5852,1

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam perencanaan struktur gedung, simpangan antar lantai (story Drift) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur dalam menahan gempa. Berikut perhitungan sebagai kontrol terhadap simpangan antar lantai.

Tabel 3. Kontrol Simpangan Antar Lantai

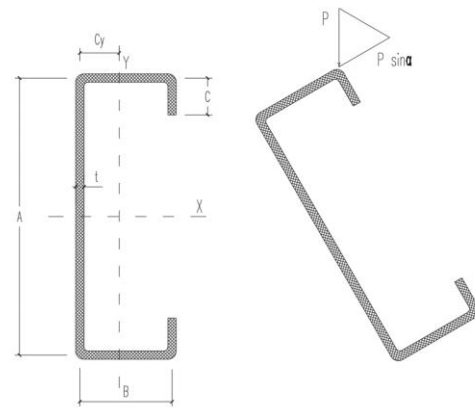
Lantai	Tinggi	Perpindahan X,Y	Simpangan X,Y	Batas
--------	--------	-----------------	---------------	-------

	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
5	4200	36	36	14,667	14,667	32,308
4	4200	32	32	22	22	32,308
3	4200	26	26	32	32	32,308
2	4200	17	17	32	32	32,308
1	4200	8	8	29,333	29,333	32,308

Sumber: Hasil Perhitungan

Karena Simpangan $\Delta < \Delta_{ijin}$ beban gempa tersebut aman terhadap struktur bangunan Gedung UKM. Dalam hal ini diambil nilai perpindahan (deformasi) dari setiap story pada software RSAP.

Gording



Gambar 3. Properti Profil Ligt Lips Channel

Output gaya dalam dari software Robot structural analysis 2021 (kombinasi 1.2D+1.6L+0.5R)

- Mux = 304,95 kgm
- Muy = 97,90 kgm

Kontrol kelangsingan gording dikategorikan flens tak kompak dan web kompak. Didapatkan nilai momen nominal sebagai berikut :

- Mnx = 2341,313 kgm
- Mny = 422,664 kgm

Nilai momen nominal dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan sebesar $\phi = 0,9$ nilai tersebut harus lebih besar dari output gaya dalam gording.

Desain Kuda-kuda

Hasil gaya dalam didapatkan dari software Robot structural analysis 2021 (kombinasi 1.2D+1.6L+0.5R)

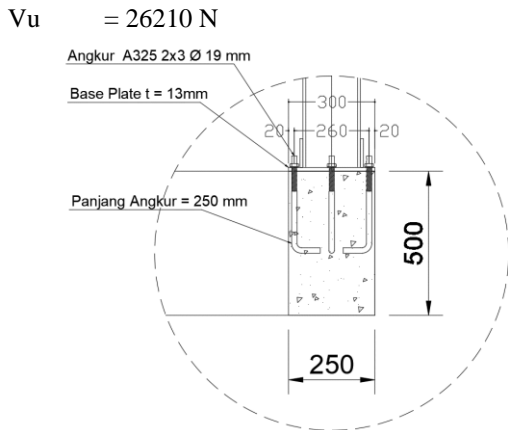
- Mu = 12940000 N.mm
- Nu = 33420 N
- Vu = 9950 N

Type sambungan baut kuda-kuda menggunakan A325M berdiameter 16mm dengan jumlah baut minimal 3 buah. Dengan profil WF 200x100x5,5x8

Perletakan Kuda-kuda

Hasil gaya dalam terbesar dari software Robot structural analysis 2021 (kombinasi 1.2D+1.6L+0.5R)

- Mu = 17070000 Nmm
- Pu = 32490 N



Gambar 4. Desain Perletakan Kuda-kuda

Dari hasil perhitungan dipakai tebal base plate 13mm dengan jumlah angkur sebanyak 6 buah sepanjang 250mm.

Pelat Lantai

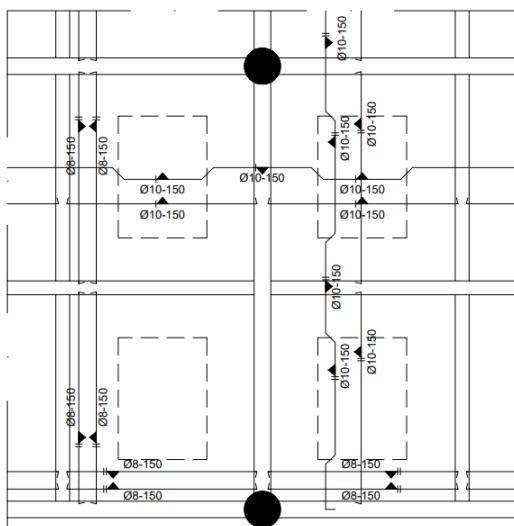
Data-data perencanaan balok sebagai berikut:

- Tebal Pelat = 12 cm
- f_y = 280 MPa

Dari Perhitungan software Robot structural analysis 2021 didapat gaya dalam:

- Momen Lapangan X = 807,94 kgm
- Momen Lapangan Y = 490,48 kgm
- Momen Tumpuan X = 643,52 kgm
- Momen Lapangan Y = 361,81 kgm

Berdasarkan hasil analisa penulangan pelat lantai didapatkan. Penulangan arah X Ø10-150 dan arahY Ø10-150.

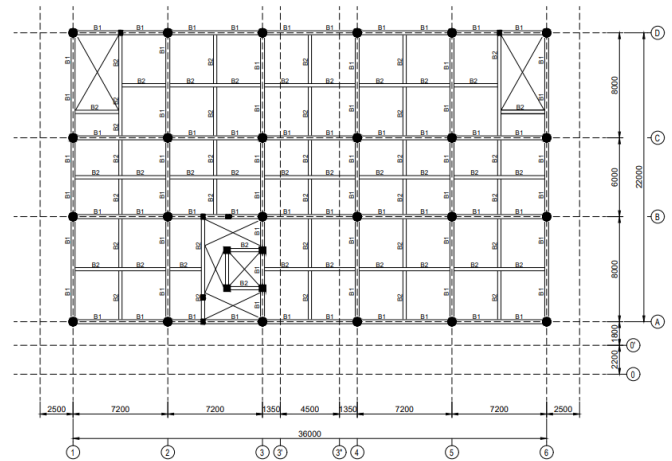


Gambar 5. Detail Penulangan Pelat Lantai (t=120)

Balok

Data-data perencanaan balok sebagai berikut:

- Tulangan Utama = 19 mm
- Tulangan Sengkang = 13 mm
- Tebal Selimut = 4cm
- f_c' = 30 MPa
- f_y = 400 Mpa



Gambar 6. Denah Balok

Hasil gaya dalam terbesar yang dihasilkan dari kombinasi pembebanan dengan nilai dari software Robot structural analysis 2021 berikut yaitu kombinasi 1,374DL + 1,0LL + 1,3Qex + 0,39Qey

Tabel 4. Momen Balok 300/600 Terbesar

No	Balok	Letak	Momen	Satuan
1	Story 5 -	Tumpuan	31293,63	Kgm
2	Grid B	Lapangan	18082,94	Kgm

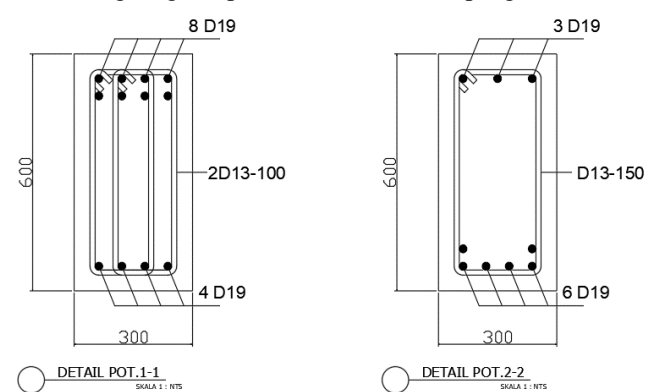
Sumber: Hasil Input Software

Tabel 5. Geser Balok 300/600 Terbesar

No	Letak	Gaya Geser	Satuan
1	Kiri	22098,02	kg
2	Kanan	25538,54	kg

Sumber: Hasil Input Software

Berdasarkan hasil analisa perhitungan kebutuhan tulangan didapatkan tulangan tarik 8D19 dan tulangan tekan 4D19, sengkang tumpuan 2D13-100 dan lapangan D13-150.

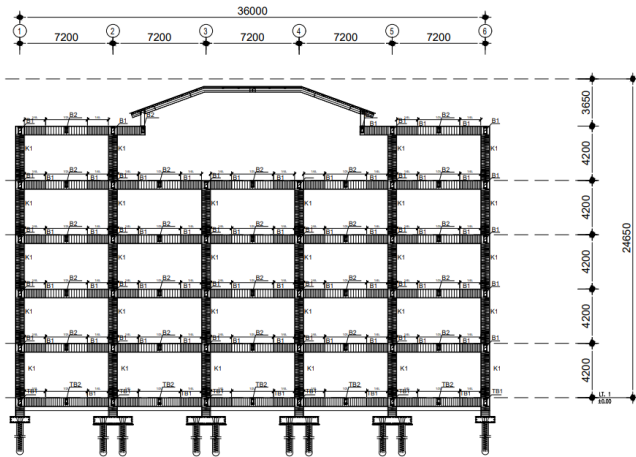


Gambar 7. Detail Penulangan Balok

Kolom

Data-data perencanaan kolom adalah sebagai berikut:

- Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu Beton = 30 MPa
- Diameter = 650 mm
- Selimut Beton = 40 mm
- Rasio Tulangan = 2,06 %

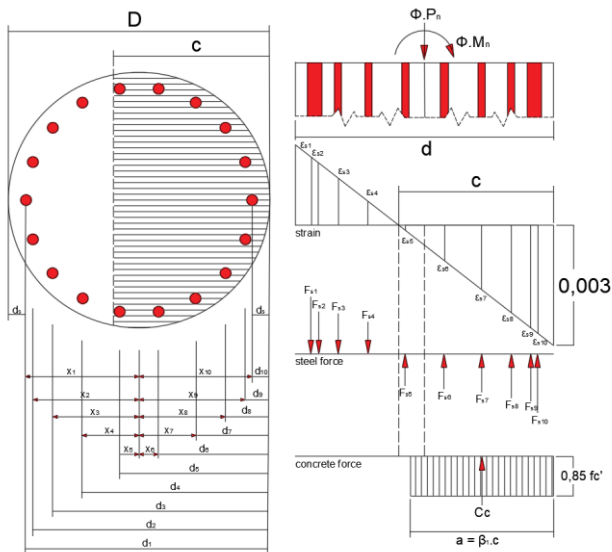


Gambar 8. Portal Memanjang Balok-Kolom

Hasil gaya dalam terbesar yang dihasilkan dari kombinasi pembebanan dengan nilai dari software Robot Structural Analysis 2021 adalah sebagai berikut:

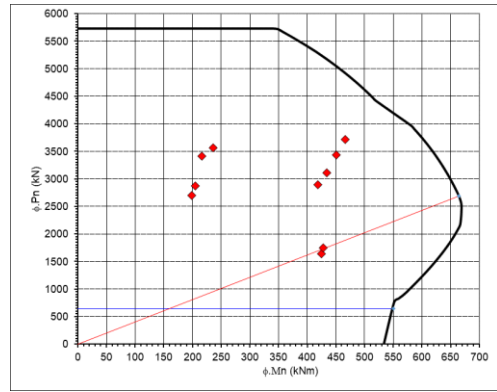
$$\begin{aligned} M_u &= 466,37 \text{ kNm} \\ P_u &= 3715,88 \end{aligned}$$

Dalam merencanakan kolom bulat, diperlukan diagram regangan tegangan kolom dan perletakan tulangan berdasarkan jumlah tulangan utama yang digunakan.



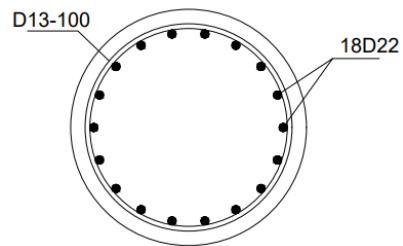
Gambar 9. Diagram Regangan Tegangan Kolom D 650

Kolom yang di rencanakan dilihat dari beberapa tinjauan diantaranya beban sentris ($M = 0$); ($P, M \neq 0$), dan ($P = 0$) sehingga membentuk diagram interaksi pada masing-masing kolom. Perencanaan diagram interaksi kolom ditinjau dari beberapa kondisi kolom pada saat menerima beban. Hal ini guna mengetahui batasan-batasan kemampuan kolom dalam menerima beban.



Gambar 10. Diagram Interaksi Kolom D650

Dari hasil analisa perencanaan kolom didapatkan desain kolom seperti pada Gambar



Gambar 11. Detail Penulangan Kolom D 650

Sloof

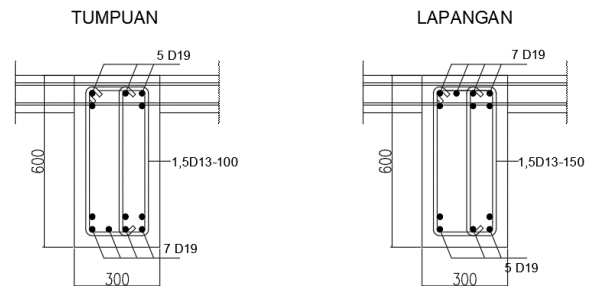
Data-data perencanaan balok sebagai berikut:

- Tulangan Utama = 19 mm
- Tulangan Sengkang = 13 mm
- Tebal Selimut = 4 cm
- f_c' = 30 MPa
- f_y = 400 Mpa

Hasil gaya dalam terbesar yang dihasilkan dari kombinasi pembebanan yang di input ke dalam software Robot structural analysis 2021 sehingga didapat hasil sebagai berikut yaitu :

- Momen tumpuan (M_{ut}) = 35263,80 kgm
- Momen lapangan (M_{ul}) = 22114,19 kgm
- Gaya geser ($V_{u_{maks}}$) = 25671,71 kg

Berdasarkan hasil analisa perhitungan kebutuhan tulangan didapatkan tulangan tarik 7D19 dan tulangan tekan 5D19, sengkang tumpuan 1,5D13-100 dan lapangan 1,5D13-150.



Gambar 12. Detail Penulangan Balok TB1

Tangga

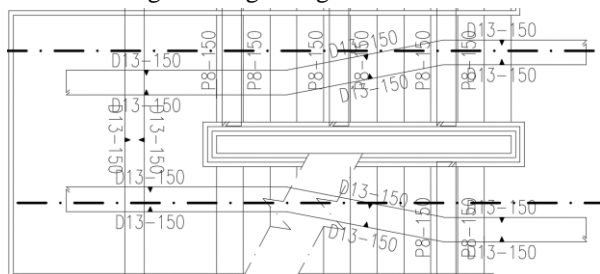
Data-data perencanaan balok sebagai berikut:

Tebal Pelat = 12 cm
 fy = 400 MPa

Dari Perhitungan software Robot structural analysis 2021 didapat gaya dalam:

Momen Tangga = 1658,03 kgm
 Momen Bordes = 1841,35 kgm

Dari hasil analisa struktur tangga didapatkan tulangan D13-150 dengan tulangan bagi Ø8-150.



Gambar 13. Detail Penulangan Pelat Tangga
Rencana Anggaran Biaya

Perencanaan anggaran biaya merujuk pada HSP Kota Semarang tahun 2022. Didapatkan Volume dan berat dari software RSAP 2021. sehingga didapatkan total harga untuk seluruh komponen struktur. Komponen struktur terbagi menjadi 2 yaitu struktur beton dan atap baja. Untuk pekerjaan struktur atas didapatkan nilai anggaran biaya sebesar Rp 12.487.200.000.

Tabel 6. Rekapitulasi Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Harga
I	Pekerjaan Beton	Rp 9.952.190.322
II	Pekerjaan Baja	Rp 192.638.434
	Total	Rp 10.144.828.756
	PPN (10%)	Rp 1.014.482.876
	Total Harga + PPN	Rp 11.159.311.631
	Total Pembulatan	Rp 11.159.300.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari nilai total biaya didapatkan nilai harga bangunan per m² untuk pekerjaan struktur atas sebesar Rp 3.153.333.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur Atap Baja

Gording Lipped Channel 150x50x20x4,5, Penggantung gording menggunakan besi sagrod Ø 12 mm, trekstang Ø 16 mm, kuda-kuda profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan sambungan baut HTP A325 diameter 16mm. Dan perletakan kuda-kuda menggunakan pelat 30 x 20 x 0,13 cm angkur 6 D12 Sepanjang 250mm.

2. Struktur Beton Bertulang

Pelat lantai tebal 12 cm dengan jarak tulangan terpendek Ø10-150 untuk daerah tumpuan. Balok B1 dengan dimensi 30/60 tulangan tarik 8D19 dan tulangan tekan

4D19, sengkang tumpuan 1,5D13-100 dan lapangan 1,5D13-150. Balok B2 dengan dimensi 25/50 tulangan tarik 5D19 dan tulangan tekan 3D19, sengkang tumpuan S13-100 dan lapangan D13-150. Balok TB1 dengan dimensi 30/60 tulangan tarik 7D19 dan tulangan tekan 5D19, sengkang tumpuan D13-100 dan lapangan D13-150. Kolom D650 dengan panjang 4,2m digunakan tulangan utama 18D22, sengkang spiral tumpuan D13-100 dan lapangan D13-125. Kolom lift 50/50 dengan panjang 4,2m digunakan tulangan utama 10D22, sengkang tumpuan 1,5D13-100 dan lapangan 1,5D13-150.

3. Struktur Tangga

Tulangan D13-150 dengan tulangan bagi Ø8-150 untuk tangga tipe A,B. Untuk Tangga tipe C didapatkan tulangan D13-150 dengan tulangan bagi Ø8-150.

4. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran dihitung berdasarkan nilai harga satuan pekerjaan Kota Semarang Tahun 2022. Nilai satuan pekerjaan dikalikan dengan volume untuk pekerjaan beton, luasan untuk pekerjaan bekisting, dan berat untuk komponen tulangan baja serta struktur baja. Total Rencana Anggaran biaya pada perencanaan struktur atas pada gedung UKM Politeknik PU Semarang sebesar Rp 12.487.200.000,00. Hasil perhitungan biaya per m² sebesar Rp 3.153.333,00. Untuk pekerjaan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus, dan Y. Pratama. 2018. Analisis Perbandingan Kolom Berbentuk Bulat dan Persegi terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Akibar Beban Gempa (Studi Kasus: Gedung BKPSDM Kota Padang Panjang). Jurnal Momentum. 2(2): 102-109.
- [2] Ashraf, S. M. 2018. Practical Design of Reinforced Concrete Buildings. London: CRC Press.
- [3] Badan Standarisasi Nasional 2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727-2020". Jakarta : BSN.
- [4] Badan Standarisasi Nasional 2019. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, SNI 2847-2019". Jakarta : BSN.
- [5] Badan Standarisasi Nasional 2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, SNI 1726-2019". Jakarta : BSN.
- [6] Simanjuntak, J. O., dan H. P. Harefa. 2021. Analisis Perbandingan Kolom Persegi dan Kolom Bulat dengan Mutu Beton, Luas Penampang dan Tulangan yang Sa,a. Jurnal Teknik Sipil. 1(1): 11-24.
- [7] Setiawan, A. 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013. Jakarta.
- [8] Washa, G. W., dan K. F. Wendt. 1975. Fifty Year Properties of Concrete. In Journal Proceesings. 72(1): 20-28.