

Studi Korelasi Kuat Lentur Balok Komposit Pada Struktur Jembatan Antara Analisa Elastis dan Analisa *Ultimate* Pada Bentang 20 Meter

Study Correlation Strenght Of Composite Beam In Bridge Structure Between Elastic Analysis and Ultimate Analysis On a Span 20 Meters

Rodan Iman Rosul¹, Totok Dwi Kuryanto^{2*}, Ilanka Cahya Dewi³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : odankendo@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author
Email : totok_dk@yahoo.com

³ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : ilankadewi@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Dalam perencanaan desain struktur jembatan komposit terdapat berbagai analisa seperti analisa *ultimate* dan analisa elastis. Analisa *ultimate* sendiri merupakan kemampuan struktur secara penuh hingga beban batas akhir (*ultimate load*) sehingga timbul bentuk plastis dengan kekuatan struktur sampai pada tegangan runtuhnya. Sedangkan analisa elastis dilakukan dengan menggunakan asumsi bahwa tegangan yang terjadi pada struktur masih terletak pada batas elastis dan defleksi yang kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara analisa *ultimate* dan analisa elastis pada struktur jembatan dengan bentang 20 m. hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan kuat lentur yang didapatkan dari analisa elastis dan analisa *ultimate* dapat dipastikan aman. Namun, secara efisiensi bila menggunakan analisa elastis lebih boros dibandingkan dengan analisa *ultimate*, karena bila menggunakan metode elastis didapatkan nilai lendutan 5,33 cm pada gelagar tengah dan 2,74 cm pada gelagar tepi, sedangkan jika menggunakan metode *ultimate* didapatkan nilai lendutan 4,65 cm pada gelagar tengah dan 1,78 cm pada gelagar tepi.

Keywords: Analisa *Ultimate*, Analisa Elastis, Desain Jembatan Komposit, Jembatan Komposit

Abstract

In Planning the design of composite bridge structure there are various analysis such as a ultimate analysis and elastic analysis. The ultimate analysis it self the full capacity of structure up to the ultimate load so that a plastic shape arises with structural strength up to the collapse stress. While the elastic analysis is carried out using the assumption that the stress that occurs in the structure is still within the elastic limit and the deflection is small. This study aims to determine the correlation between ultimate analysis and elastic analysis on a span 20 m. The result showed that the flexural strength relationship obtained from the elastic analysis and ultimate analysis can be ascertained to be a safe. However, in terms of efficiency, using elastic analysis is more wasteful compared to the ultimate analysis, because when using the elastic method, the deflection value is 5,33 cm on the middle girder and 2,74 cm on the edge girder. While if using ultimate method, the deflection value is 4,65 cm on the middle girder and 1,78 cm on the edge girder.

Keywords: Composite Bridge, Design Composite Bridge, Elastic Analysis, Ultimate Analysis

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Seiring bejalannya perkembangan peraturan analisa beton dan analisa baja seringkali menggunakan analisa ultimate. Akan tetapi untuk tujuan desain konstruksi jembatan penggunaan desain balok komposit secara elastis masih secara luas digunakan karena jembatan memiliki unsur fatik. Sehingga penggunaan analisa elastis sering digunakan supaya regangan baja yang dipakai masih dalam batas lendutan yang wajar.

b. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Bagaimana hubungan kuat lentur antara hasil analisa *ultimate* dan analisa elastis dengan metode proped dan unproped.
2. Berapa faktor koreksi yang dibutuhkan bila mendesain menggunakan analisa *ultimate*.
3. Bagaimana upaya agar metode *ultimate* tetap bisa diterapkan dalam metode pelaksanaan dilapangan.

c. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembahasan ini ialah :

- a. Meninjau kuat lentur menggunakan analisa *ultimate* dan menggunakan analisa elastis.
- b. Hanya meninjau struktur bagian atas jembatan
- c. Tidak membahas rencana anggaran biaya (RAB)

d. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai antara lain:

- a. Untuk mengetahui kuat lentur antara hasil analisa *ultimate* dan analisa elastis
- b. Untuk mengetahui faktor koreksi yang dibutuhkan bila mendesain menggunakan analisa *ultimate*.
- c. Mendapatkan suatu kesimpulan bahwa dalam menggunakan apapun metode pelaksanaan dilapangan, analisa *ultimate* tetap bisa diterapkan.

e. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pembahasan ini ialah:

- a. Teoritis
Diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi secara lebih tentang kuat

lentur balok komposit menggunakan analisa *ultimate* dan analisa elastis.

b. Praktis

Dari hasil perhitungan yang dilakukan terhadap kuat lentur balok komposit diharapkan dapat diketahui korelasi antara beban *ultimate* dan beban elastis

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jembatan Komposit

Jembatan komposit merupakan jembatan yang memiliki plat lantai beton yang dihungkan dengan girder atau gelagar baja yang bekerja sama mendukung beban sebagai satu kesatuan balok. Gelagar baja terutama menahan tarik sedangkan plat beton menahan momen lendutan.

B. Konsep Dasar Sistem Komposit

Struktur komposit (composite) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik.

C. Standar Acuan Perencanaan Jembatan

Perencanaan struktur jembatan di Indonesia secara umum menggunakan acuan seperti dibawah ini:

1. Struktur Bina Marga *Bridge Management System* (BMS) 1992, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
2. Spesifikasi Jembatan Jalan Raya AASHTO.
3. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan jalan raya SNI 0.3 28.33-1992.
4. Pedoman perencanaan beban gempa untuk jembatan 2004, Departemen Pekerjaan Umum.
5. Standar pembebanan untuk jembatan RSNI-T-02-2005.
6. Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan jalan raya (PPPJJR) SKBI-1.3 28,1987.
7. Panduan perencanaan Teknik jembatan,1992.
8. Peraturan perencanaan teknik jembatan RSNI-T-02-2005.
9. Peraturan lain yang masih berlaku dan sesuai dengan kondisi yang ada.

D. Pembebanan Jembatan

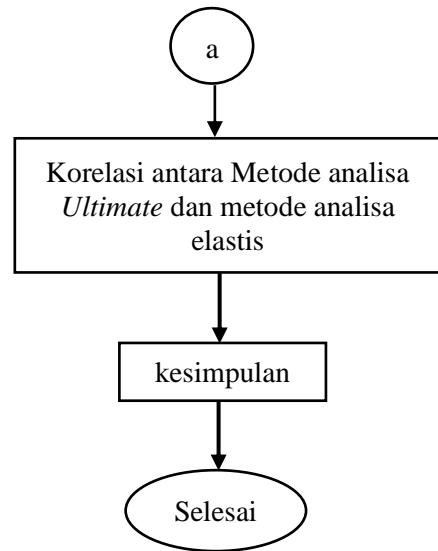
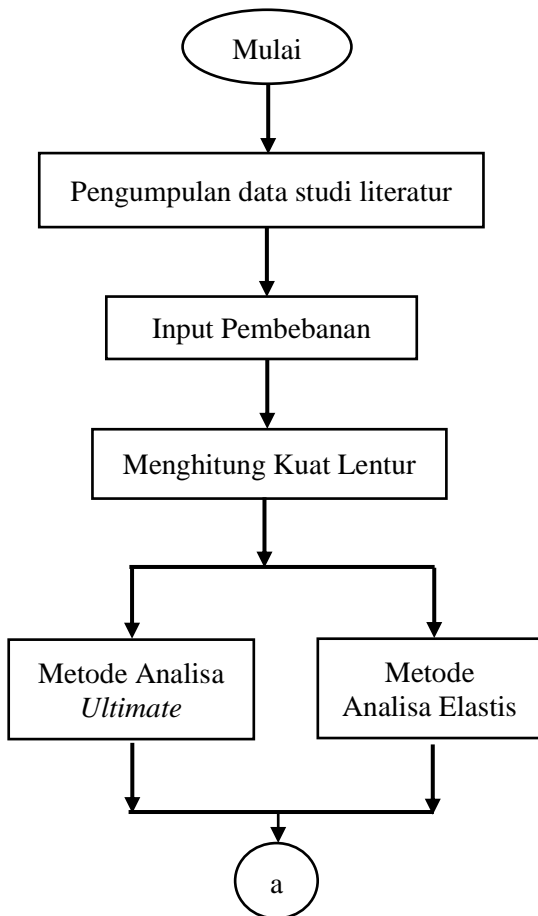
Beban dan gaya yang digunakan dalam perhitungan tegangan-regangan dalam konstruksi adalah beban primer, beban sekunder, dan beban khusus (Bina Marga – *Bridge Management System 1992*).

Pada pasal ini membahas detail pembebanan data aksi umum yang mempengaruhi jembatan. Aksi-aksi tersebut menjadi 2 bagian, menurut lamanya aksi tersebut bekerja, yaitu:

1. Aksi Tetap
2. Aksi Transient
3. Aksi Lingkungan
4. Aksi-Aksi Lainnya

3. METODOLOGI

Pada alur penelitian ini dapat ditampilkan dseperti berikut :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Hasil Penggambaran Sendiri

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Adapun data - data untuk perancangan struktur atas jembatan adalah sebagai berikut:

1. Panjang jembatan : 20.00 m
2. Lebar jembatan : 9 m
3. Jumlah lalu lintas : 2 Lajur
4. Tipe jembatan : Komposit
5. Lebar jalur lalu lintas : 7.4 m
6. Mutu beton : 29.05 Mpa
7. Tebal pelat beton : 0,2 m
8. Tinggi tiang sandaran : 0,8 m

B. Slab

- Tebal Pelat Lantai : 0,2 m
- Tebal Lapisan Aspal : 0,1 m
- Tebal Genangan Air : 0,05 m

- Mutu Beton : 29,05 Mpa
- Modulus Elastis : 25332,0 Mpa
- Posion Ratio : 0,2
- Modulus Geser : 10555,0 Mpa

- Koefesien Muai Panjang: 0,00001 /°C
- Mutu Baja T. Polos : 240 Mpa
- Mutu Baja T. Ulir : 390 Mpa

C. Analisis Beban Slab Pada Beton

Beban Sendiri (MS)

Faktor beban Ultimate :

$$KMS = 1,3$$

Ditinjau slab lantai jembatan selebar

$$b = 1 \text{ m}$$

Tebal slab lantai jembatan sebesar

$$h = 0,2 \text{ m}$$

Berat beton berulang

$$W_c = 24 \text{ kN/m}$$

Berat sendiri, QMS = $b * h * W_c$

$$QMS = 4,8 \text{ kN/m}$$

Beban Mati Tambahan (MA)

Beban Faktor Ultimate :

$$KMA = 2,0$$

Tabel 1 Beban Mati Tambahan

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

No	Jenis	Tebal (m)	Berat kN/m	Beban kN/m
1	Lapisan Aspal + Overlay	0,1	22	2,2
2	Air Hujan	0,005	9,8	0,49

Beban mati tambahan

$$QMA = 2,69 \text{ kN/m}$$

Beban Truck "T" (TT)

Faktor Beban Ultimate :

$$KTT = 2,0$$

Jembatan Kelas I

$$T = 100 \text{ kN}$$

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,

$$DLA = 0,3$$

Beban Truck "T"

$$PTT = (1+DLA)*T \\ = 130 \text{ kN}$$

Faktor Beban Ultimate :

$$KEW = 1,2$$

$$TEW = 0,0012 * C_w * (V_w)^2$$

$$C_w = 1,20 \text{ (karena } b/d \geq 6)$$

Tabel 2 Kecepatan Angin Rencana

Sumber : PPJT,1992

Keadaan	Lokasi			
	s/d 5 km dari pantai		> 5 km dari pantai	
Batas Daya	30	m/det	25	m/det
Layan				
Ultimit	35	m/der	30	m/det

$$TEW = 1,46 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m diatas lantai jembatan.

$$h = 4 \text{ m}$$

Jarak antara roda kendaraan

$$x = 1,75 \text{ m}$$

Transfer beban angin ke lantai jembatan

$$PEW = (1/2 * h/x * TEW)$$

$$= 1,66 \text{ kN}$$

Pengaruh Temperatur

Faktor beban ultimate :

$$KET = 1,2$$

Temperatur maksimum rata-rata

$$T_{MAX} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Temperatur minimum rata-rata

$$T_{MIN} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Perbedaan temperatur pada slab

$$= 12,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Koefesien muai panjang untuk beton

$$= 0,00001 \text{ }^\circ\text{C}$$

Modulus elastis beton

$$E_c = 10555035,17 \text{ kPa}$$

Tabel 3 Temperatur Rata-rata nominal

Sumber : PPJT,1992

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan rata-rata minimum	Temperatur Jembatan rata-rata maximum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15 °C	40 °C
Lantai Beton diatas gelagar, boks, atau rangka baja	15 °C	40 °C
Lantai Pelat baja diatas gelagar, boks, atai rangka baja	15 °C	40 °C

Beban Gempa (TEQ)

$$T_{eq} = Kh * I * W_r$$

Dimana koefesien gempa horizontal :

$$T_{eq} = \text{Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)}$$

Kh = Koefesien beban gempa horizontal

C = Koefesien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi yang sesuai

I = Faktor kepentingan

S = Faktor tipe bangunan

Wr = Berat total minimum bangunan yang mempengaruhi kecepatan gempa,

Berat total berupa berat sendiri dan berat mati tambahan :

Berat Sendiri,

$$QMS = 4,8 \text{ kN/m}$$

Beban Mati Tambahan,

$$QMA = 2,69 \text{ kN/m}$$

Panjang Gelagar,

$$L = 20 \text{ m}$$

$$(QMA+QMS)*L$$

$$W_t = 153,8 \text{ kN/m}$$

Momen Inersia Baja

$$= 201 \quad \text{Mpa}$$

Modulus Elastis

$$E_c = 25332,08 \quad \text{Mpa}$$

Kekakuan balok beton bertulang

$$= 30550,39 \quad \text{Mpa}$$

$$1,25-0,025 \cdot n$$

$$F = 1,225$$

Faktor tipe struktur

$$S = 1,3 \cdot F$$

$$= 1,5925$$

Koefesien beban gempa horizontal

$$k_h = C \cdot S$$

$$= 1,353625$$

Koefesien gempa vertikal

$$k_v = 50\% k_h$$

$$= 0,0,67813$$

T_{EQ} ,

$$K_v \cdot W_t = 104,0938 \quad \text{kN}$$

Gaya Gempa vertikal, Q_{EQ}

$$T_{EQ}/L = 5,204688 \quad \text{kN/m}$$

Gaya geser dan momen maksimum akibat beban gempa vertikal :

$$V_{EQ} = 1/2 \cdot Q_{EQ} \cdot L$$

$$= 52,04688 \quad \text{kN}$$

$$M_{EQ} = 1/8 \cdot Q_{EQ} \cdot L^2$$

$$= 260,2344 \quad \text{kN}$$

D. Momen Pada Plat Lantai Jembatan

Momen maksimum pada pelat dihitung berdasarkan metode one way pelat dengan beban sebagai berikut :

$$Q_{MS} = 4,8 \quad \text{kN/m}$$

$$Q_{MA} = 2,69 \quad \text{kN/m}$$

$$P_{TT} = 98 \quad \text{kN}$$

$$P_{EW} = 1,6685714 \quad \text{kN}$$

$$T = 12,5 \quad \text{°C}$$

$$EQ = 260,2344 \quad \text{kN/m}$$

Untuk koefesien momen lapangan dan momen tumpuan untuk bentang menerus dengan beban merata, terpusat dan perbedaan temperatur adalah sebagai berikut.

Tabel 4 Momen Pelat

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

No	Jenis Bahan	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ultimate	Momen Tumpuan	Momen Lapangan
1	Berat Sendiri	K_{MS}	1,0	1,3	0,912	0,456
2	Beban Mati	K_{MA}	1,0	2,0	0,613	0,318

	Tambahan					
3	Beban Truck	K_{TT}	1,0	1,8	22,65	20,40
4	Beban Angin	K_{EW}	1,0	1,2	0,385	0,347
5	Pengaruh Temperatur	K_{ET}	1,0	1,2	4277,1	0,012

E. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi -1

Tabel 5 Kombinasi – 1

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

No	Jenis Bahan	Faktor Beban	M. Tumpuan	M. Lapangan	M. Tumpuan	M. Lapangan
1	Berat Sendiri	1,3	0,912	0,456	1,186	0,593
2	Beban Mati Tambahan	2	0,613	0,318	1,226	0,636
3	Beban Truck	1,8	22,65	20,40	40,77	36,73
4	Beban Angin	1	0,387	0,347	0,385	0,347
5	Pengaruh Temperatur	1	4277,15	0,012	4277,15	0,012
Total Momen Ultimate Pelat Mu =					4320,73	38,32

Kombinasi -2

Tabel 6 Kombinasi – 2

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

No	Jenis Bahan	Faktor Beban	M. Tumpuan	M. Lapangan	M. Tumpuan	M. Lapangan
1	Berat Sendiri	0,31	1,22	0,63	0,39	0,20
2	Beban Mati Tambahan	20,4	40,7	36,7	832,1	749,6
3	Beban Truck	0,34	0,38	0,34	0,31	0,12
4	Beban Angin	1	4277,1	0,01	4277,1	0,1
5	Pengaruh Temperatur	1	0	0	0	0
Total Momen Ultimate Pelat Mu =					5109,8	749,95

F. Penulangan Pelat Jembatan

1. Tulangan Lentur Negatif (Tumpuan)

Momen Rencana Tumpuan

$$M_u = 5109,87 \quad \text{Kn/m}$$

Tebal Pelat Rencana

$$h = 200 \quad \text{mm}$$

Tebal Selimut Beton

$$d' = 20 \quad \text{mm}$$

Modulus Elastis Baja

$$E_s = 200000 \quad \text{Mpa}$$

Faktor Bentuk Distribusi Tegangan Beton

$$\beta_1 = 0,72617$$

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' / f_y \cdot 600 / (600 + f_y) = 0,02786$$

$$R_{max} = 6,80536$$

Faktor Reduksi Kekuatan Lentur
 $\Phi = 0,8$
 Tebal Efektif Pelat Beton
 $d = h - d'$
 $= 180$
 Tinjauan Lebar Pelat Beton
 $b = 1000$
 Momen Nominal Rencana
 $M_n = M_u / \Phi$
 $= 6387,33$
Kontrol = (Rn < Rnmax) = OK
 Ratio tulangan yang diperlukan :
 $\rho = 0,85 * f_c / f_y * [1 - \sqrt{(1 - 2 * R_n / 0,85 * f_c)}]$
 $= 4,09445$
 Rasio tulangan minimum
 $\rho_{min} = 25\% (1,4 / f_y)$
 $= 0,00089$
 Ratio tulangan yang digunakan
 $P = 0,00089$
 Luas tulangan yang diperlukan
 $A_s = \rho * b * d$
 $= 17,9487 \text{ m}$
 Diameter tulangan pakai
 $D = 8$
 Jarak tulangan perlu
 $s = \pi/4 * D^2 * b / A_s$
 $= 2799,08 \text{ mm}$
 Maka tulangan lentur tumpuan
 $= D 8 - 100$
 $A's = 50\% . A_s$
 $= 8,9743 \text{ mm}$
 Diameter tulangan pakai
 $D = 10$
 Jarak tulangan perlu
 $s = \pi/4 * D^2 * b / A_s$
 $= 887,170 \text{ mm}$
 Maka tulangan susut lentur tumpuan
 $= D 10 - 200 \text{ mm}$
2. Tulangan Lentur Positif (Lapangan)
 Momen Rencana Tumpuan
 $M_u = 749,95 \text{ kN}$
 Tebal Pelat Rencana
 $h = 200 \text{ mm}$
 Tebal Selimut Beton
 $d' = 20 \text{ mm}$
 Modulus Elastis Baja
 $E_s = 200000 \text{ Mpa}$
 Faktor Bentuk Distribusi Tegangan Beton
 $\beta_1 = 0,72617$
 $\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y)$

$= 0,02786$
 $R_{max} = 6,80536$
 Faktor Reduksi Kekuatan Lentur
 $\Phi = 0,8$
 Tebal Efektif Pelat Beton
 $d = h - d'$
 $= 180 \text{ mm}$
 Tinjauan Lebar Pelat Beton
 $b = 1000 \text{ mm}$
 Momen Nominal Rencana
 $M_n = M_u / \Phi$
 $= 6387,33 \text{ kN}$
 Faktor Tahanan Momen
 $R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2)$
 $= 1,9714$
Kontrol = (Rn < Rnmax) = OK
 Ratio tulangan yang diperlukan :
 $\rho = 0,85 f_c / f_y * [1 - \sqrt{(1 - 2 * R_n / 0,85 * f_c)}]$
 $= 5,05489$
 Rasio tulangan minimum
 $\rho_{min} = 25\% (1,4 / f_y)$
 $= 0,00089$
 Ratio tulangan yang digunakan
 $\rho = 0,00089$
 Luas tulangan yang diperlukan
 $A_s = \rho * b * d$
 $= 161,538 \text{ mm}$
 Diameter tulangan pakai
 $D = 8$
 Jarak tulangan perlu
 $s = \pi/4 * D^2 * b / A_s$
 $= 311,009 \text{ mm}$
 Maka tulangan lentur tumpuan
 $= D 8 - 100$
 $A's = 50\% . A_s$
 $= 80,7692 \text{ mm}$
 Diameter tulangan pakai
 $D = 10$
 Jarak tulangan perlu
 $s = \pi/4 * D^2 * b / A_s$
 $= 485,952 \text{ mm}$
 Maka tulangan susut lentur tumpuan
 $= D 10 - 250$

3. Kontrol Lendutan Pelat

Tabel 7 Kontrol Lendutan Pelat

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

Modulus Beton	Elastis	25332,0844	Mpa
Modulus Baja	Elastis	200000	Mpa
Ditinjau Lebar Pelat		1000	mm

Panjang Lebar Pelat	1000	mm
Luas Tulangan Slab	502,85714	mm ²
Beban Terpusat	98	kN
Beban Merata	7,69	kN/m
Lendutan Total yang Terjadi	4,166666	mm
Inersia Brutto	666666666,7	mm ²
Modulus Keruntuhan	3,77286	Mpa
Nilai Perbandingan Modulus	7,89512	
As	3970,120	mm ²

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton,
 $c = n * As / b = 3,970120539$ mm. Inersia penampang retak yang di transformasikan ke beton dihitung sebagai berikut ini :

$$ICR = 1/3 * b * c^3 + n * As * (d - c)^2 = 12041072,2 \text{ mm}^4$$

$$Yt = h/2 = 100 \text{ mm}$$

Momen Retak,
 $Mcr = fcr * Ig / Yt = 25152424,23 \text{ N/mm}$

Untuk momen maksimum akibat beban dapat dihitung sebagai berikut ini :

$$Ma = 1/8 * Q * Lx^2 + 1/4 * P * Lx = 25,46125 \text{ kN/m}$$

$$Ma = 2,54613 \text{ N/mm}$$

Sedangkan untuk menghitung Inersia efektif untuk perhitungan lendutan digunakan rumus seperti dibawah ini :

$$Ie = 5,43626 \text{ mm}^4$$

$$Q = 7,69 \text{ N/mm}$$

$$P = 9800 \text{ N}$$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), $\zeta = 2$, dengan rumus :

$$\lambda = \zeta / (1 + 50 * \rho) = 1,754874652$$

$$\delta g = \lambda * (5/384) * Q * Lx^4 / (Ec * Ie) = 1,27597 \text{ mm}$$

Lendutan total pelat jembatan
 $Lx/800 = 1,25 \text{ mm}$

$$\delta_{tot} = \delta e + \delta g = 1,68287 \text{ mm}$$

Lendutan Ok

G. Jembatan Komposit (Metode Elastis)

Jumlah profil WF girder,

$$n = 6 \text{ bh}$$

Jarak Antar Profil WF Girder,

$$s = 1,48 \text{ m}$$

Panjang Profil WF Girder,

$$L = 20 \text{ m}$$

1. Beton

Mutu = K-350

Tegangan tekan lentur
 $= 291 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik lentur
 $= 27,3 \text{ kg/cm}^2$

Modulus Elastisitas

$$Wc = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ec = 25.332,1 \text{ Mpa} = 233.320,84 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus Elastis Baja

$$Es = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

2. Baja Struktur (WF)

Tegangan leleh baja

$$= 410 \text{ Mpa}$$

$$= 4.180,84 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan ijin

$$= 270,6 \text{ Mpa}$$

$$= 2.759,35 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik baja

$$= 51 \text{ Mpa}$$

$$= 520,06 \text{ kg/cm}^2$$

3. Perhitungan Beban

Lapisan Air

$$t = 5 \text{ cm}$$

$$QdL 1 = 0.05 * 0,98 * s = 0,073 \text{ Ton/m}$$

Gaya geser perletakan

$$VdLw = (1/2 * QdLw * L)$$

$$= 0,725 \text{ Ton}$$

Momen lapangan

$$MdL w = (1/8 * QdLw * L^2) = 3,626 \text{ Ton/m}$$

Lapisan Aspal

$$t = 5 \text{ cm}$$

$$Qdlas = 0.05 * 2.2 * s = 0,163 \text{ Ton/m}$$

Gaya geser perletakan

$$VdLas = (1/2 * QdLas * L)$$

$$= 1,628 \text{ Ton}$$

Momen lapangan.

$$MdL as = (1/8 * QdLas * L^2) = 6,140 \text{ Ton/m}$$

Ralling (Asumsi)

$$QdL fc = ((22/7) * (0.080.074)^2 * 0.25) * 7.85 * 3$$

$$= 0,0007 \text{ Ton/m}$$

Gaya geser perletakan

$$VdL fc = (1/2 * QdLfc * L)$$

$$=0,007 \quad \text{Ton}$$

Momen lapangan
 $MdL_{fc} = (1/8 \times QdL_{fc} \times L^2)$
 $= 0,033 \quad \text{Ton/m}$

Slab Jembatan
 $Qdl_5 = 0.2 * s * 2.5$
 $= 0,74 \quad \text{Ton/m}$

Gaya geser perletakan
 $VdL = (1/2 \times QdL \times L)$
 $= 7400 \quad \text{Ton}$

Momen Lapangan
 $MdL_5 = (1/8 \times QdL_5 \times L^2)$
 $= 37 \quad \text{Ton/m}$

Slab Trotoar
 $Qdl_6 = 0.1 * 1 * 2.5$
 $= 0,25 \quad \text{Ton/m}$

Gaya geser perletakan
 $VdL = (1/2 \times QdL \times L)$
 $= 2500 \quad \text{Ton}$

Momen lapangan
 $MdL = (1/8 \times QdL_6 \times L^2)$
 $= 12,500 \quad \text{Ton/m}$

H. Rekapitulasi Girder WF Akibat Beban-beban

Tabel 8 Rekapitulasi Girder WF

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

Rekapitulasi				
Profil WF Girder Tengah	Akibat Beban-beban			
	Beban Mati		Beban Hidup	
	9,75	Ton	48,11	Ton
	48,77	Ton.m	234,4	Ton.m
Profil WF Girder Tepi	Akibat Beban-beban			
	Beban Mati		Beban Hidup	
	10,16	Ton	16,75	Ton
	54,01	Ton.m	81,72	Ton.m

Profil WF girder (tengah)

$$W_{perlu} = (M1 F_y) * 1.5$$

$$= 1.749,63 \quad \text{cm}^3$$

Profil WF girder (tepi)

$$W_{perlu} = (M2/F_y) * 1.5$$

$$= 1.937,71 \quad \text{cm}^3$$

Digunakan W_{PERLU}

Digunakan W_{perlu} yang terbesar

$$W_{perlu} = 1.937,71 \quad \text{cm}^3$$

I. Data Profil Baja

$$H = 800 \quad \text{mm}$$

$$B^1 = 300 \quad \text{mm}$$

$$B^2 = 300 \quad \text{mm}$$

$$T_{FT} = 26 \quad \text{mm}$$

$$T_{FB} = 26 \quad \text{mm}$$

$$T_W = 14 \quad \text{mm}$$

$$I_{XC} = 284.535,74 \quad \text{cm}^4$$

$$W_{XT} = 7.113,39 \quad \text{cm}^3$$

$$G_{WF} = 2,05 \quad \text{kg/cm}^1$$

$$A_{WF} = 260,72 \text{ cm}^2 > 1.937,71 \text{ cm}^3$$

Luas Profil
 $= A_{WF}$
 $= 26072 \quad \text{mm}^2$

Garis Berat
 $= C_{WF}$
 $= 400,00 \quad \text{mm}$

Berat Profil
 $= G_{WF}$
 $= 204,665 \quad \text{kg/m}$

Momen Inersia
 $I_{XC} = 2.845.357,36267 \quad \text{mm}^4$
 $I_{XO} = 6997055692 \quad \text{mm}^4$

Momen Lawan
 $W_{XT} = I/(H-C_{XC})$
 $= 7.113.393,41 \quad \text{mm}^3$
 $W_{XB} = I/(C_{XC})$
 $= 7.113.393,41 \quad \text{mm}^3$
 $G_{WF} = 10,23 \quad \text{Ton.m}$

Tabel 9 Rekapitulasi Profil Baja

Sumber ; Hasil Perhitungan Sendiri

Rekapitulasi				
Profil WF Girder Tengah	Akibat Beban-beban			
	Beban Mati + Girder		Beban Hidup	
R1	11,80	Ton	Beban Hidup	Ton
R2	19,99	Ton.m	48,11	Ton.m
Profil WF Girder Tepi	Akibat Beban-beban			
	Beban Mati + Girder		Beban Hidup	
R1	12,23	Ton	Beban Hidup	Ton
R2	20,41	Ton.m	16,75	Ton.m

J. Kontrol Tegangan Sebelum Komposit

Profil WF girder (Tengah)

$$F'y = (M1_{max} / W_x)$$

$$= 2680,97 \text{ kg/cm}^2 < 2.759,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \text{Ok}$$

Profil WF girder (Tepi)

$$F'y = (M2_{max} / W_x)$$

$$= 286,96 \text{ kg/cm}^2 < 2.759,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \text{Ok}$$

K. Kontrol tegangan Setelah Komposit

1. Lebar Efektif Beton Slab (Be):

$$Be < (1/4 * L) = 5.000,00 \quad \text{mm}$$

$$Be < (12 * T_s) = 2.400,00 \quad \text{mm}$$

$$Be < CtC_{gir} = 1.480,00 \quad \text{mm}$$

Digunakan lebar efektif terkecil

$$(Be) = 1.480,00 \quad \text{mm}$$

2. Luas Ekuivalen Beton (A_{SCOM}):

$$A_{SCOM} = (T_s * B_e) / n$$

$$A_{SCOM} = 37.491,48 \quad \text{mm}^2$$

$$= 374,91 \quad \text{cm}^2$$

3. Luas Komposit (F_K) :

$$F_K = A_{WF} + A_{scom}$$

$$= 635,63 \quad \text{cm}^2$$

4. Garis Netral Komposit (y) :

$$= \{ (A_{WF} * C_{WF}) + (A_{scom} * C_{scom}) \} / F_K$$

$$= 69,49 \quad \text{cm}$$

5. Momen Inersia Komposit (I_K):

$$= (I_p + A_{WF} * (yC_{WF})^2 + 1/12 * A_{scom} * T_{con}^2 + A_{scom} * (C_{scom} - y)^2) = 681.482 \quad \text{cm}^4$$

L. Tegangan Yang Terjadi Dalam Pelat Beton

Banding Momen Pada Pelat Beton Tengan

M beban

(Mati+Girder+Hidup)

$$= 68,10 \quad \text{Ton.m}$$

$$= 6.809.991,45 \quad \text{kg.cm}$$

$$S^c = M_{(DL+LL)} * (Ht - y) / (I_k * n)$$

$$= 38,64 \quad \text{kg/cm}^2 < 116,20$$

$$\text{kg/cm}^2$$

Bending Momen Pada Pelat Beton Tepi

M beban

(Mati+Girder+Hidup)

$$= 37,17 \quad \text{T.m}$$

$$= 3.716.734,17 \quad \text{kg.cm}$$

$$S^c = M_{(DL+LL)} * (Ht - y) / (I_k * n)$$

$$= 21,08 \quad \text{kg/cm}^2 < 116,20$$

$$\text{kg/cm}^2$$

M. Tegangan Yang Terjadi Pada Profil Baja Tengah

1. Bagian Atas Profil Baja WF

$$t'_{st} = M_{(DL+LL)} * (H - y) / (I_k)$$

$$= 105,01 \quad \text{kg/cm}^2 < 2.759,3$$

$$\text{kg/cm}^2$$

2. Bagian Bawah Profil Baja WF

$$t'_{sb} = M_{(DL+LL)} * (H - y) / (I_k)$$

$$= 694,42 \quad \text{kg/cm}^2 < 2.759,3$$

$$\text{kg/cm}^2$$

N. Tegangan Yang Terjadi Pada Profil Baja Tepi

1. Bagian Atas Profil Baja WF

$$t'_{st} = M_{(DL+LL)} * (H - y) / (I_k)$$

$$= 57,31 \quad \text{kg/cm}^2 < 2.759,3$$

$$\text{kg/cm}^2$$

2. Bagian Bawah Profil Baja WF

$$t'_{st} = M_{(DL+LL)} * (H - y) / (I_k)$$

$$= 379,00 \quad \text{kg/cm}^2 < 2.759,3$$

$$\text{kg/cm}^2$$

O. Kontrol Lentutan

Untuk kontrol lentutan didapatkan dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\left[\left(\frac{5 * W * L^4}{384 * E * I_k} \right) + \left(\frac{P * L^3}{48 * E * I_k} \right) \right] < \left(\frac{1}{360} * L \right)$$

Tabel 10 Rekapitulasi Hasil Lentutan

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

Profil	W Ton/m ¹	P Ton	L m	f _m cm	f _{ijin} cm
WF Girder Tengah	3,18	3,87	20,0	5,33	5,56
WF Girder Tepi	1,63	1,96	20,0	2,74	5,56

$$f_m = 5,33 \text{ cm} \leq 5,56$$

(Profil WF girder tengah)

$$= \text{Ok}$$

$$f_m = 2,74 \text{ cm} \leq 5,56$$

(profil WF girder tepi)

$$= \text{Ok}$$

P. Jembatan Komposit Gelagar Tengah (Ultimate Design)

Profil Baja WF 800.300.14.26

$$w_s = 210,0 \quad \text{Kg/m}$$

$$b_s = 30,0 \quad \text{cm}$$

$$h_s = 80,0 \quad \text{cm}$$

$$A_s = 267,4 \quad \text{cm}^2$$

$$W_s = 7290,0 \quad \text{cm}^3$$

$$I_s = 292000,0 \quad \text{cm}^4$$

1. Analisa Pembebanan

A. Beban Mati

a. Beban Mati Primer

$$\text{Berat sendiri Plat beton} = 0,74000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri route} = 0,10000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri gelagar} = 0,21000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri diafragma} = 0,04200 \text{ t/m}$$

$$W_{DL} = 1,092000 \text{ t/m}$$

B. Beban Mati Sekunder

$$\text{Berat sendiri aspal} = 2,07000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri trotoar} = 0,00000 \text{ t/m}$$

Berat tiang + sandaran = 1,00000 t/m
 Berat air hujam = 0,45000 t/m
 W'_{SDL} = 3,52000 t/m

2. Beban Hidup

Beban merata (q) yang bekerja pada jembatan dengan panjang bentang 20,00 m adalah :

$$q = 2,20 \text{ t/m}$$

Besarnya beban merata (q) yang dipikul oleh setiap gelagar tengah adalah :

$$q' = (q / 2,75) \cdot a \cdot s$$

Dimana :

A = Faktor distribusi 1,0 (jika tidak ada gelagar melintang pada jembatan)

Maka :

$$q' = 1,18 \text{ t/m}$$

3. Beban Garis (p)

Beban garis (p) yang bekerja pada jembatan adalah :

$$p = 8,40 \text{ ton}$$

besarnya beban garis (p) yang dipikul oleh setiap gelagar tengah adalah :

$$p' = (p / 2,75) \cdot a \cdot s \cdot K$$

dimana :

$$K = \text{Koefesien kejut} \\ = 1 + (20 / (50 + L)) \\ = 1,28571$$

Maka :

$$P' = 5,81236 \text{ ton}$$

2. Lebar Efektif Lantai Beton

Lebar efektif lantai beton (b) untuk gelagar tengah berdasarkan spesifikasi AASHTO, adalah nilai terkecil dari nilai nilai berikut :

$$b (L/4) = 500,0 \text{ cm}$$

$$b (s) = 148,0 \text{ cm}$$

$$b (12 d) = 240,0 \text{ cm}$$

jadi, lebar efektif lantai beton (b) untuk gelagar tengah berdasarkan spesifikasi ASSHTO adalah :

$$b = 148,0 \text{ cm}$$

3. Perencanaan Gelagar Tengah Jembatan (Ultimate Design)

Diasumsikan garis netral penampang komposit berada didaerah beton :

- Tinggi Balok Tegangan Tekan Beton

$$a = 285,36403 \text{ mm}$$

- Lokasi Garis Netral Penampang Komposit

$$x = 335,72239 \text{ mm}$$

Untuk garis netral penampang komposit berada di daerah baja :

- Lokasi Garis Netral Penampang Komposit Terhadap Serat Atas Beton

$$x = 666,67 \text{ mm}$$

- Gaya Tekan Ultimit Beton

$$C_e = 7308980,0 \text{ N}$$

- Gaya Tarik Ultimit Baja

$$C_s = 1559810,0 \text{ N}$$

- Momen Kapasitas Ultimit Penampang Komposit

$$M_u = 715,82 \text{ t.m}$$

4. Perencanaan Gelagar Tengah Jembatan (Elastic Design)

Properties Penampang

Lebar efektif lantai beton (b)

$$b = 148,0 \text{ cm}$$

Modulus Rasio (n)

$$n = E_s / E_c$$

dimana :

$$E_s = 2000000,0 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 (f_c)^{0,5} = 25332,1 \text{ Mpa}$$

Maka :

$$n = E_s / E_c$$

$$n = 7,895126 \rightarrow n = 9$$

Lokasi Garis Netral Penampang Komposit

Asumsikan garis netral penampang komposit berada di daerah baja.

$$y_c = [A_c (d/2) + A_s (d + t + h_s/2)] / [A_c + A_s]$$

Dimana:

$$A_c = (b/n) d \\ = 328,88889 \text{ cm}^2$$

Maka :

$$y_c = [A_c (d/2) + A_s (d + t + h_s/2)] / [A_c + A_s]$$

$$y_c = 36,90642 \text{ cm}$$

Karena $y_c > d$, berarti asumsi benar \rightarrow garis netral penampang komposit

$$y_c = (d + t + h_s) - y_c$$

$$= 73,09358 \text{ cm}$$

$$d_e = y_c - 0,5 d$$

$$= 26,90642 \text{ cm}$$

$$d_s = y_s - 0,5 h_s$$

$$= 33,09358 \text{ cm}$$

Momen Inersia Total Penampang Komposit

$$I_t = I_c + A_c d_c^2 + I_s + A_s d_s^2$$

Dimana:

$$I_c = 1/12 (b/n) d^3$$

$$= 10962,96296 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} A_c d_c^2 &= 238100,92055 && \text{cm}^4 \\ I_s &= 292000,00000 && \text{cm}^4 \\ A_s d_s^2 &= 292852,45775 && \text{cm}^4 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} I_t &= I_c + A_c d_c^2 + I_s + A_s d_s^2 \\ I_t &= 833916,34127 && \text{cm}^4 \end{aligned}$$

5. Tegangan Pada Penampang Komposit Dengan Perancah

1. Momen Maksimum Pada Gelagar Jembata

a. Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} M_1 &= 0 \\ &= 0,00000 && \text{t.m} \end{aligned}$$

b. Setelah Komposit

$$\begin{aligned} M_2 &= 1/8 W_{DL} L^2 \\ &= 54,60000 && \text{t.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= 1/8 W_{SDL} L^2 \\ &= 29,33333 && \text{t.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_4 &= 1/8 q' L^2 + 1/4 p' L \\ &= 88,26182 && \text{t.m} \end{aligned}$$

2. Tegangan Pada Serat Atas Beton

$$f_{c-s} = f_{c-s1} + f_{c-s2} + f_{c-s3} + f_{c-s4}$$

dimana :

$$\begin{aligned} f_{c-s1} &= 0,0 \\ &= 0,00000 && \text{Kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c-s2} &= (M_2 y_e) / (n I_t) \\ &= 26,84909 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c-s3} &= (M_3 y_e) / (n I_t) \\ &= 14,42442 && \text{Kg.cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c-s4} &= (M_4 y_e) / (n I_t) \\ &= 43,40201 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} f_{c-s} &= f_{c-s1} + f_{c-s2} + f_{c-s3} + f_{c-s4} < 0,45 f_c' \\ &= 84,67552 && \text{Kg/cm}^2 < 130,95 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Tegangan Pada Serat Bawah beton

$$f_{c-b} = f_{c-b1} + f_{c-b2} + f_{c-b3} + f_{c-b4}$$

dimana :

$$\begin{aligned} f_{c-b1} &= 0,0 \\ &= 0,00000 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c-b2} &= (M_2(y_e-d))/(n I_t) \\ &= 12,29927 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c-b3} &= (M_3(y_e-d))/(n I_t) \\ &= 6,60767 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c-b4} &= (M_4(y_e-d))/(n I_t) \\ &= 19,88198 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} f_{c-b} &= f_{c-b1} + f_{c-b2} + f_{c-b3} + f_{c-b4} < 0,45 f_c' \\ &= 38,78891 && \text{Kg/cm}^2 < 130,95 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

c. Tegangan Pada Serat Atas Baja

$$f_{s-a} = f_{s-a1} + f_{s-a2} + f_{s-a3} + f_{s-a4}$$

dimana :

$$\begin{aligned} f_{s-a1} &= 0,0 \\ &= 0,00000 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{s-a2} &= (M_2(h_s-y_s))/I_t \\ &= 45,21924 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{s-a3} &= (M_3(h_s-y_s))/I_t \\ &= 24,29361 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{s-a4} &= (M_4(h_s-y_s))/I_t \\ &= 73,09766 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} f_{s-a} &= f_{s-a1} + f_{s-a2} + f_{s-a3} + f_{s-a4} < f_y \\ &= 142,61050 && \text{Kg/cm}^2 < 2600,00 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

d. Tegangan Pada Serat Bawah Baja

$$f_{s-b} = f_{s-b1} + f_{s-b2} + f_{s-b3} + f_{s-b4}$$

dimana :

$$\begin{aligned} f_{s-b1} &= 0,0 \\ &= 0,00000 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{s-b2} &= (M_2 y_s)/I_t \\ &= 478,57431 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{s-b3} &= (M_3 y_s)/I_t \\ &= 257,10952 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{s-b4} &= (M_4 y_s)/I_t \\ &= 773,62343 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} f_{s-b} &= f_{s-b1} + f_{s-b2} + f_{s-b3} + f_{s-b4} < f_y \\ &= 1509,30726 && \text{Kg/cm}^2 < 2600,00 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Q. Jembatan Komposit Gelagar Tepi (Ultimate Design)

Profil Baja WF 800.300.14.26

$$w_s = 210,0 && \text{Kg/m}$$

$$b_s = 30,0 && \text{cm}$$

$$h_s = 80,0 && \text{cm}$$

$$A_s = 267,4 && \text{cm}^2$$

$$W_s = 7290,0 && \text{cm}^3$$

$$I_s = 292000,0 && \text{cm}^4$$

1. Analisa Pembebanan

A. Beban Mati

a. Beban Mati Primer

$$\text{Berat sendiri Plat beton} = 0,87811 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri route} = 0,10000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri gelagar} = 0,21000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri diafragma} = 0,04200 \text{ t/m}$$

$$W_{DL} = 1,23011 \text{ t/m}$$

b. Beban Mati Sekunder

$$\text{Berat sendiri aspal} = 0,18400 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat sendiri trotoar} = 0,00000 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat tiang + sandaran} = 1,00000 \text{ t/m}$$

Berat air hujan = 0,45000 t/m
 $W'_{SDL} = 1,63400 \text{ t/m}$

B. Beban Hidup

Beban merata (q) yang bekerja pada jembatan dengan panjang bentang 20,00 m adalah :

$q = 2,20 \text{ t/m}$

Besarnya beban merata (q) yang dipikul oleh setiap gelagar tengah adalah :

$q' = (q / 2,75) \cdot a \cdot s$

Dimana :

A = Faktor distribusi 1,0 (jika tidak ada gelagar melintang pada jembatan)

Maka :

$q' = 1,18 \text{ t/m}$

3. Beban Garis (p)

Beban garis (p) yang bekerja pada jembatan adalah :

$p = 12 \text{ ton}$

besarnya beban garis (p) yang dipikul oleh setiap gelagar tengah adalah :

$p' = (p / 2,75) \cdot a \cdot s \cdot K$

dimana :

$K = \text{Koefesien kejut}$
 $1 + (20 / (50 + L))$
 $= 1,28571$

Maka :

$P' = 8,30338 \text{ ton}$

2. Lebar Efektif Lantai Beton

Lebar efektif lantai beton (b) untuk gelagar tengah berdasarkan spesifikasi AASHTO, adalah nilai terkecil dari nilai nilai berikut :

$b (L/4) = 500,0 \text{ cm}$

$b (s) = 148,0 \text{ cm}$

$b (12 d) = 240,0 \text{ cm}$

jadi, lebar efektif lantai beton (b) untuk gelagar tengah berdasarkan spesifikasi ASSHTO adalah :

$b = 148,0 \text{ cm}$

3. Perencanaan Gelagar Tepi Jembatan (Ultimate Design)

Diasumsikan garis netral penampang komposit berada didaerah beton :

- Tinggi Balok Tegangan Tekan Beton

$a = 284,87372 \text{ mm}$

- Lokasi Garis Netral Penampang Komposit

$x = 335,14555 \text{ mm}$

Untuk garis netral penampang komposit berada di daerah baja :

- Lokasi Garis Netral Penampang Komposit Terhadap Serat Atas Beton

$x = 666,67 \text{ mm}$

- Gaya Tekan Ultimit Beton

$C_e = 7321560,0 \text{ N}$

- Gaya Tarik Ultimit Baja

$C_s = 155320,0 \text{ N}$

- Momen Kapasitas Ultimit Penampang Komposit

$M_u = 660,29 \text{ t.m}$

4. Perencanaan Gelagar Tepi Jembatan (Elastic Design)

Properties Penampang

Lebar efektif lantai beton (b)

$b = 148,0 \text{ cm}$

Modulus Rasio (n)

$n = E_s / E_c$

dimana :

$E_s = 2000000,0 \text{ Mpa}$

$E_c = 4700 (f'_c)^{0,5}$

$= 25332,1 \text{ Mpa}$

Maka :

$n = E_s / E_c$

$n = 7,895126 \rightarrow n = 9$

Lokasi Garis Netral Penampang Komposit

Asumsikan garis netral penampang komposit berada di daerah baja.

$y_c = [A_c (d/2) + A_s (d + t + h_s/2)] / [A_c + A_s]$

Dimana:

$A_c = (b/n) d$
 $= 328,88889 \text{ cm}^2$

Maka :

$y_c = [A_c (d/2) + A_s (d + t + h_s/2)] / [A_c + A_s]$

$y_c = 36,90642 \text{ cm}$

Karena $y_c > d$, berarti asumsi benar \rightarrow garis netral penampang komposit

$y_c = (d + t + h_s) - y_c$
 $= 73,09358 \text{ cm}$

$d_e = y_c - 0,5 d$
 $= 26,90642 \text{ cm}$

$d_s = y_s - 0,5 h_s$
 $= 33,09358 \text{ cm}$

Momen Inersia Total Penampang Komposit

$I_t = I_c + A_c d_c^2 + I_s + A_s d_s^2$

Dimana:

$I_c = 1/12 (b/n) d^3$
 $= 10962,96296 \text{ cm}^4$

$A_c d_c^2 = 238100,92055 \text{ cm}^4$

$$I_s = 292000,00000 \text{ cm}^4$$

$$A_s d_s^2 = 292852,45775 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$I_t = I_c + A_c d_c^2 + I_s + A_s d_s^2$$

$$I_t = 833916,34127 \text{ cm}^4$$

5. Tegangan Pada Penampang Komposit

Dengan Perancah

1. Momen Maksimum Pada Gelagar Jembata

a. Sebelum Komposit

$$M_1 = 0$$

$$= 0,00000 \text{ t.m}$$

b. Setelah Komposit

$$M_2 = 1/8 W_{DL} L^2$$

$$= 61,50541 \text{ t.m}$$

$$M_3 = 1/8 W_{SDL} L^2$$

$$= 16,61667 \text{ t.m}$$

$$M_4 = 1/8 q' L^2 + 1/4 p' L$$

$$= 100,71688 \text{ t.m}$$

2. Tegangan Pada Serat Atas Beton

$$f_{c-s} = f_{c-s1} + f_{c-s2} + f_{c-s3} + f_{c-s4}$$

dimana :

$$f_{c-s1} = 0,0$$

$$= 0,00000 \text{ Kg/cm}$$

$$f_{c-s2} = (M_2 y_e) / (n I_t)$$

$$= 30,24477 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{c-s3} = (M_3 y_e) / (n I_t)$$

$$= 6,69588 \text{ Kg.cm}^2$$

$$f_{c-s4} = (M_4 y_e) / (n I_t)$$

$$= 49,52668 \text{ Kg/cm}^2$$

Maka :

$$f_{c-s} = f_{c-s1} + f_{c-s2} + f_{c-s3} + f_{c-s4} < 0,45 f_c'$$

$$= 39,46733 \text{ Kg/cm}^2 < 130,95 \text{ Kg/cm}^2$$

b. Tegangan Pada Serat Bawah beton

$$f_{c-b} = f_{c-b1} + f_{c-b2} + f_{c-b3} + f_{c-b4}$$

dimana :

$$f_{c-b1} = 0,0$$

$$= 0,00000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{c-b2} = (M_2 (y_e - d)) / (n I_t)$$

$$= 13,85479 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{c-b3} = (M_3 (y_e - d)) / (n I_t)$$

$$= 3,06731 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{c-b4} = (M_4 (y_e - d)) / (n I_t)$$

$$= 22,68762 \text{ Kg/cm}^2$$

Maka :

$$f_{c-b} = f_{c-b1} + f_{c-b2} + f_{c-b3} + f_{c-b4} < 0,45 f_c'$$

$$= 39,60972 \text{ Kg/cm}^2 < 130,95 \text{ Kg/cm}^2$$

c. Tegangan Pada Serat Atas Baja

$$f_{s-a} = f_{s-a1} + f_{s-a2} + f_{s-a3} + f_{s-a4}$$

dimana :

$$f_{s-a1} = 0,0$$

$$= 0,00000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{s-a2} = (M_2 (h_s - y_s)) / I_t$$

$$= 50,93823 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{s-a3} = (M_3 (h_s - y_s)) / I_t$$

$$= 11,27720 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{s-a4} = (M_4 (h_s - y_s)) / I_t$$

$$= 83,41283 \text{ Kg/cm}^2$$

Maka :

$$f_{s-a} = f_{s-a1} + f_{s-a2} + f_{s-a3} + f_{s-a4} < f_y$$

$$= 145,62826 \text{ Kg/cm}^2 < 2600,00 \text{ Kg/cm}^2$$

d. Tegangan Pada Serat Bawah Baja

$$f_{s-b} = f_{s-b1} + f_{s-b2} + f_{s-b3} + f_{s-b4}$$

dimana :

$$f_{s-b1} = 0,0$$

$$= 0,00000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{s-b2} = (M_2 y_s) / I_t$$

$$= 539,10056 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{s-b3} = (M_3 y_s) / I_t$$

$$= 119,35141 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{s-b4} = (M_4 y_s) / I_t$$

$$= 882,79328 \text{ Kg/cm}^2$$

Maka :

$$f_{s-b} = f_{s-b1} + f_{s-b2} + f_{s-b3} + f_{s-b4} < f_y$$

$$= 1541,24555 \text{ Kg/cm}^2 < 2600,00 \text{ Kg/cm}^2$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hubungan kuat lentur yang didapatkan dari analisa elastis dan analisa *ultimate* dapat dipastikan aman. Namun secara efisiensi bila menggunakan analisa elastis lebih boros dibandingkan dengan analisa *ultimate*, karena jika menggunakan metode-metode tersebut maka hasil yang didapat oleh analisa elastis lebih besar daripada menggunakan metode *ultimate*.

2. Untuk faktor koreksi antara analisa elastis dan analisa *ultimate* terdapat pada tegangan yang terjadi pada setiap Penampangnya.

Tabel 11 Faktor Koreksi Analisa Ultimate dan Analisa Elastis

Sumber : Hasil Perhitungan Sendiri

No	Uraian	Gelagar Tengah		Gelagar Tepi	
		Elastis	Ultimate	Elastis	Ultimate
1	Lendutan (cm)	5,33	4,65	2,74	1,78
2	Tegangan Serat Atas Beton (kg/cm ²)	-	84,6755	-	86,4673
3	Tegangan Serat Bawah Beton (kg/cm ²)	-	38,7889	-	39,6097

4	Tegangan Atas (kg.cm ²)	Serat Baja	105,01	142,610	57,31	145,628
5	Tegangan Bawah (kg.cm ²)	Serat Baja	694,42	1509,30	379,00	1541,245

3. Dalam mengupayakan menggunakan metode *ultimate* di lapangan perlu dilakukan perhitungan seperti yang ada pada pembahasan sebelumnya yang kemudian dapat dilaksanakan di lapangan.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat diteliti gaya – gaya yang terjadi pada pier dan pondasi serta sambungan, agar dapat diketahui juga pengaruh yang terjadi pada struktur bagian bawah jembatan
2. Penggunaan perangkat lunak agar dianalisis sehingga meminimalisir kemungkinan *error* karena keterbatasan pengetahuan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Priyono, P. (1994). Diktat Kuliah Struktur Baja II (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002). Universitas Muhammadiyah Jember, Jember.
- Setiawan, A. (2013). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (berdasarkan SNI 02-1729-2002”, 2nded. Erlangga, Jakarta
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNI3. Perencanaan struktur baja jembatan. Jakarta (ID) : BSN
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNI T-02-2005. Pembebanan untuk jembatan. Jakarta (ID) : BSN
- [DPU] Departemen Perkerjaan Umum. 1992. Bridge Design Manual. Jakarta (ID). DPU
- SE Menteri Pekerjaan Umum, 2013. 08/SE/M/2013. Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Gelagar Baja Komposit dengan Sistem *Flens* Prategang untuk Jembatan
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional, 2016. SNI 1725 : 2016. Pembebanan Untuk Jembatan