

Bab II

Praktik Perancangan Bangunan Gedung

2.1. Penjelasan Singkat

Pada bab ini berisi rangkuman dari Laporan Praktik Perancangan Bangunan Gedung (Kinasih dan Nugroho, 2021) yang telah dikerjakan di semester yang lalu. Perancangan ini dilakukan dengan merencanakan gedung perkantoran 3 lantai yang dilakukan sesuai dengan arahan dosen pengampu praktik perancangan bangunan gedung di semester lalu dan menggunakan acuan dari SNI 1729:2015, SNI 2847:2019, SNI 1727:2013, dan SNI 1726:2019.

2.2. Membuat Denah Bangunan

Denah bangunan dibuat dengan menggunakan aplikasi Auto Cad dengan ukuran luas bangunan 22,5 m x 14 m dengan total 3 lantai. Bangunan ini sendiri menggunakan material rangka bangunan yang terbuat dari struktur beton bertulang. Gambar rencana denah bangunan terlampir di bagian lampiran laporan (Lampiran 1).

2.3. Perencanaan Struktur Atap

1. Hitungan Denah Atap

Pada perencanaan digunakan atap genteng tanah liat sehingga digunakan kemiringan sudut atap sebesar 30° dengan jumlah gording rencana 6 buah gording.

a. Jarak gording $= \frac{\text{lebar denah rencana}}{\text{jumlah gording rencana}} = 2,33 \text{ m}$

b. Bentang gording = 4,5 m

c. Jarak sagrod $= \frac{\text{bentang gording}}{\text{jumlah gording per sisi}} = 1,5 \text{ m}$

2. Hitungan Gording

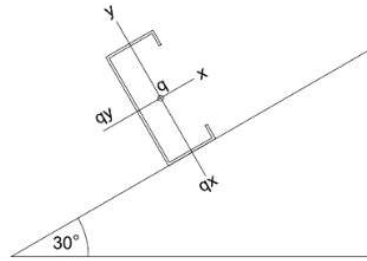
a. Rencana Beban Gording

1) *Dead Load* (DL) = berat sendiri + berat atap + berat plafon = 1,91 kN/m (q)

2) *Live Load* (LL) = berat pekerja = 1 kN/m (p)

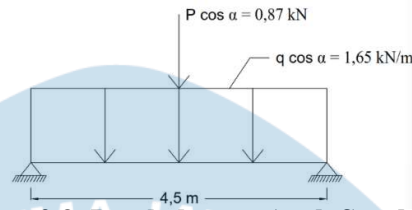
b. Rencana Momen Gording

Rencana momen gording ditinjau untuk dua arah sumbu, yaitu sumbu y dan sumbu x dan nantinya diambil nilai momen ultimate terbesar dengan dua kombinasi pembebanan untuk tiap sumbu.



Gambar 2.1. Rencana Momen Gording

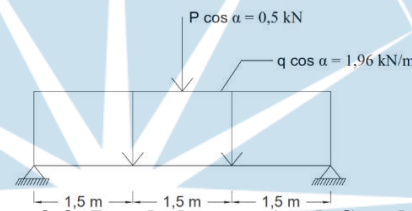
1) Arah Sumbu y



Gambar 2.2. Pembebanan Arah Sumbu y

- $M_{DL} = \frac{1}{8} \times q \cos \alpha \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1,65 \times 4,5^2 = 4,18 \text{ kNm}$
- $M_{LL} = \frac{1}{4} \times p \cos \alpha \times L = \frac{1}{4} \times 0,87 \times 4,5 = 0,98 \text{ kNm}$
- $M_U = 1,4 M_{DL} \text{ atau } 1,2 M_{DL} \times 1,6 M_{LL} = 6,58 \text{ kNm (dipilih yang terbesar).}$

2) Arah Sumbu x



Gambar 2.3. Pembebanan Arah Sumbu x

- $M_{DL} = \frac{1}{8} \times q \cos \alpha \times \left(\frac{L}{3}\right)^2 = 0,27 \text{ kNm}$
- $M_{LL} = \frac{1}{4} \times p \cos \alpha \times \left(\frac{L}{3}\right)^2 = 0,28 \text{ kNm}$
- $M_U = 1,4 M_{DL} \text{ atau } 1,2 M_{DL} \times 1,6 M_{LL} = 0,77 \text{ kNm (dipilih yang terbesar).}$

3) Profil C

a) Profil C 150 x 65 x 20 mm, mutu profil BJ 41.

b) Cek tegangan profil C ($f_b \leq F_y$)

$$\frac{M_{uy}}{\Phi Z_x} + \frac{M_{ux}}{\Phi Z_y} \leq 250 \text{ Mpa}$$

$$248,66 \text{ Mpa} \leq 250 \text{ Mpa}$$

c) Cek defleksi gording

$$\bullet \delta_y = \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha \times L^4}{EI} \times \frac{1}{48} \times \frac{P \cos \alpha \times L^4}{EI} = 14,03 \text{ mm}^2$$

$$\bullet \delta_x = \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha \times L^4}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^2 \times \frac{1}{48} \times \frac{P \cos \alpha \times L^4}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^2 = 0,1 \text{ mm}^2$$

$$\bullet \delta = \sqrt{(\delta_y^2 + \delta_x^2)} \leq \frac{1}{240} L$$

$$14,03 \leq 18,78 \text{ mm}$$

3. Hitungan Sagrod

a. Digunakan sagrod sebanyak 3 buah.

$$b. F_{t, DL} = n \times \left(\frac{L}{3} \times q \sin \alpha \right) = 4,32 \text{ kN}$$

$$c. F_{t, LL} = \frac{n}{2} \times P \sin \alpha = 0,75 \text{ kN}$$

$$d. F_{t, U} = 1,4 F_{t, DL} \text{ atau } 1,2 F_{t, DL} \times 1,6 F_{t, LL} = 6,38 \text{ kN (dipilih yang terbesar).}$$

Sehingga luas batang sagrod yang diperlukan dengan nilai F_y sebesar 250 MPa adalah:

$$A_{sr} = \frac{F_t \times 10^3}{\Phi F_y} = 28,36 \text{ mm}^2$$

Karena lebih kecil dari tulangan D8 dengan luasan 50,27 mm², sehingga untuk sagrod dipilih dan digunakan tulangan D8. Gambar rencana denah rangka atap terlampir di bagian lampiran laporan (Lampiran 2).

2.4. Perencanaan Beban Kuda-Kuda

2.4.1. Rencana Beban Mati

Rencana beban mati direncanakan menjadi 3 (tiga) jenis beban yaitu beban P_1 yang berada di atas tumpuan, beban P_2 beban yang berada diantara beban P_1 dan P_3 , dan P_3 merupakan beban yang berada di puncak kuda-kuda. Beban mati merupakan beban yang diperoleh dari total penjumlahan berat sendiri kuda-kuda, berat gording, berat atap, dan berat plafon. Dari perhitungan didapatkan beban mati P_1 sebesar 8,48 kN, beban mati P_2 sebesar 9,65 kN, dan beban mati $P_3 = 9,97$ kN, Gambar rencana pembebanan beban mati terlampir di bagian lampiran laporan (Lampiran 3).

2.4.2. Rencana Beban Angin

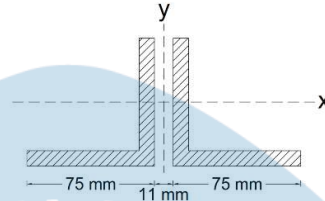
Pada gedung tertutup dengan atap segitiga, koefisien angin untuk sudut atap dengan kemiringan sudut 65° bernilai sebesar 0,02 α sampai 0,4. Sehingga koefisien untuk angin tiup (C_{ti}) sebesar 0,3 dan untuk angin isap (C_{is}) sebesar 0,6. Untuk besar tekanan tiup angin (Q_w) diasumsikan sebesar 0,25 kN/m². Hasil perhitungan untuk total beban angin pada masing-masing titik didapatkan beban angin W_1 sebesar 0,84 kN, beban angin W_2 sebesar 0,91 kN, beban angin W_3 sebesar 0,45 kN, beban angin W_4 sebesar 0,91 kN, beban angin W_5 sebesar 1,82 kN, dan beban angin W_6 sebesar 1,69 kN.

Setelah mendapatkan beban mati, beban angin dan untuk besar beban hidup dianggap memiliki besar 1 kN, maka kemudian dilakukan pemodelan pembebanan pada beban tersebut dengan menggunakan aplikasi Etabs kemudian akan didapatkan besar

gaya batang untuk masing-masing batang kuda-kuda. Gambar rencana pembebanan beban angin terlampir di bagian lampiran laporan (Lampiran 4).

2.4.3. Perencanaan Elemen Kuda-Kuda

Elemen kuda-kuda yang digunakan dalam perancangan ini adalah profil siku 2L 75 x 75 x 9 mm.



Gambar 2.4. Profil Siku 2L 75 x 75 x 9 mm

1. Properti profil gabungan

- $A_g = 2 \times A = 1269 \text{ mm}^2$
- $I_{x,g} = 2 \times I_x = 128,8 \times 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_{y,g} = 2 \times I_y + 2 \times A \times \left(C_x + \frac{11}{2}\right)^2 = 316,57 \times 10^4 \text{ mm}^4$
- $r_x = \sqrt{\frac{I_{x,g}}{2 \times A}} = 22,53 \text{ mm}$
- $r_y = \sqrt{\frac{I_{y,g}}{2 \times A}} = 35,32 \text{ mm}$

Maka digunakan r terkecil yaitu 22,53 mm.

2. Hitungan batang tarik

- Digunakan mutu baja 41 ($F_u = 410 \text{ MPa}$, $f_y = 250 \text{ MPa}$, $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$).
- Pada batang 12 dan 16 dari gambar lampiran 2 terjadi gaya tarik terbesar dengan $P_u = 114,43 \text{ kN}$, $L = 2551 \text{ mm}$, $A_g = 1269 \text{ mm}^2$.
- Kondisi leleh (ΦP_u) = $\Phi \times f_y \times A_g = 285,53 \text{ kN}$
- Kondisi fraktur

Luasan yang digunakan sebesar 85% dari luasan awal.

$$\Phi P_u = \Phi \times F_u \times A_e = 331,68 \text{ kN}$$

Karena nilai $\Phi P_u > P_u$ pada kondisi leleh, maka profil tersebut aman digunakan.

3. Hitungan batang tekan

- Pada batang 10 dan 22 dari gambar lampiran 2 terjadi gaya tekan terbesar dengan $P_u = 119,56 \text{ kN}$, $L = 2690 \text{ mm}$, $A_g = 1269 \text{ mm}^2$.
- Rasio kelangsingan

$$\frac{KL}{R} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$119,41 < 133,22$$

Sehingga terjadi tekuk tidak elastis.

$$c. F_c = \frac{\pi^2 \times E}{(KL/r)^2} = 138,55 \text{ N/mm}^2$$

$$d. F_{cr} = \left(0,658^{f_y/F_e} \right) \times f_y = 117,47 \text{ N/mm}^2$$

$$e. \Phi P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g = 134,17 \text{ kN}$$

Karena nilai $\Phi P_u > P_u$ pada kondisi leleh, maka profil tersebut aman digunakan.

2.4.4. Perencanaan Sambungan Elemen Kuda-Kuda

Pada perencanaan ini digunakan baut berulir dengan diameter 16 mm dan mutu A325 dengan tegangan geser baut (F_{nv}) sebesar 372 MPa dan tegangan pratarik sebesar 91 MPa. Mutu pelat yang digunakan BJ-41 dengan tegangan leleh (f_y) sebesar 250 MPa dan tegangan fraktur (F_u) sebesar 410 MPa. Ukuran pelat dipakai 75 mm dengan ketebalan 9 mm menggunakan 1 *filler* pada pelat dan terdapat 2 bidang geser yang digunakan.

1. Hitungan sambungan baut

a. Rencana kuat geser baut

$$\Phi R_n = 0,75 \times F_{nv} \times A_b = 56,12 \text{ kN}$$

b. Rencana kuat tumpu pelat

$$\Phi R_n = 0,75 \times 1,2 \times l_c \times t_p \times F_u = 53,14 \text{ kN}$$

$$\Phi R_n = 2,4 \times d_b \times t_p \times f_y = 64,8 \text{ kN}$$

Digunakan rencana kuat tumpu pelat terkecil yaitu 53,14 kN.

2. Hitungan jumlah baut tiap sambungan

Jumlah baut direncanakan terhadap masing-masing *joint* berdasarkan gambar detail rencana kuda-kuda. Untuk jarak antar baut direncanakan 50 mm dan jumlah baut yang digunakan dari perhitungan pada masing-masing *joint* didapatkan baut pada detail 1 sebanyak 2 buah, baut pada detail 2 sebanyak 2 buah, baut pada detail 3 sebanyak 4 buah, baut pada detail 4 sebanyak 2 buah, baut pada detail 5 sebanyak 4 buah, baut pada detail 6 sebanyak 4 buah. Gambar detail rencana kuda-kuda terlampir di bagian lampiran laporan (Lampiran 5).

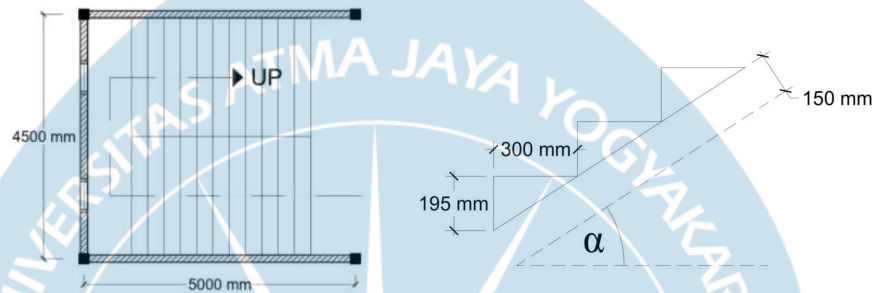
2.5. Perencanaan Tangga dan Pelat Lantai

2.5.1. Perencanaan Ruang Tangga

$$1. \text{ Lebar tangga} = 4,5 \text{ m}$$

$$2. \text{ Panjang ruang tangga} = 5 \text{ m}$$

3. Tebal bordes = 0,15 m
4. Selisih tinggi lantai = 4,5 m
5. Lebar bordes = 2,25 m
6. *Optrade* = 19,5 cm
7. *Antrade* = 30 cm
8. Kemiringan tangga = $33,02^\circ$
9. Jumlah anak tangga = 23 anak tangga



Gambar 2.5. Denah Ruang Tangga

2.5.2. Perencanaan Beban Ruang Tangga

Pada perhitungan perencanaan beban ruang tangga maka akan didapat beban q tangga sebesar 7,64 kN/m yang terdiri dari berat sendiri tangga, berat spesi, berat ubin, dan berat railing. Sedangkan untuk beban q bordes didapatkan sebesar 4,61 kN/m yang terdiri dari berat sendiri bordes, berat spesi, berat ubin dan berat railing. Lalu untuk beban hidup untuk tangga dan bordes sebesar 3 kN/m.

Setelah mendapatkan beban untuk q tangga dan bordes maka beban tersebut akan disimulasikan di aplikasi Etabs dengan menggunakan beberapa kombinasi beban untuk mendapatkan gaya dan momen maksimumnya.

2.5.3. Perencanaan Penulangan Ruang Tangga

Pada perencanaan penulangan ruang tangga direncanakan untuk tulangan pokok menggunakan D13 ($A_s \text{ tulangan} = 132,79 \text{ mm}^2$) dan untuk tulangan susut menggunakan D8 ($A_s \text{ tulangan} = 50,29 \text{ mm}^2$). Gambar detail rencana penulangan tangga terlampir di bagian lampiran laporan (Lampiran 6).

1. Rencana Penulangan Tangga Tumpuan
 - a. Tulangan pokok dipakai tulangan D13-45 mm.
 - b. Tulangan susut dipakai tulangan P8-200 mm.
2. Rencana Penulangan Tangga Lapangan
 - a. Tulangan pokok dipakai tulangan D13-90 mm.
 - b. Tulangan susut dipakai tulangan P8-200 mm.

3. Cek Terhadap Geser

Setelah melakukan perhitungan cek terhadap geser maka didapatkan nilai perhitungan $\Phi V_c = 64,69 \text{ kN} < V_u = 102,03 \text{ kN}$, sehingga tidak perlu menggunakan tulangan geser.

4. Rencana Penulangan Bordes

- Tulangan tumpuan dipakai 6 tulangan D13.
- Tulangan lapangan dipakai 3 tulangan D13.

5. Rencana Penulangan Sengkang

- Tulangan tumpuan digunakan 2 tulangan P8-100 mm.
- Tulangan lapangan digunakan 2 tulangan P8-100 mm.

2.5.4. Perencanaan Penulangan Pelat Lantai

Pada perencanaan penulangan pelat lantai dibedakan menjadi 3 (tiga) tipe pelat lantai berdasarkan ukurannya yaitu pelat lantai A (2250 mm x 5000 mm), B (2250 mm x 4000 mm), dan C (2250 mm x 2500 mm). Gambar denah pelat lantai dan gambar detail penulangan pelat lantai dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 7).

Tabel 2.1. Rencana Penulangan Pelat Lantai

Tipe	Arah Penulangan		Jenis Pelat
	Tulangan Pokok (x)	Tulangan Pembagi (y)	
A	P8-200 mm	P8-250 mm	Pelat 2 Arah
B	P8-200 mm	P8-250 mm	Pelat 2 Arah
C	P8-200 mm	P8-250 mm	Pelat 2 Arah

2.6. Perencanaan Beban Gempa

Direncanakan bangunan terletak di Yogyakarta dengan jenis pemanfaatan bangunan gedung perkantoran yang termasuk dalam kategori resiko IV.

2.7. Perencanaan Penulangan Balok

2.7.1. Perencanaan Balok Anak

Pada perencanaan penulangan balok anak digunakan balok anak dengan dimensi ukuran 350 mm x 150 mm. Berdasarkan panjang bentang pada balok anak di lantai 2 dan 3 dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis balok anak. Gambar detail penulangan balok anak dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 8).

Tabel 2.2. Rencana Penulangan Balok Anak

Tipe	Bentang (mm)	Lantai 2		Lantai 3	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
A	5000	4 D19	4 D19	4 D19	2 D19
B	4000	4 D19	2 D19	2 D19	2 D19
C	4500	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19

2.7.2. Perencanaan Balok Induk

Pada perencanaan penulangan balok induk digunakan balok induk dengan dimensi ukuran 350 mm x 200 mm. Berdasarkan panjang bentang pada balok induk di lantai 2 dan 3 dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis balok induk. Gambar detail penulangan balok induk dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 9).

Tabel 2.3. Rencana Penulangan Balok Induk

Tipe	Bentang (mm)	Lantai 2		Lantai 3	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
A	5000	4 D22	3 D22	3 D22	2 D22
B	4000	3 D22	2 D22	2 D22	2 D22
C	4500	3 D22	2 D22	2 D22	2 D22

2.7.3. Perencanaan Balok Ring

Pada perencanaan penulangan balok ring digunakan balok ring dengan dimensi ukuran 350 mm x 200 mm. Berdasarkan panjang bentang balok ring dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis balok ring. Gambar detail penulangan balok ring dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 10).

Tabel 2.4. Rencana Penulangan Balok Ring

Tipe	Bentang (mm)	Tumpuan	Lapangan
A	5000	3 D10	3 D10
B	4000	3 D10	3 D10
C	4500	3 D10	3 D10

2.8. Perencanaan Kolom

Pada perencanaan penulangan kolom, perancangan kolom pada lantai 1, 2 dan 3 dibedakan menjadi 2 (dua) jenis kolom berdasarkan dimensi ukuran kolom yaitu, kolom K1 dengan dimensi 400 x 300 mm dan K2 dengan dimensi 150 x 150 mm. Gambar denah

kolom dan detail penulangan kolom dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 11).

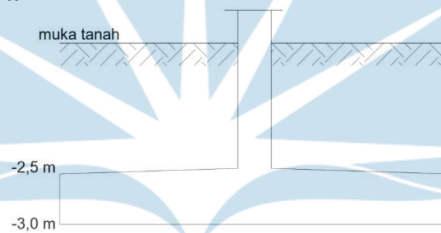
Tabel 2.5. Rencana Penulangan Kolom

Tipe	Dimensi (mm)		Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3
	Tinggi	Lebar			
K1	400	300	12 D16	12 D16	12 D16
K2	150	150	4 D12	4 D12	4 D12

2.9. Perencanaan Pondasi

Pada perencanaannya dibedakan menjadi 2 jenis tipe pondasi berdasarkan dimensi ukurannya yaitu pondasi telapak P1 dan pondasi telapak P2. Untuk tegangan ijin tanah diasumsikan sebesar 150 kN/m^2 . Gambar denah rencana pondasi dan detail penulangan pondasi dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 12).

2.9.1. Pondasi Telapak P1



Gambar 2.6. Pondasi P1

1. Asumsi tebal pondasi telapak

- Berat total = berat pondasi + berat tanah = 57 kN/m^2
- σ_{netto} = tegangan ijin tanah – berat total = 93 kN/m^2

2. Luas telapak

- $A = \frac{(DL+LL)}{\sigma_{\text{netto}}} = \frac{820,0872 \text{ kN}}{93 \text{ kN/m}^2} = 8,82 \text{ m}^2$
- $B = H = \sqrt{A} = 2,97 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 3,5 \text{ m}$

Sehingga luas telapak (A) = $B \times H = 12,25 \text{ m}^2 > 8,82 \text{ m}^2$ (OK).

3. Cek daya dukung tanah

- $P_u (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) = 1035,4345 \text{ kN}$
- $q_u = \frac{P_u}{A} = 84,53 \text{ kN/m}^2$

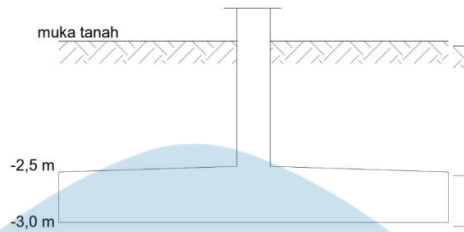
4. Cek Geser

Digunakan tulangan pokok D16.

- Geser 1 arah $\rightarrow \Phi V_c = 735 \text{ kN} > V_u = 373,94 \text{ kN}$ (OK).
- Geser 2 arah $\rightarrow \Phi V_c = 1971,84 \text{ kN} > V_u = 1037,07 \text{ kN}$ (OK).

- c. Penulangan digunakan tulangan pokok 26D16-135 mm.
- d. Tulangan susut digunakan tulangan susut 14D13-250 mm.

2.9.2. Pondasi Telapak P2



Gambar 2.7. Pondasi P2

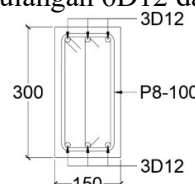
1. Asumsi tebal pondasi telapak
 - a. Berat total = berat pondasi + berat tanah = 57 kN/m²
 - b. $\sigma_{\text{netto}} = \text{tegangan ijin tanah} - \text{berat total} = 93 \text{ kN/m}^2$
2. Luas Telapak
 - a. $A = \frac{(DL +)}{\sigma_{\text{netto}}} = \frac{819,3568 \text{ kN}}{93 \text{ kN/m}^2} = 8,81 \text{ m}^2$
 - b. $B = H = \sqrt{A} = 2,97 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } 3 \text{ m}$
 Sehingga luas telapak (A) = B x H = 9 m² > 8,81 m² (OK).
3. Cek daya dukung tanah
 - a. $P_u (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) = 1034,4931 \text{ kN}$
 - b. $q_u = \frac{P_u}{A} = 114,94 \text{ kN/m}^2$
4. Cek Geser

Digunakan tulangan pokok D16.

 - a. Geser 1 arah $\rightarrow \Phi V_c = 630 \text{ kN} > V_u = 349,66 \text{ kN}$ (OK).
 - b. Geser 2 arah $\rightarrow \Phi V_c = 1728,72 \text{ kN} > V_u = 1035,90 \text{ kN}$ (OK).
 - c. Penulangan digunakan tulangan pokok 22D16-135 mm.
 - d. Tulangan susut digunakan tulangan susut 12D13-250 mm.

2.10. Perencanaan Balok Sloof (*Tie Beam*)

Pada perhitungan perencanaan balok sloof, jenis perhitungan yang dipakai sama dengan perencanaan balok. Sehingga balok sloof direncanakan berdimensi 150 mm x 300 mm, untuk tulangan pokok dipakai tulangan 6D12 dan sengkang dipakai P8-100 mm.



Gambar 2.8. Balok Sloof

Bab III

Praktik Perancangan Jalan

3.1. Penjelasan Singkat

Pada bab ini berisi rangkuman dari Laporan Praktik Perancangan Jalan (Nugroho dkk, 2021) yang telah dikerjakan di semester lalu. Perancangan ini dilakukan dengan merencanakan jalan dari titik A ke titik B di peta kontur yang diberikan dan proses perencanaan sesuai dengan arahan yang diberikan oleh dosen pengampu praktik perancangan jalan di semester lalu.

3.2. Peta Kontur

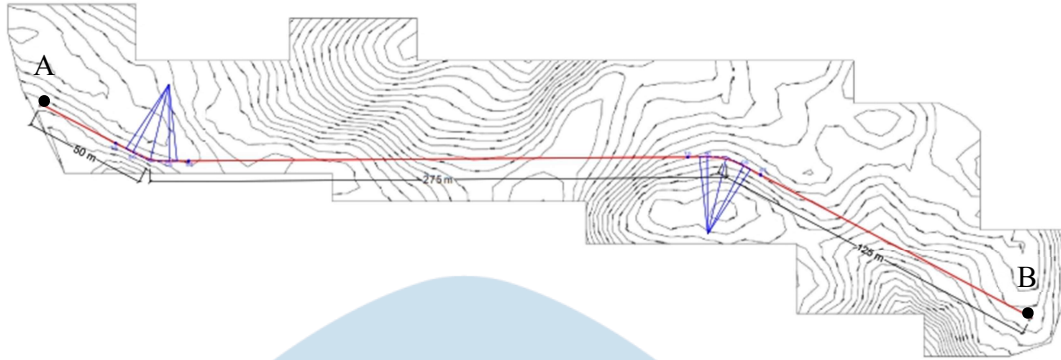
Dosen pengampu praktik perancangan jalan pada semester lalu memberikan peta kontur sebagai acuan perancangan dengan titik rencana jalan dari titik A ke titik B. Tetapi dalam perancangannya untuk jarak dan skala gambar tidak diketahui yang sehingga mengasumsikan sendiri untuk jaraknya, diasumsikan skala peta 1 : 1000.



Gambar 3.1. Peta Kontur

3.3. Trase Jalan

Dalam merencanakan jalan baru, menarik trase jalan adalah hal yang pertama dilakukan. Penarikan trase jalan dilakukan dari titik yang sudah ditentukan oleh dosen pengampu praktik perancangan jalan yaitu dari titik A ke titik B. Pada penentuan trase jalan ditentukan 3 (tiga) alternatif trase jalan yang akan dipakai dan kemudian dipertimbangkan.



Gambar 3.2. Trase Jalan

3.4. Stationing

Setelah melakukan penarikan trase jalan dilakukan stationing atau penomoran pada jarak-jarak tertentu. Stationing yang direncanakan ditentukan berdasarkan tikungan yang ada pada trase jalan yang direncanakan. Dari perencanaan ini untuk jalan yang diasumsikan sepanjang 450 meter sehingga diperoleh total stasiun dari titik A ke titik B sebanyak 18 stasiun yang terpakai dengan jarak antar stasiun 25 meter.

3.5. Potongan Tiap Segmen

3.5.1. Potongan Memanjang

Potongan melintang ditentukan berdasarkan trase yang telah ditentukan dengan cara menyambungkan elevasi di tiap titik. Gambar potongan memanjang dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 13).

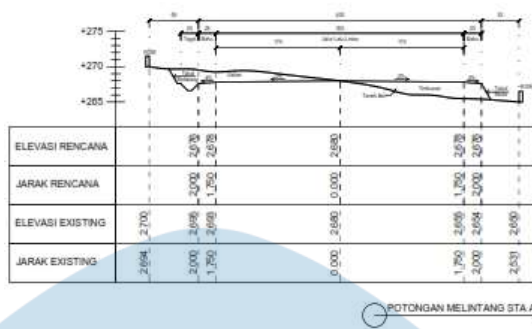
3.5.2. Potongan Melintang

Potongan melintang diambil berdasarkan keadaan tanah atau elevasi kontur pada stasiun yang dipilih. Gambar potongan melintang dilampirkan pada bagian lampiran laporan (Lampiran 14).

3.6. Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Galian dan timbunan harus direncanakan agar pekerjaan galian dan timbunan menjadi efektif dan efisien dalam pengerjaannya. Gambar yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan adalah gambar potongan memanjang dan gambar potongan melintang yang terlampir pada bagian lampiran laporan (Lampiran 13 dan Lampiran 14).

1. Gambar melintang pada STA A



Gambar 3.3. Gambar Melintang Pada STA A

2. Contoh perhitungan luas penampang dengan digunakan data dari STA A:

Karena bentuk penampang pada STA A berbentuk segitiga untuk galian maupun timbunan, maka luas penampang sama dengan luas segitiga.

Galian = $\frac{1}{2} \times 2,694 \times 2,700 = 3,637 \text{ m}^2$

$$\text{Timbunan} = \frac{1}{2} \times 2,694 \times 2,650 = 3,570 \text{ m}^2$$

3. Contoh perhitungan volume dengan digunakan data dari STA A dan STA 1:

Volume = (luas penampang 1 + luas penampang 2) x jarak antar STA

$$\text{Galian} = (3,637 + 3,156) \times 0,25 = 84,911 \text{ m}^3$$

$$\text{Timbunan} = (3,570 + 7,613) \times 0,25 = 139,782 \text{ m}^3$$

Tabel 3.1. Hasil Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Sta	Luas Penampang (m ²)		Jarak (m)		Volume (m ³)			
	Galian	Timbunan			Galian		Timbunan	
A	3,637	3,570	25		84,911		139,782	
1	3,156	7,613		25		69,338		435,525
2	2,391	27,229	25		216,375		340,363	
3	14,919	0,000		25		204,988		0,413
4	1,480	0,033	25		18,500		234,975	
5	0,000	18,765		25		80,825		247,413
6	6,466	1,028	25		150,663		93,188	
7	5,587	6,427		25		260,638		80,338
8	15,264	0,000	25		213,638		40,275	
9	1,827	3,222		25		321,663		40,275
10	23,906	0,000	25		435,963		0,000	
11	10,971	0,000		25		574,800		0,000

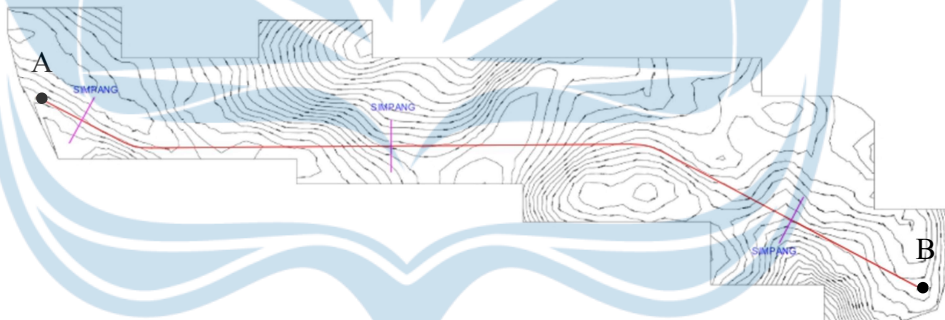
Lanjutan Tabel 3.1. Hasil Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Sta	Luas Penampang (m ²)		Jarak (m)		Volume (m ³)			
	Galian	Timbunan			Galian		Timbunan	
12	35,013	0,000	25	25	875,325	1145,438	0,000	0,000
13	35,013	0,000						
14	56,622	0,000	25	25	1396,350	1153,938	0,000	0,000
15	55,086	0,000						
16	37,229	0,000	25	25	503,463	38,250	38,250	0,000
B	3,048	3,060						
Total					7706,811		1690,794	

3.7. Penempatan Simpang dan Bangunan Pendukung Jalan

3.7.1. Penempatan Simpang

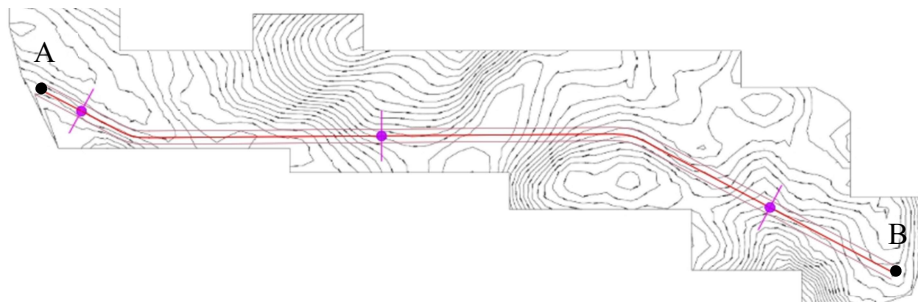
Penempatan simpang diasumsikan terletak pada trase jalan yang relatif lurus dengan tujuan agar simpang tersebut mudah terlihat oleh pengendara. Sehingga pada perencanaan ini terdapat 3 (tiga) buah simpang jalan.



Gambar 3.4. Penempatan Simpang

3.7.2. Penempatan Bangunan Pendukung Jalan

Pada praktik perancangan jalan ini untuk bangunan pendukung jalan yang dipakai yaitu rambu lalu lintas, lampu lalu lintas dan pagar pengaman jalan. Bangunan pelengkap tersebut dipilih karena sesuai dengan trase jalan yang direncanakan.



Gambar 3.5. Penempatan Bangunan Pelengkap

Keterangan:

1. Simbol  merupakan letak lampu lalu lintas dan rambu lalu lintas yang terletak di setiap simpang jalan.
2. Simbol  merupakan pagar pengaman yang terletak di sepanjang rencana trase jalan.

3.8. Perhitungan Perkerasan Lunak

3.8.1. Data

Perencanaan dilakukan dengan tebal perkerasan lentur untuk jalan raya arteri 2 arah. Umur rencana 12 tahun. Jalan dibuka tahun 2014.

Data lalu lintas tahun 2012:

1. kendaraan ringan (2 ton)	= 1450 kendaraan
2. bus (8 ton)	= 350 kendaraan
3. truk 2 as (13 ton)	= 150 kendaraan
4. truk 3 as (20 ton)	= 75 kendaraan
5. truk 5 as (30 ton)	= 60 kendaraan
LHR tahun 2012	= 2085 kendaraan / hari / 2 jalur

Tingkat pertumbuhan lalu lintas $i = 6\%$ per tahun. Selama masa pelaksanaan, tingkat pertumbuhan diperkirakan 5% per tahun. Bahan perkerasan yang digunakan:

1. lapis permukaan : laston (MS-590)
2. lapis pondasi atas : batu pecah (CBR-100)
3. lapis pondasi bawah : sirtu (CBR-70)

CBR tanah dasar $3,5\%$. Roughness lapis permukaan perkerasan 950 mm/km . Curah hujan tahunan 850 mm/tahun . Kelandaian rerata 3% .

3.8.2. Penyelesaian

1. LHR pada tahun 2014 (awal tahun rencana)
 - a. Kendaraan ringan (2 ton) = 1629,22 kendaraan
 - b. Bus (8 ton) = 393,26 kendaraan
 - c. Truk 2 as (13 ton) = 168,54 kendaraan
 - d. Truk 3 as (20 ton) = 84,27 kendaraan
 - e. Truk 5 as (30 ton) = 67,42 kendaraan

 LHR awal tahun rencana = 2342,71 kendaraan
2. LHR pada tahun ke-12 (akhir tahun rencana)
 - a. Kendaraan ringan (2 ton) = 2925,85 kendaraan

b. Bus (8 ton)	= 706,24 kendaraan
c. Truk 2 as (13 ton)	= 302,67 kendaraan
d. Truk 3 as (20 ton)	= 151,34 kendaraan
e. Truk 5 as (30 ton)	= 121,07 kendaraan
LHR akhir tahun rencana	= 4207,16 kendaraan

3. Menghitung angka ekivalen (E)

a. Kendaraan ringan (2 ton)	= 0,0002 + 0,0002 = 0,0004
b. Bus (8 ton)	= 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
c. Truk 2 as (13 ton)	= 0,1410 + 0,9238 = 1,0648
d. Truk 3 as (20 ton)	= 0,2923 + 0,7452 = 1,0375
e. Truk 5 as (30 ton)	= 0,2923 + 0,7452 + 0,1940 = 1,2315

4. Menghitung LEP

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

a. Kendaraan ringan (2 ton)	= 0,33
b. Bus (8 ton)	= 31,32
c. Truk 2 as (13 ton)	= 89,73
d. Truk 3 as (20 ton)	= 43,72
e. Truk 5 as (30 ton)	= 41,51
LEP	= 206,61

5. Menghitung LEA

Tahun ke-12:

a. kendaraan ringan (2 ton)	= 0,59
b. bus (8 ton)	= 51,25
c. truk 2 as (13 ton)	= 161,14
d. truk 3 as (20 ton)	= 78,14
e. truk 5 as (30 ton)	= 75,55
LEA ₁₂	= 371,03

6. Menghitung LET

$$LET_{12} = \frac{1}{2} (LEP + LEA_{20}) = \frac{1}{2} (206,61 + 371,03) = 288,82$$

7. Menghitung LER

$$LER_{12} = LET_{12} \times UR/10 = 288,82 \times 12/10 = 346,58$$

8. Mencari ITP

$$CBR \text{ tanah dasar} = 3,5\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{DDT} &= (4,30 \log (\text{CBR tanah dasar})) + 1,7 = 4 \\
 \text{IP} &= 2 \\
 \text{FR} &= 0,5 \\
 \text{LER}_{12} &= 346,58
 \end{aligned}$$

Dari nomogram (Lampiran 15) didapatkan nilai untuk $\text{ITP}_{12} = 8$ ($\text{IPo} \geq 4$).

9. Menetapkan tebal perkerasan

a. Koefisien kekuatan relatif

- 1) Laston (MS-590) $= 0,35 = a_1$
- 2) Batu pecah (CBR-100) $= 0,14 = a_2$
- 3) Sirtu (CBR-70) $= 0,13 = a_3$

b. $\text{ITP} = 8$

c. $\text{UR} = 12$ tahun

$$\text{ITP} = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

Batas minimum tebal lapisan untuk $\text{ITP} = 8$

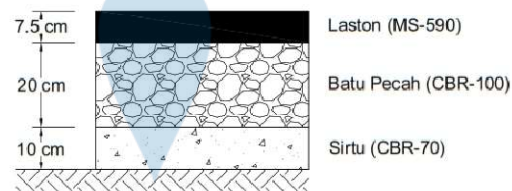
$$8 = 0,35 \times D_1 + 0,14 \times 20 + 0,13 \times 10$$

$$D_1 = 18,76 \text{ cm}$$

d. Susunan perkerasan:

- 1) Laston (MS-590) $= 7,5 \text{ cm}$
- 2) Batu pecah (CBR-100) $= 20 \text{ cm}$
- 3) Sirtu (CBR-70) $= 10 \text{ cm (minimum)}$

3.8.3. Gambar Susunan Perkerasan



Gambar 3.6. Susunan Perkerasan Lentur

3.9. Perhitungan Perkerasan Kaku

3.9.1. Data

Merencanakan Perkerasan Beton Semen untuk jalan 4 lajur, 2 arah berupa jalan bebas hambatan utama (*major freeway*) luar kota meliputi :

1. Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT),
2. Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT).

3. CBR tanah dasar = 4%
4. Kuat tarik lentur (F_{cf}) = 4 MPa ($f'_c = 285 \text{ kg/cm}^2$, silinder)
5. Berat isi beton = 2400 kg/m^3

Bahan pondasi bawah berupa campuran beton kurus 120 mm. Mutu baja tulangan terdiri dari BJTP 24 (F_y tegangan leleh = 2400 kg/cm^2) untuk BBDT dan BJTU 40 (F_y tegangan leleh = 4000 kg/cm^2) untuk BMDT. Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi ($\mu = 1,2$). Ada fasilitas bahu jalan dari beton. Ruji (dowel) dipasang pada sambungan. Data lalu lintas harian rerata:

1. mobil penumpang = 1800 buah/hari,
2. bus = 375 buah/hari,
3. truk 2 as kecil = 730 buah/hari,
4. truk 2 as besar = 875 buah/hari,
5. truk 3 as = 425 buah/hari,
6. truk gandeng = 42 buah/hari,
7. pertumbuhan lalu lintas (i) = 5%,
8. umur rencana = 20 tahun.

3.9.2. Penyelesaian

1. Analisis lalu Lintas

Tabel 3.2. Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebananya

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu				Jumlah Kendaraan	Jumlah Sumbu per Kendaraan	Jumlah sumbu	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)
Mobil penumpang	1	1	-	-	1800	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus	3	5	-	-	375	2	750	3	375	5	375		
Truk 2 as kecil	2	4	-	-	730	2	1460	2	730				
								4	730				
Truk 2 as besar	5	8	-	-	875	2	1750	5	875	8	875		
Truk 3 as	6	14	-	-	425	2	850	6	425			14	425
Truk gandeng	6	14	5	5	42	4	168	6	42			14	42
								5	42				
								5	42				
							5004		3261		1250		467

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana (20 tahun)

$$R = \text{interpolasi nilai} = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} = \frac{(1+5\%)^{20} - 1}{5\%} = 33,07$$

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R = 365 \times 5004 \times 33,07 = 6,04 \times 10^7$$

$$C = 0,45 \text{ (Tabel 4 Lajur 2 Arah)}$$

$$JSKN \text{ rencana} = C \times JSKN = 0,45 \times (6,04 \times 10^7) = 2,72 \times 10^7$$

2. Perhitungan Repetisi Yang Terjadi

Tabel 3.3. Perhitungan Repetisi Yang Terjadi

Jenis sumbu	Beban sumbu (ton)	Jumlah sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	Lalu lintas rencana	Repetisi yang terjadi
STRT	6	467	0,14	0,66	27177139,14	2549562,87
	5	959	0,29	0,66	27177139,14	5235611,98
	4	730	0,22	0,66	27177139,14	3985398,07
	3	375	0,11	0,66	27177139,14	2047293,53
	2	730	0,22	0,66	27177139,14	3985398,07
Total		3261	1,00			
STRG	8	875	0,70	0,25	27177139,14	4777018,23
	5	375	0,30	0,25	27177139,14	2047293,53
Total		1250	1,00			
STdRG	14	467	1,00	0,09	27177139,14	2549562,87
Total		467	1,00			
Kumulatif						27177139,14

3. Perhitungan Tebal Pelat Beton

Sumber data = Diketahui dari soal.

Jenis perkerasan = BBDT dengan ruji.

Jenis bahu = Beton.

Umur rencana (UR) = 20 tahun.

JSKN = $2,72 \times 10^7$

Faktor keamanan = 1,1 (dari tabel faktor keamanan beban (F_{KB})).

Jenis dan tebal pondasi = 120 mm.

CBR tanah dasar = 4%.

Dari grafik CBR tanah dasar efektif (Lampiran 16), didapat nilai CBR efektif = 35%.

Dari grafik perencanaan (Lampiran 17), didapat tebal taksiran pelat beton = 16,5 cm.

4. Analisa Fatik dan Erosi

Dari perhitungan analisa fatik dan erosi didapatkan nilai persen rusak fatik adalah $84,99\% < 100\%$, maka dapat diambil perencanaan tebal pelat adalah 16,5 cm.

3.9.3. Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)

1. Tebal pelat = 16,5 cm = 0,165 m

2. Lebar pelat = 14 m

3. Panjang pelat = 10 m

4. Koefisien gesek (μ) = 1,2

5. Kuat tarik ijin baja = $2400 \text{ kg/cm}^2 = 235,36 \text{ MPa}$

6. Berat isi beton = 2400 kg/m^3

7. Tulangan Memanjang

a. As perlu = $99,03 \text{ mm}^2/\text{m}$

b. As min = $165 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \text{As min} > \text{As perlu}$ maka dipakai As min

c. Dicoba dengan D12-300 mm $\rightarrow$ As pakai = $376,99 \text{ mm}^2/\text{m} < \text{As min (Aman)}$

8. Tulangan Melintang

a. As perlu = $138,65 \text{ mm}^2/\text{m}$

b. As min = $165 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \text{As min} > \text{As perlu}$ maka dipakai As min

c. Dicoba dengan D12-450 mm $\rightarrow$ As pakai = $251,33 \text{ mm}^2/\text{m} < \text{As min (Aman)}$

3.9.4. Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT)

1. Tebal pelat = $16,5 \text{ cm} = 0,165 \text{ m}$
2. Lebar pelat = 14 m
3. Kuat Tekan beton (f'_c) = 285 kg/cm^2
4. Angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c) = 8
5. Koefisien gesek (μ) = $1,2$
6. Kuat Tarik Lentur (F_{cf}) = $4 \text{ MPa} = 40,79 \text{ kg/cm}^2$
7. $F_{ct} (0,5 F_{cf})$ = $2 \text{ MPa} = 20,39 \text{ kg/cm}^2$
8. Tegangan Leleh Baja (F_y) = 4000 kg/cm^2
9. Sambungan susut setiap jarak = 75 m
10. Tulangan Memanjang
 - a. P_s = $0,56\%$
 - b. As perlu = $9,24 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - c. As min = $9,9 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{As min} > \text{As perlu}$ maka dipakai As min
 - d. Dicoba dengan D16-200 mm $\rightarrow$ As pakai = $10,05 \text{ cm}^2/\text{m} < \text{As min (Aman)}$
11. Tulangan Melintang,
untuk tulangan melintang diambil D12-450 mm.
12. Pengecekan Jarak Teoritis Antar Retakan
Kontrol terhadap jarak teoritis antar retakan:
 - a. $L_{cr} \text{ maks} = 250 \text{ cm}$
 - b. $L_{cr} = 346,87 \text{ cm} > L_{cr} \text{ maks}$ (Tidak Aman)
 - c. Dicoba D16-160 mm ($A_s = 13.25 \text{ cm}^2/\text{m}$) $\rightarrow L_{cr} = 201,67 \text{ cm} < L_{cr} \text{ maks}$ (Aman)