



STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN JEMBATAN KOMPOSIT PADA STRUKTUR ATAS JEMBATAN MOJOSONGO KAB. BOYOLALI

Wulandari, Januar Sasongko
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yudharta Pasuruan
wulan7145@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan diklasifikasikan menjadi beberapa jenis menurut metode pengerjaan konstruksinya diantaranya adalah jembatan rangka baja, jembatan prategang girder, jembatan beton, dan jembatan komposit. Jembatan Mojosoongo yang terletak di Desa Glonggongyang, Kelurahan Mojosoongo Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah. Dibangun dengan menggunakan metode pengerjaan girder bentuk PC-I dengan panjang total 40 m dan lebar total jembatan 7 m, pengerjaannya menggunakan gelagar prategang dengan profil PC-I girder yang langsing, sehingga rentan terjadi kegagalan atau keretakan pada beton. Maka dari itu dilakukan perencanaan ulang jembatan menggunakan metode komposit, yaitu penggabungan antara gelagar baja dengan plat beton sebagai plat lantai kendaraan. Perencanaan menggunakan bantuan software MS.Excel dengan acuan pembebanan pada SNI 1725:2016. Hasil perencanaan meliputi beban yang bekerja pada struktur atas jembatan mojosoongo adalah sebesar 17,48 KN/m. dimensi plat lantai 40m x 1,5m x 0,25m menggunakan tulangan rangkap diameter 10 dengan jarak sengkang 100mm. pada perencanaan ini menggunakan profil gelagar HWF 927 x 422 x 22 x 40. Sebelum merencanakan studi literatur baiknya mempelajari jenis-jenis jembatan dan analisa perhitungannya terlebih dahulu untuk memudahkan perencanaan ulang..

Kata kunci : Jembatan, Komposit, Kabupaten Boyolali

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jembatan merupakan sebuah struktur bangunan atau konstruksi yang dibangun untuk menjadi penghubung antara wilayah yang terpisah oleh sungai, lembah, danau, laut, atau elemen lainnya. Fungsinya adalah untuk memungkinkan lalu lintas kendaraan, pejalan kaki, dan barang melewati rintangan alami tersebut. Jembatan biasanya terdiri dari kolom atau tiang penyangga (pilar), balok atau gantungan (girder), dan lantai jalan yang menyediakan jalur untuk berjalan atau berlalu lintas. Bahan-bahan yang digunakan dalam konstruksi jembatan bervariasi, termasuk beton, baja, kayu, batu, atau kombinasi dari beberapa bahan tersebut, tergantung pada ukuran, desain, dan lokasi jembatan. Jembatan memiliki peran penting dalam mendukung transportasi dan mobilitas manusia serta distribusi barang dan jasa di berbagai daerah.

Jembatan adalah sebuah alternative yang digunakan untuk mempermudah masyarakat dalam mencapai tujuan mereka yang dimana konstruksi ini difungsikan menjadi penghubung jalan yang melalui berbagai rintangan seperti sungai, jalan lain, rel kereta api, dan lain lain (Struyk,H.J, Veen, 1984). Konstruksi pembangunan jembatan memerlukan kerjasama dan koordinasi antara berbagai pihak terkait untuk menciptakan sarana transportasi yang efisien dan memiliki daya guna, karena pada dasarnya jembatan dibangun sesuai dengan fungsi dan kebutuhan transportasi, mobilitas manusia, serta distribusi barang.



Salah satunya adalah pembangunan Jembatan Mojosongo, guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan transportasi di lingkungan setempat, oleh karenanya diadakan pembangunan sarana penghubung transportasi yaitu jembatan Mojosongo. Jembatan Mojosongo merupakan jembatan yang terletak di Desa Glonggongyang, Kelurahan Mojosongo Kecamatan Andong, Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah. Jembatan ini sedang dalam proses pembangunan dengan menggunakan metode pengerjaan girder bentuk PC-I dengan panjang total 40 m dan lebar total jembatan 7 m.

Jembatan Mojosongo ini pengerjaannya menggunakan gelagar prategang dengan profil PC-I girder yang tipis atau langsing, sehingga rawan terjadinya kegagalan atau keretakan pada beton ketika pembangunan. Berdasarkan uraian tersebut penulis merencanakan ulang struktur atas jembatan Mojosongo sebagai penelitian ini dengan judul “Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Komposit pada Struktur Atas Jembatan Mojosongo Kab. Boyolali”.

Jembatan komposit merupakan jembatan yang menggabungkan 2 material berbeda yaitu material beton dan baja struktural. Struktur beton bersifat kuat terhadap gaya tekan sehingga kuat dalam menahan momen dan baja struktural bersifat kuat terhadap gaya tarik, sehingga perpaduan jembatan tersebut dapat menciptakan struktur yang kuat dan aman. Konstruksi komposit juga menjadi populer pada masa sekarang karena banyak keuntungan yang dapat diperoleh (Inzana, 2021).

Tinjauan Pustaka

Pembebanan pada Struktur Komposit

Pembebanan pada jembatan komposit yang akan direncanakan ini mengacu pada SNI - 1725 - 2016.

Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban γ_{MS}			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,00	0,90
	Alumunium	1,00	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton di Cor Ditempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,75

Faktor beban mati tambahan/utilitas

Tipe Beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan batas layan (γ_{MA}^S)		Keadaan batas ultimit (γ_{MA}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan⁽¹⁾: faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

Faktor beban akibat beban lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Trasien	Beton	1,00	1,80
	Box Girder Baja	1,00	2,00



Faktor beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan (γ^s_{TT})	Keadaan Batas Layan (γ^u_{TT})
Transien	Beton	1,00	1,80
	Box girder Baja	1,00	2,00

Perencanaan Struktur Jembatan Komposit

Tegangan Elastis

Hubungan antara tegangan dan regangan baja dan beton dapat dinyatakan dengan rumus (Setiawan 2013) :

$$E_c = E_s \text{ atau } F_c/E_c = F_s/E_s$$

$$\text{atau } F_s = E_s/E_c \cdot F = n \cdot F_c$$

n = Rasio modular

E_s = Modulus elastisitas baja, sebesar 29000 ksi

E_c = Modulus elastisitas beton, ksi

F_c' = Kuat Tekan beton berumur 28 hari (Mpa)

Tegangan Efektif

Tegangan efektif untuk balok interior dapat dinyatakan dengan rumus:

$$b_\epsilon \leq a \text{ atau } b_\epsilon \leq b_0$$

Tegangan efektif untuk balok eksterior dapat dinyatakan dengan rumus:

$$b_\epsilon \leq \frac{L}{8} +$$

Dimana :

L = Panjang bentang

b_0 = Jarak antar balok baja

b_ϵ = Lebar efektif

Kuat Lentur Nominal

Kuat lentur nominal dari suatu komponen struktur komposit (untuk momen komposit), di tentukan sebagai berikut (Setiawan Agus, 2013) :

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y f}}$$

Mn kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis yang di perhitungkan pengaruh tumpuan sementara (perancah).

$$\frac{A_s F_y}{0,85 F_b'} \frac{h}{tw} > \frac{1680}{\sqrt{f_y f}}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan Beban Mati

$$\Delta_{DL} = \frac{5wl^4}{384EI}$$

Lendutan Beban Hidup

$$\Delta_{DL} = \frac{5wl^4}{384EI_{komposit}}$$

Lendutan Total

$$\Delta = \Delta_{DL} + \Delta_{LL}$$

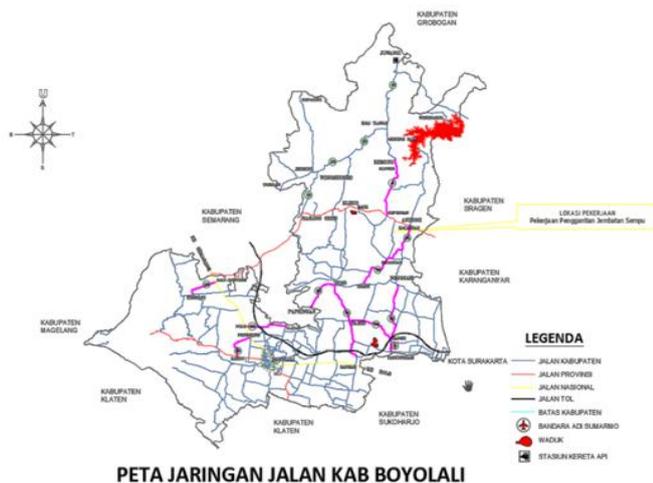
Lendutan maksimum yang diijinkan

$$\Delta_{maksimum} = \frac{L}{360}$$

Shear Connector

Shear connector berfungsi untuk memindahkan gaya geser dari beton ke baja atau untuk memikul gaya geser yang terjadi pada bidang geser.

Lokasi dan Waktu Penelitian



Jembatan yang di rencanakan berada di Desa glonggongan berlokasi di Kelurahan Mojosongo Kecamatan Andong Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah, yang memiliki potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan letak geografis yang strategis guna mendukung perkembangan pembangunan Kabupaten Boyolali sendiri maupun kabupaten sekitarnya. Dari hasil survei didapatkan data eksisting sebagai berikut:

- Kelas Jembatan : 1 (satu)
- Panjang Jembatan : 40 meter
- Lebar Total Jembatan : 7 meter
- Lebar Trotoar : 0,5 meter
- Tipe Jembatan: Jembatan Girder
- Tebal Plat Lantai : 0,25 meter

Beban yang Bekerja pada Jembatan

- Berat plat lantai = 7,80 KN/m
 - Berat lapisan aspal = 3,52 KN/m
 - Berat air hujan = 2,00 KN/m
 - Berat gelagar memanjang = 4,17 KN/m
(WF 922.422.22.40)
-
- qd = 17,48 KN/m
- DDL = 349,54 KN
 - MDL = 3495,4 KN.m

Hasil perhitungan pembebanan yang mengacu pada SNI 1725-2016, maka didapatkan hasil beban yang bekerja pada jembatan adalah sebesar 17,48 KN/m atau 1748 kg/m³



Perencanaan Gelagar Memanjang

$$Z_x = 15985,06 \text{ cm}^3$$

Dengan hasil dari Z_x diatas dan dilihat pada tabel baja kontruksi, gelagar memanjang dicoba menggunakan profil WF dengan ukuran 927 x 422x 22 x 40.

Analisis pembebanan gelagar memanjang

Sebelum komposit

Berat sendiri profil	= 458,37
Berat plat beton	= 11,7 kg/m
Qdl	= 470,07
MD1	= 94014

Sesudah komposit

Berat aspal	= 5,27 kg/m
Berat profil	= 458,37 kg/m
Berat plat beton	= 11,7 kg/m
Berat air hujan	= 3kg/m
qd2	= 478, 3 kg/m
MD2	= 95667

Factor distribusi beban "T" yaitu :

$$\begin{aligned} ML &= 1/4 \times (FT \times P) \times L \\ &= 1/4 \times (0,441 \times 26325) \times 40 \\ &= 116139,706 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MU1 &= MD1 + ML \\ &= 94014 + 116.140 \\ &= 210153,706 \text{ kg.m} \rightarrow 21.015.371 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M_{total}}{Z_x} = \frac{349540,00}{16901,4} \\ &= 20,68 \text{ kg/cm}^2 < 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa control kekuatan penampang pada gelagar didapatkan hasil σ_b . Mn lebih kecil dari Mu maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penampang gelagar memenuhi syarat.

Control kekuatan penampang akibat lekuk lokal

Bagian badan:

$$\lambda_w < \lambda_p = 41,24 < 265,63 \quad \text{OK}$$

Bagian sayap:

$$\lambda_w \leq \lambda_p = 5,29 \leq 26,88 \quad \text{OK}$$

Dari hasil analisa gelagar memanjang dengan profil baja WF 927 x 422 x 22,48 x 39,88 memenuhi syarat atau aman digunakan karena hasil λ_w lebih kecil dari λ_p .



Tegangan yang terjadi pada penampang komposit

Tahap I : plat beton belum mengeras, beban seluruhnya dipikul oleh profil baja.

$$\begin{aligned} M_m &= 1/8 \times 470,07 \times 40^2 \\ &= 94014 \text{ kg.m} = 94014 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$f_{sb} = f_{sa} = 55,62 \text{ Mpa}$$

Tahap II : Beton sudah mengeras, beban hidup dipikul oleh penampang komposit.

$$\begin{aligned} M_L &= 116139,71 \\ M_{maks} &= 116139,71 \text{ kg.m} = 1161 \text{ KN.m} \\ F_c &= 4,093 \text{ Mpa} \\ F_{sa} &= 26,503 \text{ Mpa} \\ F_{sb} &= 23,964 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Lendutan Gelagar Memanjang

lendutan ijin memanjang adalah :

$$\Delta = \frac{L}{240} = \frac{4000}{240} = 16,667 \text{ cm}$$

Lendutan sesudah komposit:

$$\Delta D = 13,508 \text{ cm}$$

$$\Delta L = 0,743 \text{ cm}$$

Jadi, lendutan total yang terjadi pada gelagar memanjang adalah:

$$\Delta = 14,251$$

$$\text{Syarat} = \Delta \leq \frac{L}{240}$$

$$14,251 \leq 16,667 \quad \Rightarrow \quad \text{OK}$$

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa lendutan total pada gelagar memanjang memenuhi syarat dan aman jika digunakan.

Perencanaan Shear Connector

Diameter maksimum = 2,5 x tebal flens profil baja

Maka, diameter maksimum dari perencanaan ini adalah:

$$\text{Diameter maksimum} = 2,5 \times 22,48 = 56,2 \text{ mm}$$

$$d_{3/4} = 0,75 \times (2,5 \times 10 - 2) = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$$

$$H = 3 \times (2,5 \times 10 - 2) = 0,075 \text{ m} = 75 \text{ mm}$$

Kuat geser satu buah stud connector

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} = \dots \text{ kg} \\ &= 0,5 \cdot 2,834 \cdot \sqrt{25 \times 23500} = 1086,052 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai 2 stud, maka } Q = 2 \times Q_n = 2 \times 1086,05 = 2172,105 \text{ Kg}$$

Jarak shear connector (S)

$$S = \frac{Q_n}{\tau} = \frac{2172,105}{25,156} = 86,345 \text{ cm}$$



Tulangan Plat lantai

Selimut beton plat = 30 mm

Diameter tulangan plat = 10 mm

$d_x = 215 \text{ mm}$ $d_y = 205 \text{ mm}$

Momen total M_u = 50,62 kN

$R_n = 1,369 \text{ Mpa}$

$W = 0,0566$

$P = 0,0035$

$\rho_{\min} = 1,4 / 410 = 0,003415$

$\rho_{\max} = 0,0196$

Syarat rasio penulangan

$\rho < \rho_{\max} = 0,0035 < 0,0196 \rightarrow \text{OK}$

$\rho > \rho_{\min} = 0,0035 > 0,003415 \rightarrow \text{OK}$

Maka rasio penulangan yang dipakai adalah 0,0035 dikarenakan nilai ρ berada diantara ρ_{\min} dan ρ_{\max} .

$A_s \text{ perlu} = 742,612 \text{ mm}^2$

$A_s = 148,5224 \text{ mm}^2$

Dilihat dari tabel tulangan, maka diameter tulangan yang dipakai pada penulangan plat lantai kendaraan arah memanjang adalah $\emptyset 10$ dengan jarak sengkang 100mm.

Penulangan plat lantai kendaraan arah melintang (Y)

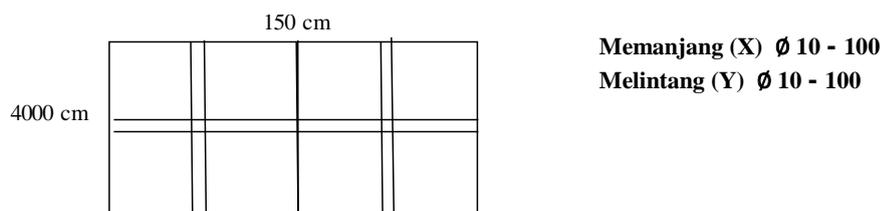
$A_s \text{ perlu} = 387 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan coba - coba = 10 mm

$A_s \text{ hitung} = 78,5 \text{ mm}$

Syarat $A_s \text{ hitung} < A_s \text{ min} = 78,5 < 387 \rightarrow \text{OK}$

Dari analisa diatas maka, dapat disimpulkan bahwa penulangan plat lantai kendaraan arah melintang (Y) sama dengan penulangan plat lantai kendaraan arah memanjang (X) yaitu tulangan diameter 10 dengan jarak sengkang 100mm.



Kontrol Gaya Geser bagian depan

Beban hidup $P = (1 + 0,40) \times 25 = 35 \text{ kN}$

Beban hidup terfaktor $P_{ult} = 35 \times 1,50 = 52,5 \text{ kN}$

Tebal efektif dilihat dari gambar roda = 0,172 m

Tinggi efektif diambil rata-rata disekeliling garis keliling geser = 0,086 m.

Panjang efektif garis keliling geser kritis

$U = 800 \text{ m}$

$B_h = p/l = 1,667$

$F_{cv} = 1,870 \text{ MPa}$

$F_{cv s} = 0,34 \times \sqrt{f_c} = 1,700 \text{ MPa}$

Syarat kuat geser beton

$F_{cv} > F_{cv s} = 1,870 > 1,700 \rightarrow \text{OK}$

Kontrol Gaya Geser bagian belakang

Beban hidup $P = (1 + 0,40) \times 112,5 = 157,5 \text{ kN}$

Beban hidup terfaktor $P_{ult} = 157,5 \times 1,50 = 236,25 \text{ kN}$

Tebal efektif dilihat dari gambar roda = 0,172 m



Tinggi efektif diambil rata-rata disekeliling garis keliling geser = 0,086 m.

Panjang efektif garis keliling geser kritis

$$U = 4000,7 \text{ m}$$

$$Bh = p/l = 3$$

$$F_{cv} = 1,842 \text{ MPa}$$

$$F_{cv\ s} = 0,34 \times \sqrt{f_c} = 1,700 \text{ MPa}$$

Syarat kuat geser beton

$$F_{cv} > F_{cv\ s} = 1,842 > 1,700 \rightarrow \text{OK}$$

Dari analisa perhitungan diatas maka, dapat disimpulkan bahwa control gaya geser pada bagian depan dan pada bagian belakang roda T telah memenuhi syarat untuk perencanaan plat lantai kendaraan.

Kesimpulan

Dari seluruh rangkaian analisa diatas didapatkan besar beban yang bekerja terhadap struktur atas jembatan adalah, 17,48 KN/m dengan acuan SNI 1725-2016. Dimensi plat lantai yang diperoleh adalah tebal 0,25m dengan menggunakan tulangan $\varnothing 10$ -100 mm pada arah memanjang (X), dan menggunakan tulangan dan sengkang yan sama pada arah melintang yaitu $\varnothing 10$ -100 mm. Perencanaan Gelagar memanjang adalah menggunakan profil HWF 927.422.22.40 dengan jarak antar gelagar memanjang 1,5 m dan menggunakan sheer connector sebanyak 8 buah dengan jarak 86 cm.

Saran

1. Dalam perencanaan jembatan dapat direncanakan dengan alternatif lain seperti metode prategang ataupun menggunakan tipe rangka yang berbeda sesuai yang direncanakan.
2. Sebelum merencanakan strudi literatur baiknya mempelajari jenis-jenis jembatan dan analisa perhitungannya.
3. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan bantuan software 3D, menambahkan analisa biaya dan bahan.



Daftar Pustaka

- Amri, S., & Alamsyah, A. (2020). Desain Jembatan Komposit Pada Sungai Jalan Antara Rupert Utara. *Jurnal TeKLA*, 2(2), 104–113.
- Andekenro, A. (2019). *Perencanaan Struktur Jembatan Komposit Cihaurbeuti*. Universitas Siliwangi.
- Indrawan. (2023). Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Glagar Komposit STA 4 + 195 Pada Proyek Jalan Jalur Lintas Selatan (JLS) LOT 9 (Simpang Balekambang – Kedung Salam) Kabupaten Malang). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(1), 324–333.
- Inzana, K. H. I. (2021). *Studi Perencanaan Bentang Tengah Jembatan Komposit Sta 04+ 400 pada Proyek Jalan Tol Serpong-Balaraja (Banten)*. <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/3369>
- Puluhulawa, I., Aspaliza, N., & Armada, A. (2018). Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupert. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 2(2), 1–9.
- Rasidi, N., & Riskijah, S. S. (2023). Perencanaan Ulang Jembatan Menggunakan Struktur Komposit (Studi Kasus Jembatan Dusun Kotasari Kecamatan Pamanukan *Jurnal Online Skripsi Manajemen* ..., 4, 61–66. <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/1186%0Ahttps://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/download/1186/902>
- Salmon, dkk. (1995). *Struktur Baja: Desain dan Perilaku*. Erlangga.
- Saraswati, M. D., Warsito, W., & Suprpto, B. (2021). Studi Perencanaan Dengan Metode Komposit Pada Jembatan Desa Parakan Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 9(2), 131–140.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Erlangga.
- Struyk, H. J., Veen, K. H. C. W. Van Der. (1984). *Jembatan-Konstruksi*. Sumargono.