

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN BRAWIJAYA, SPLENDID KOTA MALANG DENGAN MODEL BUSUR

Adelia Zahraa Salsabila¹, Aulia Rahman²

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

adeliazahraasalsabila@gmail.com¹, aulia.rahman@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Jembatan Brawijaya merupakan jembatan yang berlokasi di Pasar Burung Splendid, Kota Malang, Jawa Timur. Jembatan ini melintang diatas sungai Brantas yang menghubungkan Jalan Majapahit dengan Jalan Brawijaya. Jembatan ini memiliki bentang 30 m dengan ketinggian 12,40 m serta 2 buah pilar sebagai penopangnya. Jembatan Brawijaya sudah berumur lebih dari 75 tahun serta adanya kerusakan pada bagian jembatan yang diakibatkan oleh derasnya arus sungai. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh desain yang ekonomis, aman serta efisien sebagai alternatif pembangunan kembali dengan model busur beton. Pembebanan pada jembatan menggunakan SNI 1725-2016. Sedangkan analisis struktur jembatan menggunakan bantuan software Staad.Pro V22. Jembatan didesain aman terhadap beban yang bekerja pada konstruksi jembatan. Hasil dari perencanaan ulang struktur atas jembatan sebagai berikut : Gelagar memanjang 50 x 20 cm dengan tulangan tarik 4 D 19, tulangan tekan 5 D 19 serta sengkang Ø10 20 cm, Diafragma 40 x 20 cm dengan tulangan tekan 3 D 19, tulangan tarik 3 D 19 serta sengkang Ø 14-60 cm, Kolom tegak dan Balok pelengkung 60 x 60 cm dengan tulangan pokok 8 D 25 serta sengkang Ø16-20 cm dengan pengikat 3 buah, Balok Penghubung 40 x 20 cm dengan tulangan tekan 3 D 19, tulangan tarik 3 D 19 serta sengkang Ø14-60 cm. Dari hasil penelitian ini diestimasikan Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 2.359.741.969,57.

Kata kunci: Jembatan Busur, Beton Bertulang, Jembatan Pelengkung, Perencanaan

ABSTRACT

Brawijaya Bridge is a bridge located in Splendid Bird Market, Malang City, East Java. This bridge crosses over the Brantas river which connects Jalan Majapahit with Jalan Brawijaya. This bridge has a span of 30 m with a height of 12.40 m and 2 pillars as support. Brawijaya Bridge is more than 75 years old and there is damage to the bridge caused by the swift river currents. This research was conducted to obtain an economical, safe and efficient design as an alternative to rebuilding with a concrete arc model. The loading on the bridge uses SNI 1725 2016. While analyzing the bridge structure using the help of Staad.Pro V22 software. The bridge is designed to be safe against the loads acting on the bridge construction. The results of the re-planning of the bridge's upper structure are as follows: 50 x 20 cm longitudinal girder with 4 D19 tensile reinforcement, 5 D 19 compressive reinforcement and Ø10-20 cm stirrups, 40 x 20 cm diaphragm with 3 D 19 compressive reinforcement, 3 D 19 tensile reinforcement and Ø 14-60 cm stirrups, upright columns and 60 x 60 cm curved beams with 8 D 25 principal reinforcement and Ø16-20 cm stirrups with 3 binders, 40 x 20 cm connecting beams with 3 D 19 compressive reinforcement, 3 D 19 tensile reinforcement and Ø 14-60 cm stirrups. From the results of this study, it is estimated that the required Budget Plan costs Rp. 2.359.741.969,57.

Keywords: Arc Bridge, Reinforced Concrete, Arch Bridge, Re-Planning

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan menjadi Menurut (IBM PKP, Tim Pelaksana Pengawasan dan Pengendalian Pusat Kegiatan IBM Direktorat, 2022) jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi menghubungkan kedua ruas jalan yang terputus oleh adanya suatu rintangan yang permukaannya lebih rendah. Rintangan ini dapat berupa lembah yang dalam, alur Sungai, danau,

saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Jembatan merupakan investasi tertinggi dari semua elemen dari semua elemen yang dapat dijumpai pada sistem jalan raya. Jembatan ini memiliki bentang 30 meter dengan 2 pier pondasi di ujung struktur jembatan. Jembatan ini merupakan jembatan konstruksi beton. Konstruksi beton yang dipergunakan

struktur bangunan, bawah (fondasi, kolom) dan struktur bangunan atas (balok dan lantai jembatan).

Jembatan Brawijaya di Kota Malang ini merupakan ODCB (Objek yang Diduga Cagar Budaya) jenis Struktur dengan umur pembangunan yang lebih dari 75 tahun. Akibat dari umur jembatan yang sudah lama, meningkatnya lalu lintas dan tekanan struktural yang bertambah dari tahun ke tahun, membuat kondisi jembatan mengalami kerusakan pada bagian fondasi jembatan. Pada tahun 2022 salah satu pilar fondasi sudah tergerus longsor sehingga berada dalam posisi yang menggantung, hal ini berpotensi memperparah kondisi jembatan pada saat musim hujan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk referensi desain jembatan yang lebih aman, kuat, dan menambah estetika daerah setempat.

2. METODE

Metode perhitungan untuk pembebanan jembatan berpedoman pada SNI 1725-2016, sedangkan metode kekuatan penampang menggunakan metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*).



Gambar 1 Potongan Melintang

a. Data Ekisting Jembatan

Panjang Jembatan	: 30 m
Lebar jembatan	: 4,5 m
Tinggi jembatan	: 12,40 m
Tipe jembatan	: Beton
Tipe Pondasi	: Pondasi Langsung
Tiang Sandaran	: Pagar Besi
Kelas Jembatan	: Kelas C / III
Mutu Beton	: K - 350
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 30 Mpa
Tegangan Ultimate (f_u)	: 540 Mpa
Tegangan Leleh (f_y)	: 420 Mpa
Lapisan Aspal (W_a)	: 2200 kg/m
Beton Bertulang (W_c)	: 2400 kg/m
Beton Tidak Bertulang ($W'c$)	: 2500 m

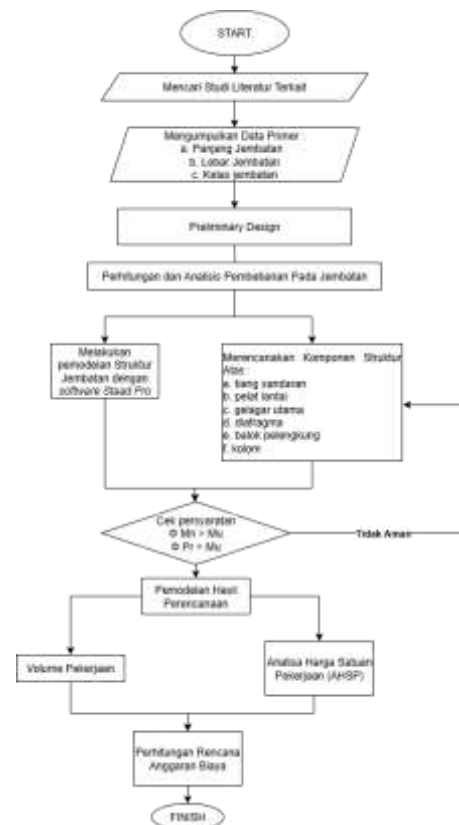
b. Tahapan Perencanaan

Tahapan – tahapan perencanaan ulang pada Jembatan Brawijaya adalah sebagai berikut :

1. Mencari Studi literatur serta sumber – sumber yang menjadi dasar – dasar perencanaan jembatan.

2. Mengumpulkan data Jembatan Brawijaya berupa data jembatan eksisting serta bentang jembatan yang akan direncanakan.
3. Menggambar desain awal jembatan berupa tipe struktur dan dimensi jembatan
4. Menentukan spesifikasi rencana jembatan
5. Menghitung pembebanan yang bekerja menurut pada SNI 1725-2016
6. Melakukan pemodelan dan melakukan analisis struktur jembatan menggunakan aplikasi *software* Staad.PRO
7. Merencanakan penulangan bagian struktur atas jembatan

Melakukan perhitungan rencana anggaran biaya



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Jembatan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan struktur atas jembatan meliputi tiang sandaran, gelagar memanjang, diafragma, pelat lantai, kolom tegak, balok pelengkung.

Preliminary Design

Preliminary design dilakukan untuk penentuan dimensi awal dari komponen struktur untuk mengetahui apakah dimensi awal yang direncanakan mampu atau tidak mampu dalam menopang beban yang bekerja pada bangunan.

a. Preliminary Design Girder

$$\text{Tinggi} = \frac{1}{12} \times L$$

$$= \frac{1}{12} \times 4.98 \text{ m}$$

$$= 0.413 \text{ m} = 41.3 \text{ cm}$$

Maka dibulatkan menjadi, 45 cm

$$\text{Lebar} = \frac{1}{2} \times \text{Tinggi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 45 \text{ cm}$$

$$= 22.5 \text{ cm}$$

Maka dibulatkan menjadi, 25 cm

Menentukan jarak girder dari As ke As (SG)

1. Menentukan panjang dari kantilever (DE), dengan ukuran sebagai berikut : $300 < DE < 1700 \text{ mm}$

Direncanakan DE = 500 mm

2. Menentukan SG dengan perhitungan

$$1100 < SG < 4900 \text{ [dalam mm]}$$

$$SG = 0,5 + 0,5 + X + X + X = 4,5 \text{ m}$$

$$= 1 + 3X = 4,5 \text{ m}$$

$$= 3X = 4,5 - 1$$

$$= 1,16 \text{ m}$$

Maka diperoleh jarak As ke As girder sejauh 1,16 m

b. Preliminary Design Diafragma

Lebar jembatan = 4,5 m

Lebar trotoar = $0,5 \text{ m} \times 2 = 1 \text{ m}$

$L = 4,5 - 1 = 3,5 \text{ m}$ [lebar efektif jembatan]

Maka perencanaan diafragma

$$\text{tinggi} = \frac{1}{12} \times 3,5 = 0,2916 \text{ m} = 29,16 \text{ cm}$$

Dari hasil diatas maka tinggi diafragma dibulatkan menjadi 30 cm

$$\text{lebar} = \frac{1}{2} \times 30 = 15 \text{ cm}$$

Dari hasil diatas maka lebar diafragma di rencanakan 15 cm

c. Preliminary Design Pelat lantai

Tebal Minimum Pelat Lantai

Pelat lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s , maka harus memenuhi ketentuan berikut :

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 40 \times l) \text{ mm}$$

Keterangan :

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)

$$t_s = [100 + 40 \times sg]$$

$$t_s = [100 + 40 \times 1,16] = 146,4 \text{ m}$$

$$t_{s1} = 0,2 \text{ m} ; t_{s2} = 1,464 \text{ m}$$

Maka dari hasil yang diperoleh digunakan yang paling besar yaitu = 0,2 m = 200 mm

d. Preliminary Design Sandaran

Ukuran dimensi tiang sandaran direncanakan 25 x 25 cm. Tinggi dari tiang sandaran dari atas pelat setinggi 1,25 cm. Menggunakan pipa baja dengan diameter 3" inchi sebanyak 2 buah.

e. Kolom Dan Balok Pelengkung

Menggunakan pendekatan berdasarkan referensi studi literatur yang diperoleh sebagai acuan dimensi perencanaan. Dengan menggunakan dimensi awal 50 x 50 cm

Hasil Pembebanan Dari Staad.Pro

Tabel 1. Hasil pembebanan dari Staad. Pro

Jenis beban	Nilai	Satuan
Beban Mati Tambahan (MA)	624.78	Kg/m
Beban Lalu Lintas "D" (TD)	2016	Kg/m
Beban Rem (TB)	3455.15	Kg/m
Beban Pejalan Kaki (TP)	250	Kg/m
Beban Angin Pada Struktur (Ews)	160.7	Kg/m

Perencanaan Struktur Atas Jembatan

Mu[lapangan] = 81,83 kN-m = 81830000 Nmm



Gambar 2 Hasil Permodelan Jembatan

a. Tiang sandaran

Berat sendiri sandaran

$$[b \times h] \times \text{tinggi} \times \text{bj beton} = [0,25 \times 0,25] 1,25 \times 2500 = 195,3125 \text{ kg}$$

Berat sendiri pipa

$$n \times \text{jarak} \times \text{berat pipa} = 2 \times 2 \times 8,36 = 33,44 \text{ kg}$$

Total beban terpusat

$$= 195,3125 + 33,44 = 228,7525 \text{ kg}$$

Tiang-tiang sandaran diperhitungkan dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m

$$Mu = P_{hrz} \times \text{jarak} \times \text{tinggi} \times \text{faktor beban}$$

$$Mu = 100 \times 2 \times 1,00 \times 1,00 = 200 \text{ kg m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{200}{0,8} = 250 \text{ kg.m} = 2,50 \text{ kN/m}$$

Penulangan Tiang Sandaran

Berdasarkan dari hasil perhitungan rasio tulangan digunakan tulangan 2 D 12.

$$As = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 28^2 = 1232 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang dibutuhkan

$$S = \frac{\frac{\pi}{4} * D^2 * b}{A_s} = \frac{\frac{\pi}{4} * 28^2 * 250}{1232} = 125 \text{ mm}$$

Perencanaan tulangan geser (senggang)

$$Vu = P_{hrz} * \text{jumlah tiang} = 1 * 2 = 2 \text{ kN} = 2000 \text{ N}$$

Gaya geser yang dipikul oleh beton [Vc]

$$Vc = \frac{1}{6} * \sqrt{f'c} * b * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 250 * 210 = 47926 \text{ N}$$

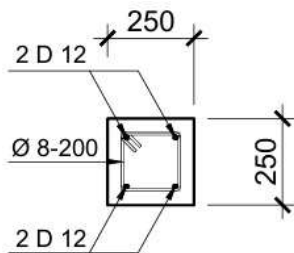
$$\phi * Vc = 0,6 * 47926 = 28755,6 \text{ N}$$

$$0,5 * \phi * Vc = 0,5 * 28755,6 = 14377,8 \text{ N}$$

Diperoleh bahwa

$$Vu < \phi * Vc = 28,8 \text{ kN}$$

Maka tidak membutuhkan tulangan geser, cukup menggunakan tulangan senggang praktis [tulangan diameter 6 atau 8 dengan jarak 200 mm]



Gambar 3 Penulangan Tiang Sandaran

b. Pelat lantai

$$\rho_{\text{minimum}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,003$$

$$\rho_{\text{maksimum}} = 0,75 * \left[0,85 * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} * \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \right]$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maksimum}} &= 0,75 \\ &* \left[0,85 * 0,85 * \frac{30}{420} * \left[\frac{600}{600 + 420} \right] \right] \\ &= 0,022 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan [Mu⁻]

Berdasarkan hasil perhitungan Digunakan tulangan D 12 – 200 = 565 mm²/m

Tulangan bagi [As⁺]

Berdasarkan dari hasil perhitungan Digunakan tulangan D 10 – 250 = 314 mm²/m.

Perhitungan $\phi * Mn$

$$\phi * Mn = 124 \text{ kNm} > Mu = 6,693 \text{ kNm}$$

Maka struktur aman terhadap momen lentur = OK

Penulangan Lapangan [Mu⁺]

Berdasarkan dari hasil perhitungan digunakan tulangan

$$D 12 - 200 = 565 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Tulangan bagi [As⁺]

Digunakan tulangan D 10 – 250 = 314 mm²/m

Perhitungan $\phi * Mn$

$$\phi * Mn = 124 \text{ kNm} > Mu = 2,14 \text{ kNm}$$

Maka struktur aman terhadap momen lentur = OK

c. Girder

Penulangan Girder

a. Tulangan lentur

$$Mu[\text{tumpuan}] = 94,990 \text{ kN-m} = 9585,332 \text{ kg.m}$$

1. Tulangan tekan [As] dipasangkan

tulangan 5 D 19

2. Luas tulangan tekan [As'] dipasangkan

tulangan 3 D 19

Tulangan geser (senggang)

Maka, diperlukannya tulangan geser / senggang

Besar gaya yang dapat diterima oleh baja tulangan :

$$Vs = Vn - Vc$$

$$Vs = 18002,583 - 10498,0$$

$$Vs = 7504,583 \text{ kg}$$

$$Vn \leq Vc + Vs = 18002,583 \leq 10498,0 + 7504,583 = 18002,583$$

→ Dicoba atau direncanakan tulangan senggang PØ10

Luas tulangan [Av]

$$Av = \frac{1}{4} * \pi * D^2$$

$$Av = \frac{1}{4} * 3,14 * 10^2$$

$$Av = 78,5 * 2 \text{ [sisi kiri}$$

dan kanan]

$$Av = 157 \text{ mm}^2$$

$$Av = 1,57 \text{ cm}^2$$

→ Jarak tulangan geser / senggang

$$\text{Jarak } S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{46}{2} = 23 \text{ cm atau } 60 \text{ cm}$$

[dibulatkan ke bawah nilai terkecil]

Diperoleh [PØ10 - 20 cm]

$$Mu[\text{lapanan}] = 34,87 \text{ kN-m} = 3555,7504 \text{ kg.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3555,7504}{0,8} = 4444,688 \text{ kg.m}$$

$$= 444468,5 \text{ kg.cm}$$

1. Luas tulangan tekan [As] dipasangkan tulangan 4 D 19

2. Luas tulangan tekan [As'] maka dipasangkan tulangan 3 D 19

Tulangan Geser (Senggang)

$$Vu = 105,927 \text{ kN}$$

$$= 10801,55 \text{ kg}$$

→ Dicoba atau direncanakan tulangan senggang PØ10

Luas tulangan [Av]

$$Av = \frac{1}{4} * \pi * D^2$$

$$Av = \frac{1}{4} * 3,14 * 10^2$$

$$Av = 78,5 * 2 \text{ [sisi kiri}$$

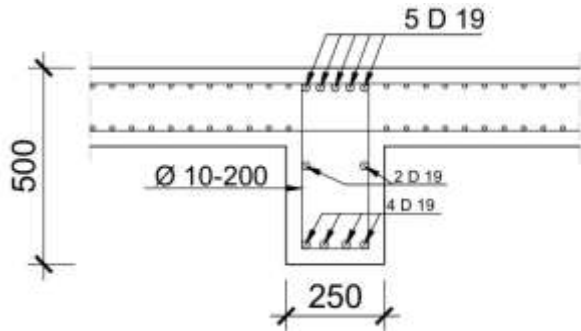
dan kanan]

$$Av = 157 \text{ mm}^2$$

$$Av = 1,57 \text{ cm}^2$$

→ Jarak tulangan geser / senggang

Jarak $S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{46}{2} = 23 \text{ cm atau } 60 \text{ cm}$ [dibulatkan ke bawah nilai terkecil] Diperoleh [PØ10 - 20 cm]



Gambar 4 Hasil Penulangan Girder

d. Diafragma

Penulangan Diafragma

$M_u[\text{tumpuan}] = 111,678 \text{ kN-m} = 11387,98672329459 \text{ kg-m}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{11387,988}{0.8} = 14234,985 \text{ kg.m}$$

$$= 1423498,5 \text{ kg.cm}$$

1. Luas tulangan tarik [As] maka dipasangkan tulangan 3 D 19
2. Luas tulangan tarik [As'] maka dipasangkan tulangan 2 D 19

→ Dicoba atau direncanakan tulangan sengkang PØ10

Luas tulangan [Av]

$$A_v = \frac{1}{4} * \pi * D^2$$

$$A_v = \frac{1}{4} * 3,14 * 10^2$$

$$A_v = 78,5 * 2 \text{ [sisi kiri dan kanan]}$$

$$A_v = 157 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 1,57 \text{ cm}^2$$

→ Jarak tulangan geser / sengkang

$$\text{Jarak } S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{46}{2} = 23 \text{ cm atau } 60 \text{ cm}$$

[dibulatkan ke bawah nilai terkecil]

Diperoleh [PØ10 - 20 cm]

Tulangan geser (sengkang)

$$V_u = 194,736 \text{ kN}$$

$$= 19857,546 \text{ kg}$$

→ Dicoba atau direncanakan tulangan sengkang PØ12

Luas tulangan [Av]

$$A_v = \frac{1}{4} * \pi * D^2$$

$$A_v = \frac{1}{4} * 3,14 * 12^2$$

$$A_v = 113,04 * 2 \text{ [sisi kiridan kanan]}$$

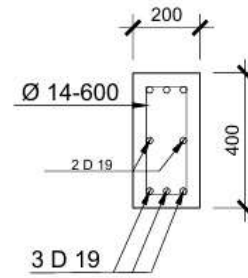
$$A_v = 226,08 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 22,608 \text{ cm}^2$$

→ Jarak tulangan geser / sengkang

$$\text{Jarak } S_{max} = \frac{d}{4} = \frac{36}{4} = 9 \text{ cm atau } 30 \text{ cm}$$

Diperoleh [PØ12 - 20 cm]



Gambar 5 Hasil Penulangan Diafragma

e. Kolom dan Balok pelengkung (rib)

$$P_u = -2493,396 \text{ kN} = 2493,396 \text{ kN} = 2493396 \text{ N}$$

$$M_u = 247,113 \text{ kN-m} = 247113000 \text{ Nmm}$$

→ Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa eksentrisitas yang diberikan [$e = 99,107 \text{ mm}$] lebih kecil dari eksentrisitas balanced [$e_b = 310,07 \text{ mm}$], sehingga kolom mengalami Keruntuhan Tekan

→ kemudian dilakukan analisis tampang tersebut terhadap beban yang bekerja. Maka digunakan faktor reduksi kekuatan [$\phi = 0,7$]. Maka diperoleh beban rencana yang bekerja [$P_u = 2493,396 \text{ kN}$] lebih kecil dari kapasitas penampang [$P_r = 5576,053 \text{ kN}$]. Sehingga dimensi kolom dan penulangan kolom dapat dipastikan aman berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

→ Perhitungan Tulangan Geser

→ perhitungan kapasitas geser pada daerah sendi plastis

1. Kuat Geser Beton

$$d_{ex} = b - d' = 600 - 40 = 560 \text{ mm}$$

$$d_{ey} = h - d' = 600 - 40 = 560 \text{ mm}$$

→ Arah Longitudinal atau Arah X

$$0,1 * A_g * f_{c'} = 0,1 * 360000 * 30$$

$$1080000 \text{ N} = 1080 \text{ kN}$$

$$\text{Maka } P_u = 2493396 \text{ N} > 0,1 * A_g * f_{c'} = 1080000 \text{ N}$$

$$\text{Maka } V_c \text{ longitudinal} = 0,0083 * \beta * \sqrt{f_{c'}} * h * d_x$$

$$V_c \text{ longitudinal} = 0,0083 * 2 * \sqrt{30} * 600 * 560$$

$$V_c \text{ longitudinal} = 305497,734 \text{ N} = 305,5 \text{ kN}$$

$$0,5 * \phi_v * V_{c \text{ longitudinal}} = 0,5 * 0,75 * 305,5$$

$$= 114,57 \text{ kN}$$

β = faktor indikasi kemampuan retak diagonal beton

Shear Y [nilai di dapat dari software Staad. Pro]

$$= -182,622 \text{ kN} = 182,622 \text{ kN}$$

$$V_{\text{longitudinal}} = 182,622 \text{ kN} > 0,5 * \phi_v * V_{c \text{ longitudinal}}$$

[maka dibutuhkan tulangan geser]

→ kuat geser tulangan [Vs]

$$V_{Vs} = 212,996 \text{ kN} = 212996 \text{ N}$$

→ luas tulangan geser [Av]

$$A_v = \frac{V_s * S}{f_y * d} = \frac{212996 * 100}{420 * 560} = 90,56 \text{ mm}^2$$

→ luas tulangan minimum [Av_{minimum}]

$$A_{v_{min}} = 0,083 * \sqrt{f_{c'}} * \frac{h * S}{f_y} = 0,083 * \sqrt{30} * \frac{600 * 100}{420} = 64,94 \text{ mm}^2$$

→ karena A_v lebih besar dari $A_{v_{minimum}}$, maka yang digunakan $A_v = 90,56 \text{ mm}^2$

→Arah Transversal atau Arah Y

$$P_u = 2493396 \text{ N} > 0,1 * A_g * f_{c'} = 1080000 \text{ N}$$

→ kuat geser tulangan [V_s]

$$V_s = 23,984 \text{ kN} = 23984 \text{ N}$$

→ luas tulangan geser [A_v]

$$A_v = \frac{V_s * S}{f_y * d} = \frac{23984 * 100}{420 * 560} = 10,2 \text{ mm}^2$$

→ luas tulangan minimum [$A_{v_{minimum}}$]

$$A_{v_{min}} = 0,083 * \sqrt{f_{c'}} * \frac{h * S}{f_y} = 0,083 * \sqrt{30} * \frac{600 * 100}{420} = 64,94 \text{ mm}^2$$

→ karena A_v lebih kecil dari $A_{v_{minimum}}$, maka yang digunakan $A_{v_{minimum}} = 64,94 \text{ mm}^2$

2. Confinement

Dimensi inti kolom

$$h_{c_{longitudinal}} = h - 2 * d = 600 - 2 * 40 = 520 \text{ mm}$$

$$h_{c_{transversal}} = h - 2 * d = 600 - 2 * 40 = 520 \text{ mm}$$

Luas penampang bruto

$$A_g = b * h = 600 * 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

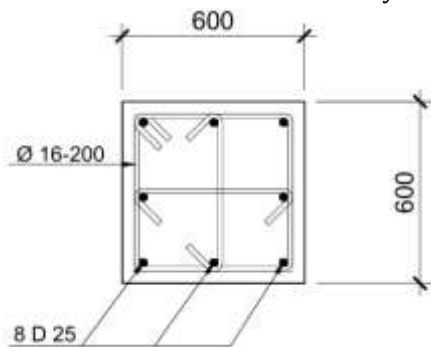
Luas inti kolom

$$A_c = h_{c_{longitudinal}} * h_{c_{transversal}} = 520 * 520 = 270400 \text{ mm}^2$$

Luas penampang total tulangan pengikat diambil dari nilai terbesar dua persamaan sebagai berikut :

→Arah longitudinal atau arah X

$$A_{sh_{longitudinal}} = 0,3 * S * h_{c_{longitudinal}} * \frac{f_{c'}}{f_y} * \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right]$$



Gambar 6 Hasil Penulangan Kolom

$$A_{sh_{1longitudinal}} = 0,3 * 100 * 520 * \frac{30}{420} * \left[\frac{360000}{270400} - 1 \right] = 369,231 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh_{2longitudinal}} = 0,12 * 100 * 520 * \frac{30}{420} = 445,714 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh_{longitudinal}} = \max(A_{sh1} . A_{sh2}) = 445,714 \text{ mm}^2$$

→Arah transversal atau arah Y

$$A_{sh_{transversal}} = 0,3 * S * h_{c_{longitudinal}} * \frac{f_{c'}}{f_y} * \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right]$$

$$A_{sh_{1transversal}} = 0,3 * 100 * 520 * \frac{30}{420} * \left[\frac{360000}{270400} - 1 \right] = 369,231 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh_{2transversal}} = 0,12 * 100 * 520 * \frac{30}{420} = 445,714 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh_{transversal}} = \max(A_{sh1} . A_{sh2}) = 445,714 \text{ mm}^2$$

$$→ A_{v_{longitudinal}} = \max(A_v . A_{sh_{long}}) = 445,714 \text{ mm}^2$$

$$→ A_{v_{transversal}} = \max(A_v . A_{sh_{trans}}) = 445,714 \text{ mm}^2$$

Dicoba rencanakan menggunakan tulangan D 16

Menentukan jumlah kaki untuk kolom

$$A_{v_{min}} = \frac{1}{4} * \pi * D^2 * n$$

$$649,442 = \frac{1}{4} * 3,14 * 16^2 * n$$

$$649,442 = 200,96 * n$$

$$n = 3,232, \text{dibulatkan menjadi 3 kaki}$$

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dalam perencanaan ulang struktur atas Jembatan Brawijaya Splendid Kota Malang dengan model busur adalah sebesar Rp. 2.359.741.969,57.

Jumlah biaya tersebut didapatkan dari hasil perhitungan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan berdasarkan HSD Kota Malang 2024.

4. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini :

1. Berdasarkan perhitungan menggunakan standar SNI 1725-2016, pembebanan pada struktur meliputi, Beban Mati Sendiri (MS) yang dihitung melalui software Staad.Pro, Beban Mati Tambahan (MA) dengan nilai = 624,78 kg/m, Beban Lalu Lintas "D" (TD) dengan nilai = 2016 kg/m, Beban Rem (TB) dengan nilai = 3455,15 kg/m, Beban Pejalan Kaki (TP) dengan nilai = 250 kg/m, Beban Angin pada struktur dengan nilai = 160 kg/m. semua pembebanan ini telah di analisis secara menyeluruh dengan bantuan software Staad.Pro untuk

memastikan stabilitas beserta keamanan struktur yang telah direncanakan

2. Hasil dimensi yang digunakan untuk jembatan Brawijaya model busur adalah, Gelagar memanjang dengan dimensi 50 x 25 cm, Diafragma dengan dimensi 40 x 20 cm, Kolom tegak dan Balok pelengkung dengan dimensi 60 x 60 cm, Balok penghubung dengan dimensi 40 x 20 cm, Tiang sandaran dengan dimensi 25 x 25 cm, Pelat dengan dimensi ketebalan 20 cm.
 3. Hasil perencanaan tulangan yang didapatkan untuk tiap-tiap komponen struktur adalah, Gelagar memanjang dengan tulangan tekan 4 D 19 dan tulangan tarik 5 D 19 serta sengkang Ø10-20 cm, Diafragma dengan tulangan tekan 3 D 19 dan tulangan tekan 3 D 19 serta sengkang Ø14-60 cm, Kolom tegak dengan tulangan pokok 8 D 25 serta sengkang Ø16-20 cm dengan pengikat 3 buah, Balok pelengkung dengan tulangan pokok 8 D 25 serta sengkang Ø16-20 cm dengan pengikat 3 buah, Balok penghubung dengan tulangan tekan 3 D 19 dan tulangan tarik 3 D 19 serta sengkang Ø14-20 cm.
- Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari proyek pembangunan struktur atas jembatan Brawijaya dengan model busur didapatkan sebesar Rp. 2.359.741.969,57.

DAFTAR PUSTAKA

1. IBM PKP, Tim Pelaksana Pengawasan dan Pengendalian Pusat Kegiatan IBM Direktorat, 2022. *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan*. 05 ed. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
2. Badan Standardisasi Nasional, 2004. *RSNI T-12-2004 Perencanaan struktur beton untuk jembatan*. Indonesia: s.n
3. Badan Standarisasi Nasional, 2016. *Pembebanan Untuk Jembatan*. SNI 1725:2016 ed. Indonesia: s.n
4. Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021. *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan NO. 02/M/BM/2021*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat