

Tinjauan Ulang Struktur Pelat Lantai Jembatan Girder di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak

Risma Novelia¹, Julyan Purnomo², Nur Aida*³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri
Ketapang, Ketapang

e-mail: :1novaismutzan123@gmail.com *3nhuraidha@politap.ac.id

Abstract

The construction of a girder bridge with profile I has been carried out in Kepuluk Village, Sungai Melayu Rayak District, Ketapang Regency as an alternative for improving good regional infrastructure. The bridge floor plate is an important part because it receives direct loads, both live loads and dead loads. Therefore, a review of the bridge floor plates was carried out to determine whether there were differences between planning and implementation in the field. The purpose of this research is to determine the maximum load that works, determine the moment that occurs, and determine the structural design of the bridge floor plate. This research data consists of primary data and secondary data. This research method is quantitative research. Primary data consists of bridge dimension data and Average Daily Traffic data obtained by conducting direct surveys. Meanwhile, secondary data consists of bridge floor plate loading factor data, tables of support types and as-built drawings obtained through literature studies and other sources. The results of the calculation of the floor plate structure are that the maximum working load is 6.57 kN/m² in alternatives 1 and 2, the value of the moment that occurs from the maximum load consisting of types VI A, III, II, and VI B, is obtained, as well as from the calculation of the reinforcement 16 mm in the x and y field directions has a distance of 250 mm and 13 mm diameter reinforcement in the x support direction has a distance of 210 mm and y has a distance of 230 mm while for use in the field diameters of 16 mm and 13 mm have a distance of 150 mm which is still in the safe category because does not exceed the control value of the reinforcement.

Keywords: Structure, Floor Plate Design

Abstrak

Telah dilaksanakan pembangunan jembatan girder dengan profil I di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak. Kabupaten Ketapang, sebagai salah satu alternatif dalam meningkatkan infrastruktur daerah yang baik. Pelat lantai jembatan menjadi salah satu bagian penting karena menerima beban secara langsung baik beban hidup maupun beban mati. Oleh karena itu, dilakukan tinjauan ulang pada pelat lantai jembatan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara perencanaan dan pelaksanaan di lapangan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui beban maksimum yang bekerja, mengetahui momen yang terjadi, dan mengetahui desain struktur pelat lantai jembatan. Metode penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Data dimensi jembatan dan data lalu lintas harian rata-rata menjadi data primer, sedangkan data faktor pembebanan pelat lantai jembatan, tabel jenis tumpuan, dan as built drawing menjadi data sekunder. Hasil perhitungan struktur pelat lantai diperoleh beban maksimum yang bekerja sebesar 6,57 kN/m² pada alternatif 1 dan 2, nilai momen yang terjadi dari beban maksimum terdiri dari tipe VI A, III, II, dan VI B, serta dari perhitungan tulangan 16 mm arah lapangan x dan y memiliki jarak 250 mm dan tulangan berdiameter 13 mm arah tumpuan x memiliki jarak 120 mm dan y memiliki jarak 230 mm, sedangkan untuk penggunaan di lapangan diameter 16 mm dan 13 mm memiliki jarak 150 mm yang masih termasuk kategori aman karena tidak melebihi nilai kontrol tulangan.

Kata kunci: Struktur, Desain Pelat Lantai

1. Pendahuluan

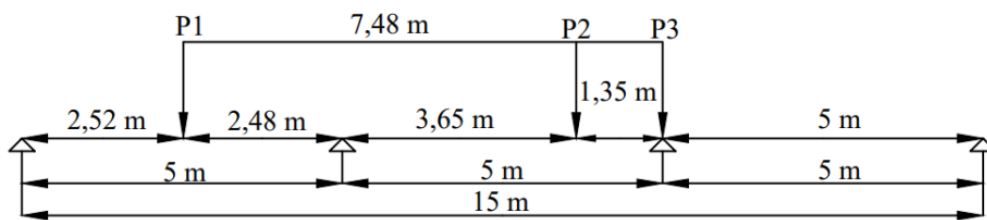
Secara geografis wilayah Indonesia memiliki banyak sungai dimana daerah yang lebih datar memerlukan suatu penghubung antar satu tempat ke tempat lainnya agar perjalanan dapat dilakukan dengan lancar. Oleh karena itu, untuk memperlancar suatu perjalanan diperlukan sebuah jembatan. Jembatan memiliki peran penting sebagai penghubung antar daerah yang terhalang oleh sungai, jurang, rel kereta api, dan pemisah lainnya (Apriyanto and Siswoyo 2021). Adanya bangunan jembatan akan didapat rute tujuan yang lebih singkat dan biaya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan membuat jalan memutar untuk menghindari hambatan tersebut. Jembatan merupakan suatu sistem transportasi yang merupakan kapasitas dari sistem, jika jembatan runtuh sistem akan lumpuh (Rangan et al. 2023).

Perkembangan dari tahun ke tahun jembatan mengalami perubahan dari yang sederhana yaitu jembatan balok girder sampai bentuk yang modern seperti jembatan kabel, jembatan gantung, jembatan rangka, dan jembatan pelengkung. I girder lebih kuat, aman dan lebih murah dibandingkan dengan U girder (Nurhidayatullah and Kurniyawan 2023). Pembangunan jembatan Sungai Pinang juga menggunakan prategang I-girder (Fauzan and Alamsyah 2020). Perkuatan struktur jembatan dilakukan dengan cara menambah pelat girder I di bawah girder eksisting (Hasan, Mahlil, and Jamil 2020). Tidak hanya pada bentuk jembatan, seiring dengan kemajuan teknologi perkembangan juga terjadi pada material yang digunakan mulai dari kayu, beton, baja, maupun penggabungan antara beberapa material. Material yang digunakan harus memperhitungkan berbagai aspek keuntungan baik pada aspek ekonomi, kekuatan, dan lainnya.

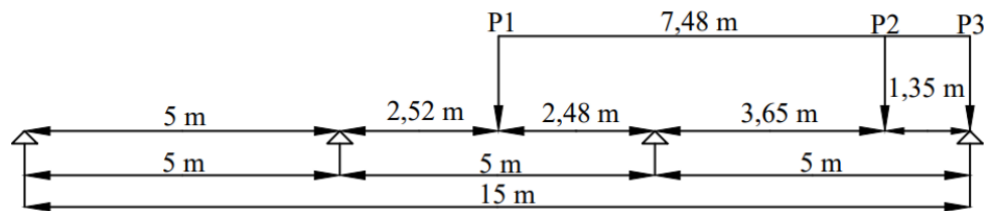
Jalan di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak termasuk dalam jaringan jalan nasional. Ruas jalan ini memiliki peran penting dalam menunjang pengembangan wilayah di daerah sekitarnya. Sehingga diperlukan prasarana perhubungan baik darat maupun laut seperti jembatan yang memiliki fungsi penting untuk menjaga perkembangan di berbagai bidang. Pembangunan jembatan di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak sebagai salah satu alternatif dalam meningkatkan infrastruktur daerah yang baik. Jembatan ini termasuk jenis jembatan sederhana yaitu berupa balok girder profil I dengan material baja. Jenis jembatan ini memiliki penampang yang lebih kecil dibandingkan jenis lainnya sehingga bisa dikatakan sebagai jenis penampang yang lebih ekonomis, efisien, dan mudah dalam pelaksanaan di lapangan (Armin, Manalip, and Handono 2018). Perhitungan manual dalam dunia konstruksi menjadi dasar penting untuk menganalisis suatu pekerjaan struktur. Namun, seringkali terjadi perbedaan antara perencanaan dan pelaksanaan. Sehingga dapat menyebabkan permasalahan pada struktur seperti kerusakan pada lantai jembatan. Lantai jembatan merupakan bagian dari bangunan atas jembatan (Tim Pelaksana Pengawasan dan Pengendali Pusat 2022). Lantai jembatan menjadi salah satu bagian penting karena menerima beban secara langsung dari kendaraan. Oleh karena itu, perlu dilakukan tinjauan ulang struktur atas jembatan, khususnya pelat lantai, untuk memastikan kesesuaiannya antara perencanaan dan pelaksanaan di lapangan. Tinjauan ulang ini dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan lantai jembatan, seperti beban maksimum yang bekerja serta momen yang terjadi. Pada pelat lantai momen yang biasanya didapatkan yaitu area tumpuan dan area lapangan (Nursanti, Rivai, and Rahmat 2020). Sehingga tujuan dilakukannya tinjauan ulang ini untuk mengetahui beban maksimum yang bekerja pada struktur pelat lantai jembatan girder, mengetahui momen yang terjadi dari beban maksimum yang bekerja pada struktur pelat lantai jembatan girder, dan mengetahui desain struktur pelat lantai jembatan girder di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu rayak. Metode pembeban untuk jembatan SNI 1725 2016 digunakan dalam mengetahui besarnya beban yang bekerja pada struktur atas jembatan (Mauliana and Saputra 2024; Nurhidayatullah and Kurniyawan 2023).

2. Metode Penelitian

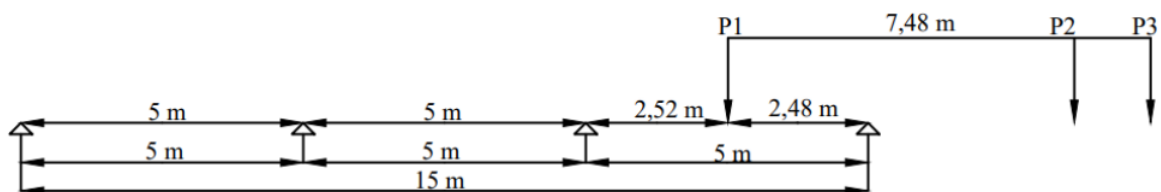
Penelitian ini dilakukan pada Jembatan Girder di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Metode penelitian yang digunakan berupa penelitian kuantitatif. Data dalam penelitian ini berupa data dimensi jembatan, lalu lintas harian rata-rata, data faktor pembebanan pelat lantai jembatan, tabel jenis tumpuan, dan *as built drawing*. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei 2024 sampai dengan Agustus 2024. Langkah pengumpulan data untuk data teknis pelat lantai dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan dimana peneliti dibantu oleh 3 orang *surveyor*. Untuk data beban maksimum kendaraan, peneliti melakukan pengamatan langsung LHR selama 3 hari yaitu : Senin-Rabu, dari tanggal 8 Juli 2024 sampai 10 Juli 2024. Pengolahan data untuk perhitungan beban maksimum yang bekerja pada pelat lantai jembatan dilakukan dengan cara 3 alternatif. Untuk melakukan perhitungan beban maksimum yang terjadi pada pelat lantai bisa menggunakan alternatif atau juga menggunakan ketentuan beban kendaraan.



Gambar 1. Alternatif 1

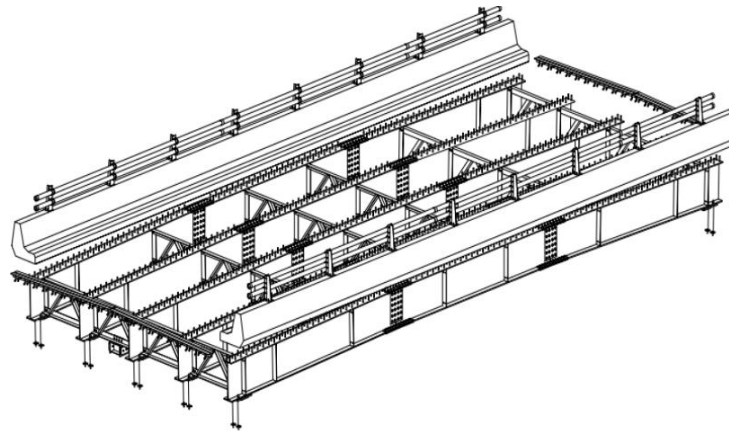


Gambar 2. Alternatif 2

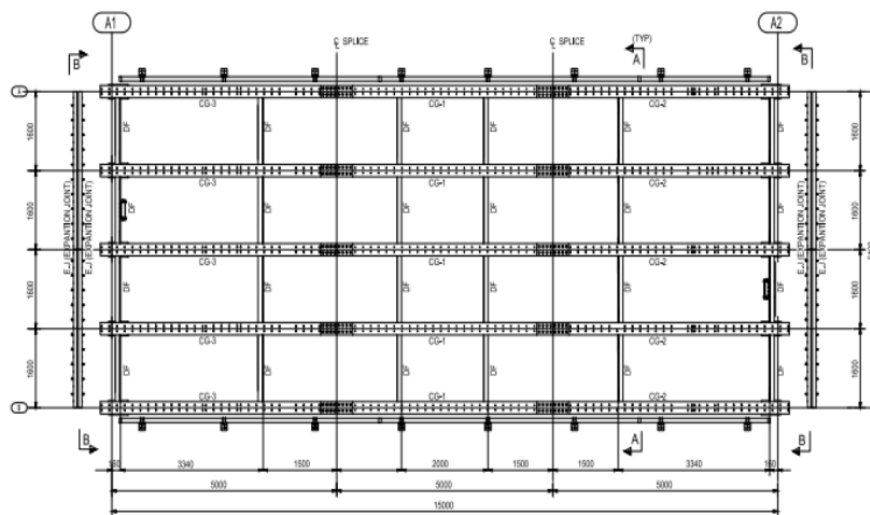


Gambar 3. Alternatif 3

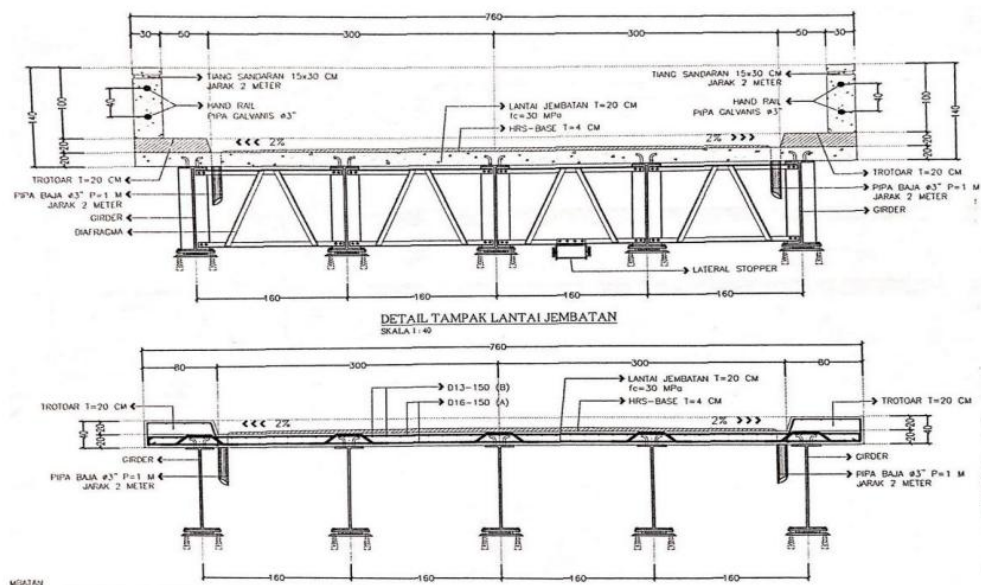
Untuk perhitungan momen yang terjadi dari beban maksimum yang bekerja dilakukan dengan tahap menghitung perbandingan pelat, menghitung tebal pelat, menghitung beban mati dan beban hidup, selanjutnya menghitung faktor beban, menghitung momen-momen yang terjadi sesuai tipe VI A, dan II serta tipe II dan VI B. Untuk melakukan perhitungan tulangan yang akan digunakan untuk mendesain pelat lantai jembatan dilakukan perhitungan tinggi efektif, luas tulangan tarik, jarak antar tulangan, melakukan kontrol jarak maksimum tulangan momen positif dan momen negatif. Setelah diperoleh jarak tulangan, dilakukan desain ulang menggunakan software Autocad, sehingga peneliti bisa membandingkan antara gambar *as built drawing* dan gambar rencana.



Gambar 4. As Built Drawing Isometri Jembatan



Gambar 5. Balok Girder Tampak Atas



Gambar 6. Detail Penulangan Pelat Lantai Jembatan Tampak Samping

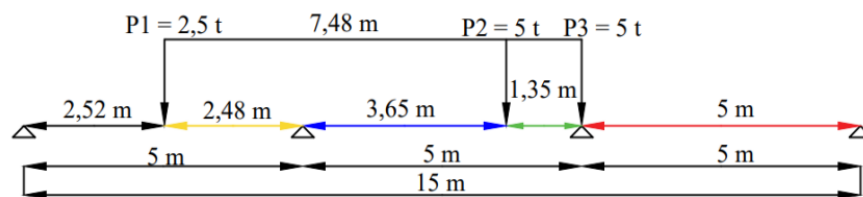
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Teknik Jembatan

Hasil pengukuran pada jembatan Girder Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak Kabupaten Ketapang diperoleh panjang pelat lantai jembatan 15 m, lebar pelat lantai jembatan 7,6 m, tebal pelat lantai jembatan 0,2 m, dan jarak antar as balok 1,6 m.

3.2 Beban Pelat Lantai Jembatan

Beban pelat lantai jembatan didasarkan dari beban hidup dalam hal ini adalah beban lalu lintas (Ikhsan, Pribadi, and Puluhulawa 2019). Berdasarkan pengamatan LHR diperoleh kendaraan paling berat berupa Truk Pertamina dengan jumlah roda sebanyak 10 roda yang termasuk golongan 7a truk tiga sumbu, sehingga berat total maksimum sebesar 25 ton dengan pembagian beban setiap roda sebesar 2,5 ton. Sehingga berdasarkan nilai pembagian beban per roda kendaraan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pembebanan dan Jarak Alternatif 1

Perhitungan beban terpusat menjadi beban terbagi merata dilakukan seperti berikut:

$$q = \frac{p}{l} \quad (1)$$

Dengan nilai P_{total} sebesar 12,5 t sehingga diperoleh :

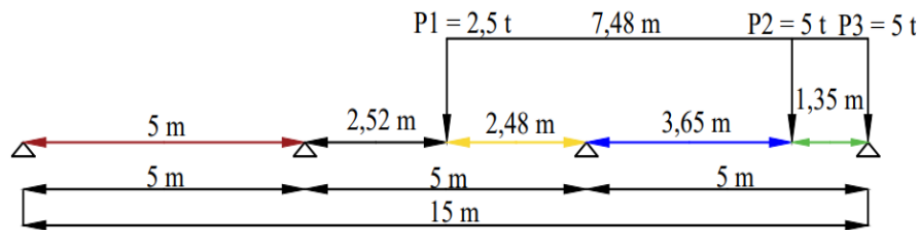
$$q = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\text{Jarak roda} \times \text{lebar kendaraan}}$$

$$q = \frac{2,5 \text{ t} + 5 \text{ t} + 5 \text{ t}}{7,48 \text{ m} \times 2,49 \text{ m}}$$

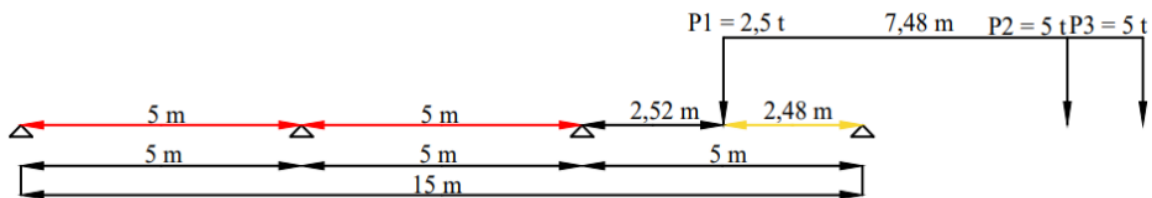
$$q = \frac{12,5 \text{ t}}{18,62 \text{ m}^2}$$

$$q = 0,67 \text{ t/m}^2 = 6,57 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan ini berdasarkan jarak sumbu as kendaraan yang digunakan untuk mencari nilai beban maksimum terbagi merata per m^2 . Perhitungan ini sama untuk alternatif ke dua. Sedangkan untuk alternatif ketiga, P_{total} sama dengan P_1 saja 2,5 t, sehingga nilai q nya diperoleh 0,40 t/m^2 atau 3,92 kN/m^2 .



Gambar 8. Pembebanan dan Jarak Alternatif 2

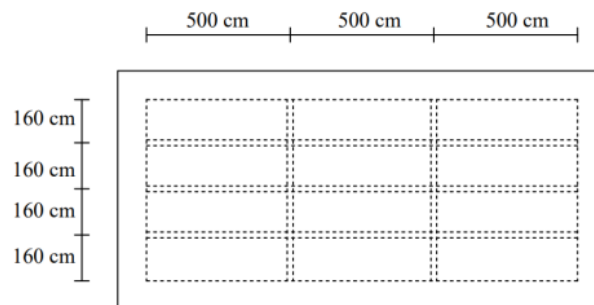


Gambar 9. Pembebanan dan Jarak Alternatif 3

Berdasarkan perhitungan dari ketiga alternatif, diperoleh nilai beban terbagi merata pada alternatif 1 dan 2 sebesar 6,57 kN/m², sedangkan pada alternatif 3 sebesar 3,92 kN/m². Sehingga nilai beban maksimum terbagi merata diperoleh pada perhitungan alternatif 1 dan 2, sedangkan untuk perhitungan struktur pelat lantai jembatan diambil nilai WII sebesar 6,57 kN/m².

3.3 Perhitungan Struktur Pelat Lantai

Perhitungan struktur pelat lantai jembatan girder di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak dengan panjang 15 meter dan lebar balok 6,4 meter, seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Struktur Pelat Lantai

Data pelat lantai jembatan pada Gambar 7, diantaranya WII sebesar 6,57 kN/m², f_c' sebesar 30 MPa, F_y sebesar 350 MPa, tebal genangan air dan tebal permukaan aspal sebesar 0,05 m, selimut beton (p) sebesar 40 mm, γ_{beton} , γ_{aspal} dan γ_{air} , berturut-turut sebesar 24 kN/m³, 22 kN/m³, 9,8 kN/m³. Adapun tahap perhitungan struktur pelat lantai yaitu:

1. Perhitungan Bentang Pelat

Bentang pelat untuk arah y dan x diambil dari as ke as tumpuan, sehingga L_y sebesar 500 cm, dan L_x sebesar 160 cm.

2. Perhitungan Tebal Pelat Lantai

Perhitungan mengenai perbandingan pelat terlebih dahulu untuk mengetahui koefisien yang akan digunakan.

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x}$$

$$\beta = \frac{500}{160} = 3,125 \approx 3$$

Dalam mencari tebal pelat lantai menggunakan perhitungan berikut:

$$h \geq \frac{L_y}{36 + (10 \times \beta)}$$

$$h \geq \frac{5.000 \text{ mm}}{36 + (10 \times 3,125)}$$

$$h \geq 74,35 \text{ mm}$$

$$h \leq \frac{L_y}{36}$$

$$h \leq \frac{5.000 \text{ mm}}{36}$$

$$h \leq 138,88 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Sehingga diambil nilai h sebesar 200 mm karena disesuaikan dengan kondisi lapangan.

3. Perhitungan Beban

a) Beban Mati

1) Berat Sendiri Pelat Beton

Berat sendiri pelat beton dapat dihitung sebagai berikut:

$$W_1 = t \times \gamma_{\text{beton}} \quad (3)$$

Dengan nilai $h = t = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$.

Berat sendiri pada struktur didasarkan atas berat jenis material beton γ sebesar 24 kN/m^3 (Mukhlis et al. 2019).

$$W_1 = t \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W_1 = 0,2 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3$$

$$W_1 = 4,8 \text{ kN/m}^2$$

2) Berat Lapis Permukaan Aspal

Berat lapis permukaan aspal dapat dihitung sebagai berikut:

$$W_2 = t \times \gamma_{\text{aspal}} \quad (4)$$

Dari data yang diketahui nilai tinggi permukaan aspal sebesar $5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$

$$W_2 = t \times \gamma_{\text{aspal}}$$

$$W_2 = 0,05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3$$

$$W_2 = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga total beban mati sebesar $5,9 \text{ kN/m}^2$ ($4,8 \text{ kN/m}^2 + 1,1 \text{ kN/m}^2$).

b) Beban Hidup

1) Beban Hidup (W_{ll}) sebesar $6,57 \text{ kN/m}^2$

2) Beban Terbagi Rata Air

Beban air dapat dihitung sebagai berikut:

$$q_{\text{air}} = t \times \gamma_{\text{air}} \quad (5)$$

Dari data yang diketahui nilai tinggi genangan air sebesar $5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$

$$q_{\text{air}} = 0,05 \text{ m} \times 9,8 \text{ kN/m}^3$$

$$q_{\text{air}} = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total beban hidup} = 6,57 \text{ kN/m}^2 + 0,49 \text{ kN/m}^2 = 7,06 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{u_{\text{total}}} = (1,2 \times W_{dl}) + (1,6 \times W_{ll})$$

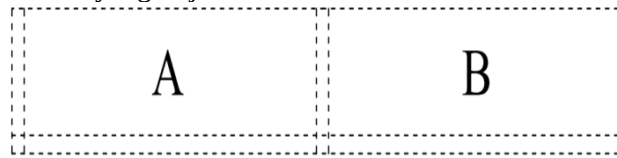
$$W_{u_{\text{total}}} = (1,2 \times 5,9) \text{ kN/m}^2 + (1,6 \times 7,06) \text{ kN/m}^2$$

$$W_{u_{\text{total}}} = 18,38 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga beban pelat per meter lebar (W_u) sebesar $18,38 \text{ kN/m}$

Perhitungan selanjutnya menggunakan persamaan metode amplop dengan beberapa tipe yaitu tipe VI A dan III, serta tipe II dan VI B. Perhitungan metode amplop untuk tipe VI A dan III sebagai berikut:

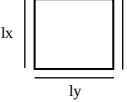
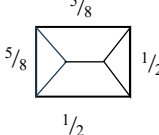
1. Perhitungan momen-momen yang terjadi



Gambar 11. Metode Amplop Tive VI A dan III

Untuk persamaan dan nilai koefisien momen tipe VI A dan III dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Metode Amplop Tipe VI A dan Tipe III

Skema	Penyaluran beban berdasarkan metode amplop $\times$ Wu lantai lx	X y	3,0
Tipe VI A		$mlx = 0,001 qlx^2$ $mly = 0,001 qlx^2$ $mtx = -0,001 qlx^2$ $mty = -0,001 qlx^2$ $mtix = 1/2 mly$	83 16 124 71
Tipe III		$mlx = 0,001 qlx^2$ $mly = 0,001 qlx^2$ $mtx = -0,001 qlx^2$ $mty = -0,001 qlx^2$ $mtix = 1/2 mly$ $mtiy = 1/2 mly$	83 19 124 71

$$M = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien } \beta \quad (6)$$

Perhitungan Pelat A (Tipe VI A)

$$Mlx = 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 83 = 3,90 \text{ kNm}$$

$$Mly = 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 16 = 0,75 \text{ kNm}$$

$$Mtx = -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 124 = -5,83 \text{ kNm}$$

$$Mty = -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 71 = -3,34 \text{ kNm}$$

$$Mtix = \frac{1}{2} \times 3,90 = 1,95 \text{ kNm}$$

Perhitungan Pelat B (Tipe III)

$$Mlx = 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 83 = 3,90 \text{ kNm}$$

$$Mly = 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 19 = 0,89 \text{ kNm}$$

$$Mtx = -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 124 = -5,83 \text{ kNm}$$

$$Mty = -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 71 = -3,34 \text{ kNm}$$

$$Mtix = \frac{1}{2} \times 3,90 = 1,95 \text{ kNm}$$

$$Mtiy = \frac{1}{2} \times 0,89 = 0,44 \text{ kNm}$$

2. Perhitungan penulangan

a. Tinggi Efektif

Diameter 16 mm

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2016), digunakan selimut beton sebesar 40 mm jika terpapar oleh cuaca dan berada di daerah dekat perairan.

$$\text{Tinggi efektif arah } x = h - p - \left(\frac{1}{2} \times D \right)$$

$$\text{Tinggi efektif arah } x = 200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}\right) = 152 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif arah } y = h - p - D - \left(\frac{1}{2} \times D\right)$$

$$\text{Tinggi efektif arah } y = 200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}\right) = 136 \text{ mm}$$

Sehingga tinggi efektif diameter 16 mm sebesar 152 mm untuk perhitungan lapangan x dan 136 mm untuk perhitungan lapangan y.

Diameter 13 mm

$$\text{Tinggi efektif arah } x = h - p - \left(\frac{1}{2} \times D\right)$$

$$\text{Tinggi efektif arah } x = 200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 13 \text{ mm}\right) = 153,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif arah } y = h - p - D - \left(\frac{1}{2} \times D\right)$$

$$\text{Tinggi efektif arah } y = 200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 13 \text{ mm}\right) = 140,5 \text{ mm}$$

Sehingga tinggi efektif diameter 13 mm sebesar 153,5 mm untuk perhitungan lapangan x dan 140,5 mm untuk perhitungan lapangan y.

b. Luas Tulangan Tarik Pelat A

Luas tulangan tarik dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$R_u = \frac{M}{(b \times d^2)} \quad (7)$$

dengan

$$A_s L = \rho \times b \times d \quad (8)$$

Nilai d menggunakan nilai tinggi relatif yang disesuaikan dengan arah lapangan x atau y serta arah tumpuan x atau y.

$$R_u = \frac{M}{(b \times d^2)}$$

$$R_u L_x = \frac{3,90 \times 10^6 \text{ N.mm}}{1.000 \text{ mm} \times (152 \text{ mm})^2}$$

$$R_u L_x = \frac{3.900.000 \text{ N}}{23.104.000 \text{ mm}^2} = 0,17 \text{ MPa}$$

Berdasarkan nilai perbandingan baja tarik untuk penampang persegi dengan lebar b dan tinggi efektif d bertulangan tunggal, maka diperoleh nilai ρ sebesar 0,0040.

$$A_s L_x = \rho \times b \times d$$

$$A_s L_x = 0,0040 \times 1.000 \text{ mm} \times 152 \text{ mm} = 608 \text{ mm}^2$$

Untuk $R_u L_y$, $A_s L_y$, $R_u T_x$, $A_s T_x$, $R_u T_y$, $A_s T_y$, $R_u T_{ix}$, $A_s T_{ix}$ dilakukan perhitungan yang sama sehingga $A_s L_y$ sebesar 544 mm², $A_s T_x$ sebesar 614 mm², $A_s T_y$ sebesar 562 mm², dan $A_s T_{ix}$ sebesar 614 mm².

c. Luas Tulangan Tarik Pelat B

Luas tulangan tarik pada pelat B dilakukan perhitungan sama dengan tulangan tarik pelat A, sehingga diperoleh nilai $A_s L_x$ sebesar 608 mm², $A_s L_y$ sebesar 544 mm², $A_s T_x$ sebesar 614 mm², $A_s T_y$ sebesar 562 mm², $A_s T_{ix}$ sebesar 614 mm², dan $A_s T_{iy}$ sebesar 562 mm².

3. Penentuan jarak antar tulangan

Jarak tulangan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad (9)$$

$$PKP = \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \times 1.000 \text{ m} \quad (10)$$

Untuk Pelat A

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (16 \text{ mm})^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$PKP = \frac{As \text{ tulangan}}{As \text{ perlu}} \times 1.000 \text{ m}$$

$$PKP = \frac{200,96 \text{ mm}^2}{608 \text{ mm}^2} \times 1.000 \text{ m} = 330 \text{ mm}$$

Untuk PKP Ly, PKP Tx, PKP Ty, PKP Tix, dilakukan perhitungan yang sama sehingga nilai PKP Ly sebesar 369 mm, PKP Tx sebesar 216 mm, PKP Ty sebesar 236 mm, dan PKP Tix sebesar 216 mm.

Untuk Pelat B

Penentuan jarak antar tulangan pada pelat B dilakukan perhitungan sama dengan pelat A, sehingga diperoleh nilai PKP Lx sebesar 330 mm, PKP Ly sebesar 369 mm, PKP Tx sebesar 216 mm, PKP Ty sebesar 236 mm, PKP Tix sebesar 216 mm, dan PKP Tiy sebesar 236 mm.

Sehingga dari perhitungan diperoleh jarak antar tulangan pada pelat A dan pelat B.

1) Pelat A

- a) As Lx = 608 mm², dipakai tulangan D16 – 330 mm
- b) As Ly = 544 mm², dipakai tulangan D16 – 369 mm → 360 mm
- c) As Tx = 614 mm², dipakai tulangan D13 – 216 mm → 210 mm
- d) As Ty = 562 mm², dipakai tulangan D13 – 236 mm → 230 mm
- e) As Tix = 614 mm², dipakai tulangan D13 – 216 mm → 210 mm

2) Pelat B

- a) As Lx = 608 mm², dipakai tulangan D16 – 330 mm
- b) As Ly = 544 mm², dipakai tulangan D16 – 369 mm → 360 mm
- c) As Tx = 614 mm², dipakai tulangan D13 – 216 mm → 210 mm
- d) As Ty = 562 mm², dipakai tulangan D13 – 236 mm → 230 mm
- e) As Tix = 614 mm², dipakai tulangan D13 – 216 mm → 210 mm
- f) As Tiy = 562 mm², dipakai tulangan D13 – 236 mm → 230 mm

4. Kontrol jarak maksimum

1) Tulangan Momen Positif (Lapangan)

Kontrol jarak maksimum tulangan momen positif dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kontrol jarak maksimum tulangan momen positif} = 1,5 \times h \quad (11)$$

$$\text{Kontrol jarak maksimum tulangan momen positif} = 1,5 \times h$$

$$\text{Kontrol jarak maksimum tulangan momen positif} = 1,5 \times 200 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Terdapat nilai ketentuan kontrol jarak maksimum tulangan momen positif sebesar 250 mm diantara nilai kontrol jarak dan hasil perhitungan nilai kontrol tulangan 250 mm lebih kecil dari kedua nilai tersebut. Maka, dalam penyesuaian jarak antar tulangan lapangan arah x dan y digunakan sebesar 250 mm.

2) Tulangan Momen Negatif (Tumpuan)

Kontrol jarak maksimum tulangan momen negatif dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kontrol jarak maksimum tulangan momen negatif} = 3 \times h \quad (12)$$

$$\text{Kontrol jarak maksimum tulangan momen negatif} = 3 \times h$$

$$\text{Kontrol jarak maksimum tulangan momen negatif} = 3 \times 200 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Terdapat nilai ketentuan kontrol jarak maksimum tulangan momen negatif sebesar 500 mm tetapi nilai hasil perhitungan jarak tulangan lebih kecil dari kedua nilai kontrol jarak tulangan

maksimum. Maka, dalam penyesuaian jarak antar tulangan tumpuan arah x dan y digunakan sebesar 210 mm dan 230 mm.

Sehingga berdasarkan nilai-nilai perhitungan di atas, maka perlu dilakukan penyesuaian jarak antar tulangan.

1) Pelat A

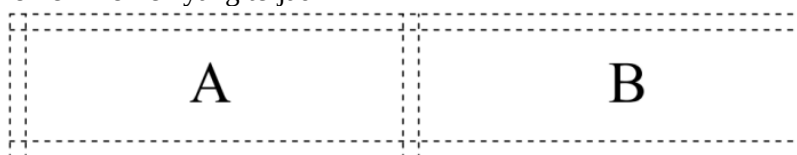
- a) $As_{Lx} = 608 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 330 mm ≈ 250 mm
- b) $As_{Ly} = 544 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 360 mm ≈ 250 mm
- c) $As_{Tx} = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 210 mm
- d) $As_{Ty} = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 230 mm
- e) $As_{Tix} = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 210 mm

2) Pelat B

- a) $As_{Lx} = 608 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 330 mm ≈ 250 mm
- b) $As_{Ly} = 544 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 360 mm ≈ 250 mm
- c) $As_{Tx} = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 210 mm
- d) $As_{Ty} = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 230 mm
- e) $As_{Tix} = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 210 mm
- f) $As_{Tiy} = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 230 mm

Untuk perhitungan metode amplop untuk tipe II dan VI B sebagai berikut:

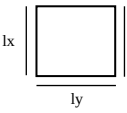
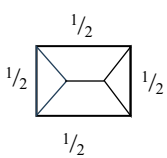
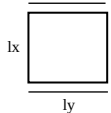
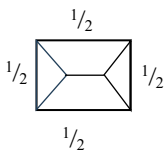
1. Perhitungan momen-momen yang terjadi



Gambar 12. Metode Amplop Tipe II dan VI B

Untuk persamaan dan nilai koefisien momen tipe II dan VI B dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Metode Amplop Tipe II dan Tipe VI B

Skema	Penyaluran beban berdasarkan metode amplop $\times W_u$ lantai lx	X y	3,0
Tipe II 		$m_{lx} = 0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{ly} = 0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{tx} = -0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{ty} = -0,001 \text{ qlx}^2$	65 14 83 49
Tipe VI B 		$m_{lx} = 0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{ly} = 0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{tx} = -0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{ty} = -0,001 \text{ qlx}^2$ $m_{tiy} = 1/2 m_{ly}$	65 16 83 49

Perhitungan Pelat A (Tipe II) masih menggunakan persamaan (6).

$$M_{lx} = 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 65 = 3,06 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 14 = 0,66 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 83 = -3,90 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 49 = -2,30 \text{ kNm}$$

Perhitungan Pelat B (Tipe VI B)

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 65 = 3,06 \text{ kNm} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 16 = 0,75 \text{ kNm} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 83 = -3,90 \text{ kNm} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times 18,38 \text{ kN/m} \times (1,6 \text{ m})^2 \times 49 = -2,30 \text{ kNm} \\
 M_{tiy} &= \frac{1}{2} \times 0,75 = 0,38 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan penulangan

a. Tinggi Efektif

Tinggi efektif diameter 16 mm sebesar 152 mm untuk perhitungan lapangan x dan 136 mm untuk perhitungan lapangan y. Sedangkan Tinggi efektif diameter 13 mm sebesar 153,5 mm untuk perhitungan lapangan x dan 140,5 mm untuk perhitungan lapangan y.

b. Luas Tulangan Tarik Pelat A

Luas tulangan tarik masih dihitung menggunakan persamaan (7) dan (8).

Nilai d menggunakan nilai tinggi relatif yang disesuaikan dengan arah lapangan x atau y serta arah tumpuan x atau y.

$$\begin{aligned}
 R_u &= \frac{M}{(b \times d^2)} \\
 R_u \text{ Lx} &= \frac{3,06 \times 10^6 \text{ N.mm}}{1.000 \text{ mm} \times (152 \text{ mm})^2} \\
 R_u \text{ Lx} &= \frac{3.060.000 \text{ N}}{23.104.000 \text{ mm}^2} = 0,13 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai perbandingan baja tarik untuk penampang persegi dengan lebar b dan tinggi efektif d bertulangan tunggal, maka diperoleh nilai ρ sebesar 0,0040.

$$A_s \text{ Lx} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ Lx} = 0,0040 \times 1.000 \text{ mm} \times 152 \text{ mm} = 608 \text{ mm}^2$$

Untuk $R_u \text{ Ly}$, $A_s \text{ Ly}$, $R_u \text{ Tx}$, $A_s \text{ Tx}$, $R_u \text{ Ty}$, $A_s \text{ Ty}$ dilakukan perhitungan yang sama sehingga $A_s \text{ Ly}$ sebesar 544 mm², $A_s \text{ Tx}$ sebesar 614 mm², dan $A_s \text{ Ty}$ sebesar 562 mm².

c. Luas Tulangan Tarik Pelat B

Luas tulangan tarik pada pelat B dilakukan perhitungan sama dengan tulangan tarik pelat A, sehingga diperoleh nilai $A_s \text{ Lx}$ sebesar 608 mm², $A_s \text{ Ly}$ sebesar 544 mm², $A_s \text{ Tx}$ sebesar 614 mm², $A_s \text{ Ty}$ sebesar 562 mm², dan $A_s \text{ Tiy}$ sebesar 562 mm².

3. Penentuan jarak antar tulangan

Jarak tulangan masih dihitung menggunakan persamaan (9) dan (10).

Untuk Pelat A, nilai PKP Ly , PKP Tx , PKP Ty , PKP Tix , dilakukan perhitungan yang sama sehingga nilai PKP Ly sebesar 369 mm, PKP Tx sebesar 216 mm, dan PKP Ty sebesar 236 mm.

Untuk Pelat B, penentuan jarak antar tulangan pada pelat B dilakukan perhitungan sama dengan pelat A, sehingga diperoleh nilai PKP Lx sebesar 330 mm, PKP Ly sebesar 369 mm, PKP Tx sebesar 216 mm, PKP Ty sebesar 236 mm, dan PKP Tiy sebesar 236 mm.

Sehingga dari perhitungan diperoleh jarak antar tulangan pada pelat A dan pelat B.

1) Pelat A

- $A_s \text{ Lx} = 608 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 330 mm
- $A_s \text{ Ly} = 544 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 369 mm → 360 mm
- $A_s \text{ Tx} = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 216 mm → 210 mm
- $A_s \text{ Ty} = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 236 mm → 230 mm

2) Pelat B

- $A_s \text{ Lx} = 608 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 330 mm
- $A_s \text{ Ly} = 544 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 369 mm → 360 mm
- $A_s \text{ Tx} = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 216 mm → 210 mm
- $A_s \text{ Ty} = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 236 mm → 230 mm
- $A_s \text{ Tiy} = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 236 mm → 230 mm

4. Kontrol jarak maksimum

1) Tulangan Momen Positif (Lapangan)

Kontrol jarak maksimum tulangan momen positif dihitung menggunakan persamaan (11), diperoleh nilai 300 mm. Sehingga dalam penyesuaian jarak antar tulangan lapangan arah x dan y digunakan sebesar 250 mm.

2) Tulangan Momen Negatif (Tumpuan)

Kontrol jarak maksimum tulangan momen negatif dihitung menggunakan persamaan (12), diperoleh nilai 600 mm. Sehingga dalam penyesuaian jarak antar tulangan tumpuan arah x dan y digunakan sebesar 210 mm dan 230 mm.

Sehingga berdasarkan nilai-nilai perhitungan di atas, maka perlu dilakukan penyesuaian jarak antar tulangan.

1) Pelat A

a) $As Lx = 608 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 330 mm $\approx 250 \text{ mm}$

b) $As Ly = 544 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 360 mm $\approx 250 \text{ mm}$

c) $As Tx = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 210 mm

d) $As Ty = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 230 mm

2) Pelat B

a) $As Lx = 608 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 330 mm $\approx 250 \text{ mm}$

b) $As Ly = 544 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D16 – 360 mm $\approx 250 \text{ mm}$

c) $As Tx = 614 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 210 mm

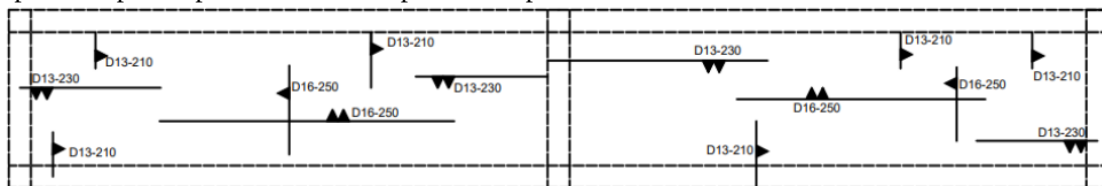
d) $As Ty = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 230 mm

e) $As Tiy = 562 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan D13 – 230 mm

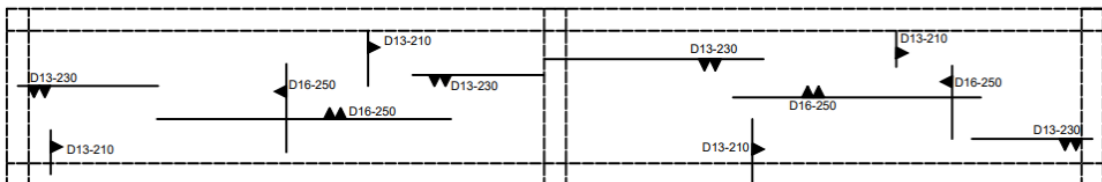
3.4 Desain Pelat Lantai

3.4.1 Penulangan Tampak Atas

Penulangan tampak atas tipe VI A dan III dapat dilihat pada Gambar 13, sedangkan penulangan tampak atas pada tipe II dan VI B dapat dilihat pada Gambar 14.



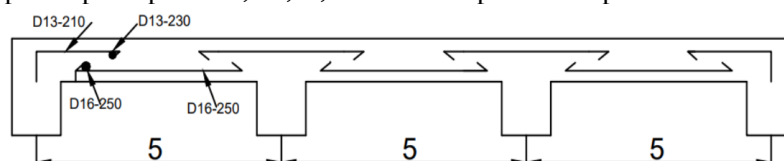
Gambar 13. Penulangan Tampak Atas Tipe VI A dan III



Gambar 14. Penulangan Tampak Atas Tipe II dan VI B

3.4.2 Penulangan Tampak Depan

Penulangan tampak depan tipe VI A, III, II, dan VI B dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Penulangan Tampak Depan

Untuk memudahkan pekerjaan di lapangan, maka dilakukan penyeragaman jarak antar tulangan. Sehingga, tulangan pokok atau sengkang menggunakan tulangan diameter 16 mm dengan jarak 250 mm dan tulangan bagi menggunakan tulangan diameter 13 mm dengan jarak terkecil yaitu 210 mm. Pelat lantai jembatan girder di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak Kabupaten Ketapang memiliki dimensi bentang dengan ukuran panjang 500 cm (5 m) dan lebar 160 cm (1,6 m) yang menggunakan tulangan dengan ukuran diameter 13 mm dan 16 mm. Berdasarkan sistem penulangan dua arah maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode amplop dengan beberapa tipe. Untuk pelat A dengan tipe VI A memiliki nilai momen M_{lx} sebesar 3,90 kN.m, M_{ly} sebesar 0,75 kN.m, M_{tx} sebesar -5,83 kN.m, M_{ty} sebesar -3,34 kN.m, dan M_{tix} sebesar 1,95 kN.m. Untuk pelat B dengan Tipe III memiliki nilai momen M_{lx} sebesar 3,90 kN.m, M_{ly} sebesar 0,89 kN.m, M_{tx} sebesar -5,83 kN.m, M_{ty} sebesar -3,34 kN.m, M_{tix} sebesar 1,95 kN.m, dan M_{tiy} sebesar 0,44 kN.m. Untuk pelat A tipe II M_{lx} sebesar 3,06 kN.m, M_{ly} sebesar 0,66 kN.m, M_{tx} sebesar -3,90 kN.m, dan M_{ty} sebesar -2,30 kN.m. Sedangkan untuk pelat B dengan tipe VI B M_{lx} sebesar 3,06 kN.m, M_{ly} sebesar 0,75 kN.m, M_{tx} sebesar -3,90 kN.m, M_{ty} sebesar -2,30 kN.m, dan M_{tiy} sebesar 0,38 kN.m.

Dari desain tulangan maka diperoleh tulangan diameter 16 mm arah lapangan x dan arah y memiliki jarak 250 mm dan tulangan diameter 13 mm arah tumpuan x memiliki jarak 210 mm dan arah y memiliki jarak 230 mm. Sedangkan penggunaan tulangan di lapangan tulangan diameter 16 mm dan 13 mm memiliki jarak 150 mm. Nilai momen pada metode amplop menghasilkan perhitungan lebih kecil dibandingkan menggunakan metode elemen hingga (Agung, Tanijaya, and Sanggaria 2021; Majid, Bayzoni, and Purwanto 2019). Dimana nilai momen yang lebih kecil menggunakan tulangan lentur negatif dan positif D16 dengan jarak 150 mm (Ikhsan, Pribadi, and Puluhulawa 2019). Untuk perhitungan penelitian lain Hamzah (2020), nilai tulangan tumpuan, tulang lapangan, antara hasil perhitungan dan di lapangan sama atau tidak berbeda, tetapi dalam penelitian ini berbeda. Perbedaan tersebut terjadi karena di lapangan untuk memudahkan pekerjaan dilakukanlah penyeragaman jarak antar tulangan. Tetapi dalam penelitian ini, jarak tulangan yang digunakan di lapangan masih dalam kategori aman karena tidak melebihi nilai kontrol jarak tulangan.

4. Kesimpulan

Nilai beban maksimum yang bekerja pada struktur pelat lantai jembatan girder di Desa Kepuluk Kecamatan Sungai Melayu Rayak sebesar 0,67 t/m² atau 6,57 kN/m². Momen yang terjadi dari beban maksimum 6,57 untuk pelat A dengan tipe VI A memiliki nilai momen M_{lx} sebesar 3,90 kN.m, M_{ly} sebesar 0,75 kN.m, M_{tx} sebesar -5,83 kN.m, M_{ty} sebesar -3,34 kN.m, dan M_{tix} sebesar 1,95 kN.m. Untuk pelat B dengan Tipe III memiliki nilai momen M_{lx} sebesar 3,90 kN.m, M_{ly} sebesar 0,89 kN.m, M_{tx} sebesar -5,83 kN.m, M_{ty} sebesar -3,34 kN.m, M_{tix} sebesar 1,95 kN.m, dan M_{tiy} sebesar 0,44 kN.m. Untuk pelat A tipe II M_{lx} sebesar 3,06 kN.m, M_{ly} sebesar 0,66 kN.m, M_{tx} sebesar -3,90 kN.m, dan M_{ty} sebesar -2,30 kN.m. Sedangkan untuk pelat B dengan tipe VI B M_{lx} sebesar 3,06 kN.m, M_{ly} sebesar 0,75 kN.m, M_{tx} sebesar -3,90 kN.m, M_{ty} sebesar -2,3 kN.m, dan M_{tiy} sebesar 0,38 kN.m. Sehingga dari desain tulangan diperoleh tulangan berdiameter 16 mm arah lapangan x dan y memiliki jarak 250 mm dan tulangan diameter 13 mm arah tumpuan x memiliki jarak 210 mm dan y memiliki jarak 230 mm. Sedangkan penggunaan tulangan di lapangan tulangan diameter 16 mm dan diameter 13 mm memiliki jarak 150 mm, sehingga jarak tulangan yang digunakan di lapangan masih dalam kategori aman karena tidak melebihi nilai kontrol jarak tulangan.

Daftar Pustaka

Agung, Karel, Jonie Tanijaya, and Olan Jujun Sanggaria. 2021. "Analisis Pengaruh Penempatan Balok Anak pada Perencanaan Pelat Lantai Gedung Toko Satu Sama." *Jurnal Teknik Sipil UKIPaulus-Makasar* 3(4): 538–547.

- Apriyanto, Dimas, and Siswoyo. 2021. "Perencanaan Girder Jembatan Beton Prategang Jl. Raya Sememi Benowo Surabaya Section 0-152." *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi (Axial)* 9(1): 35–40.
- Armin, H Manalip, and Banu Dwi Handono. 2018. "Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan Variasi Bentang." *Jurnal Sipil Statik* 6(2): 67–74.
- Fauzan, Muhammad Nur, and Alamsyah. 2020. "Perancangan Jembatan Beton Bertulang T-Girder Sungai Pinang." *Jurnal Invotek Seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TEKLA)* 2(1): 26–32.
- Hamzah, Amir. 2020. "Tinjauan Tulang Plat Beton pada Jembatan Beton Sei Saraf Datuk Bandar Kota Tanjung Balai." *Jurnal Pionir LPPM Universitas Asahan* 6(1): 139–152.
- Hasan, Muttaqin, Mahlil, and Muhammad Jamil. 2020. "Penanganan Jembatan Pelat Girder yang Mengalami Defleksi yang Besar Setelah Pengecoran Pelat Lantai." *Jurnal Teknik Sipil (JTS)* 9(2): 47–56.
- Ikhsan, Al, Juli Ardita Pribadi, and Indriyani Puluhulawa. 2019. "DESAIN JEMBATAN SUNGAI MESKOM MENGGUNAKAN menghubungkan permukiman Untuk itu dicoba Melakukan Desain ulang Faktor Beban Dinamis merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan." *Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi (TEKLA)* 1(1): 38–45.
- Majid, Audy Nadyaputri, Bayzoni, and Eddy Purwanto. 2019. "Analisis Pengaruh Dimensi Balok Anak Terhadap Momen Lentur pada Pelat dengan Metode Amplop Dan Metode Elemen Hingga." *JRSDD* 7(1): 47–56.
- Mauliana, Y., and F.W. Saputra. 2024. "Studi Perbandingan Metode Pembebanan Struktur Bangunan Atas Jembatan Beton Bertulang." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 5(2): 34–41.
- Mukhlis et al. 2019. "Analisis I-Girder Baja pada Jembatan Lengkung Horizontal Menggunakan Standar AASHTO LRFD 2012." *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil* 16(2): 103–112.
- Nasional, Badan Standardisasi. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nurhidayatullah, Eka Faisal, and Toni Kurniyawan. 2023. "Analisis Perbandingan Struktur Jembatan Tipe I-Girder dengan U-Girder Beton Prategang." *Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil (RENOVASI)* 8(1): 6–14.
- Nursanti, Arwina, Indartono Rivai, and Tri Rahmat. 2020. "Analisis Kapasitas Balok dan Pelat Lantai pada Proyek Gedung Pusat Pembelajaran Artzn-Geise Tahap II Parahyangan Universitas Parahyangan - Bandung." *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur* 19(2): 17–34.
- Rangan, Parea R et al. 2023. "Perencanaan Gelagar Jembatan Sungai Minanga dengan Beton Prategang." *Journal Dynamic SainT* 8(1): 27–39.
- Tim Pelaksana Pengawasan dan Pengendali Pusat. 2022. *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan Kawasan Permukiman.