

BAB III METODELOGI

3.1 Data Perencanaan Jembatan

1. Tipe jembatan : *Trough Arch Bridge*
2. Panjang bentang jembatan : 60 meter
3. Tinggi maksimum jembatan dari deck : 14 meter
4. Tinggi bebas jembatan : 6,67 meter
5. Lebar jembatan : 10 meter

Perencanaan struktur utama jembatan menggunakan material dengan spesifikasi pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Material Baja Struktur Utama
Spesifikasi Material Baja Struktur Utama yang Digunakan

Mutu Baja	BJ41
Tagangan Lelah (F_y)	250 MPa
Tegangan Putus (F_u)	410 MPa
Modulus Elastisitas (E)	200000 MPa
Modulus Geser (G)	78000 MPa
Angka Poisson	0,3

(Sumber: Setiawan, 2008)

3.2 Data Jembatan Model

Data perencanaan jembatan model berdasarkan panduan KJI XI Tahun 2021 sebagai berikut:

1. Tipe jembatan : *Through Arch Bridge*
2. Panjang jembatan : 2000 mm
3. Lebar jembatan : 400 mm
4. Tinggi mahkota busur : 500 mm
5. Profil baja : Hollow 20 x 20 x 1 BJ37
6. Jenis sambungan : Sambungan baut menggunakan pelat buhul (*gusset*)
7. Lendutan rencana : 0,727 mm

Berdasarkan panduan KJI XVI Tahun 2021 kategori jembatan pelengkung, beban pengujian menggunakan beban statis vertikal sebesar 25 kg yang diletakkan di tengah bentang secara bertahap setiap 5 kg dengan lendutan maksimum di tengah bentang sebesar 5 mm.

3.3 Data Rencana Beban Angin

Beban angin direncanakan terdistribusi secara merata dan horizontal terhadap permukaan yang terekspos oleh beban tersebut. Kecepatan beban angin diasumsikan sebesar 90-126 km/jam. Pada perencanaan jembatan ini, diasumsikan sebagai jembatan yang terletak di wilayah sub-urban, yaitu wilayah pinggiran kota. Berikut data rencana beban angin pada struktur atas Jembatan Enggang Gading.

1. Kecepatan gesekan angin (V_o) = 17,6 km/jam (sub urban – Tabel 2.9)
2. Panjang gesekan (Z_o) = 1000 mm (sub urban – Tabel 2.9)
3. Elevasi strutur (Z) = 20.000 mm (rencana/menentukan karena syarat $Z > 10000$ mm)
4. Kecepatan angin rencana (V_B) = 90 km/jam (direncanakan menggunakan nilai rata-rata kecepatan angin di pulau jawa tahun 2020-2023)
5. Kecepatan angin elevasi $10^3(V_{10})= 90$ km/jam (diasumsikan sama dengan V_B)

3.4 Data Rencana Camber

Camber biasa disebut dengan anti lendutan karena dibuat untuk melawan nilai lendutan yang melebihi nilai ijin akibat beban yang bekerja. Untuk data rencana terkait penambahan Camber pada gelagar melintang yaitu sebagai berikut.

Tinggi camber = 140 cm (Berdasarkan Tabel 2.18 – bentang jembatan 60m)

Jarak antar gelagar memanjang = 1,25 m

Namun, karena Camber diterapkan pada gelagar melintang yang panjangnya 10 m, maka dilakukan skala terhadap tinggi camber gelagar melintang yaitu sebagai berikut.

$$h_{camber maks} = \frac{10 m}{60 m} \times 140 cm$$

$$= 23,333 cm$$

$$h_{camber}(\%) = \frac{23,33 cm \times 10^{-2}m}{60 m} \times 100\%$$

$$= 3,89\%$$

Dari hasil di atas, dilanjutkan menentukan lendutan maksimum yaitu mengurangi nilai tinggi camber dengan nilai lendutan yang terjadi pada gelagar melintang. Serta hasil lendutan dari camber yaitu seperti berikut.

$$\begin{aligned}\delta_{maks} &= h_{camber maks} - \delta_{total} \\ &= 23,333 \text{ cm} - 43,41 \text{ mm} \\ &= 233,33 \text{ mm} - 43,41 \text{ mm} \\ &= 189,92 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{cb} &= h_{camber}(\%) \times \delta_{maks} \\ &= 3,89\% \times 189,92 \text{ mm} \\ &= 7,39 \text{ mm}\end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk menentukan nilai geometri kelengkungan camber, dapat menggunakan persamaan 2.5 geometri busur jembatan ($y_n = \frac{4 \cdot f \cdot x \cdot (L-x)}{L^2}$) dengan hasil rekapitulasi seperti Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Geometri Lengkung Camber

n	Jarak (x) mm	Tinggi Camber (f) mm	Panjang Gelagar (L) mm	Tinggi Geometri lengkung (y) mm
0	1250	233,33	10000	0.00
1	2500	233,33	10000	102.08
2	3750	233,33	10000	175.00
3	5000	233,33	10000	218.75
4	6250	233,33	10000	233.33
5	7500	233,33	10000	218.75
6	8750	233,33	10000	175.00
7	10000	233,33	10000	102.08
8	1250	233,33	10000	0.00

(Sumber: Penulis)

3.5 Peraturan Yang Digunakan

Pada perencanaan jebatan busur ini, menggunakan kombinasi peraturan dari beberapa literatur, yaitu:

1. SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan
2. SNI 1729:2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
3. AASHTO LRFD Bridge Design Specificatin, Sevent Edition
4. Panduan Kompetisi Jembatan Indonesia XVI Tahun 2021

3.6 Diagram Alir Perencanaan

Metode perencanaan jembatan busur disajikan pada diagram alir seperti Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan Jembatan Busur
(Sumber: penulis)

3.4.1 Studi Literatur

Pada studi literatur jembatan busur tipe *Through Arch Bridge*, dilakukan pengumpulan berbagai literatur yang bersumber dari jurnal, peraturan/code (asing & lokal), buku teori, serta sumber ilmiah lainnya untuk mendukung proses perencanaan.

3.4.2 Pengumpulan Data

Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya melakukan tahap pengumpulan data yang berkaitan dengan informasi, mulai dari dasar-dasar teori perencanaan jembatan, kriteria perencanaan, data teknis jembatan rencana, serta peraturan yang akan dijadikan pedoman pada proses perencanaan jembatan pelengkung ini.

3.4.3 Preliminary Design

Perencanaan awal dimensi jembatan busur tipe *Trough Arch Bridge* Enggang Gading, serta dimensi profil yang akan digunakan pada struktur jembatan busur. Pemilihan desain model yang terbaik dan sesuai dengan kriteria, dari jembatan model menjadi jembatan sebenarnya.

3.4.4 Pembebanan Struktur Atas

Pembebanan pada perencanaan Jembatan Enggang Gading, mengacu pada SNI 1725:2016 yang disajikan pada Tabel 3.3 berikut.

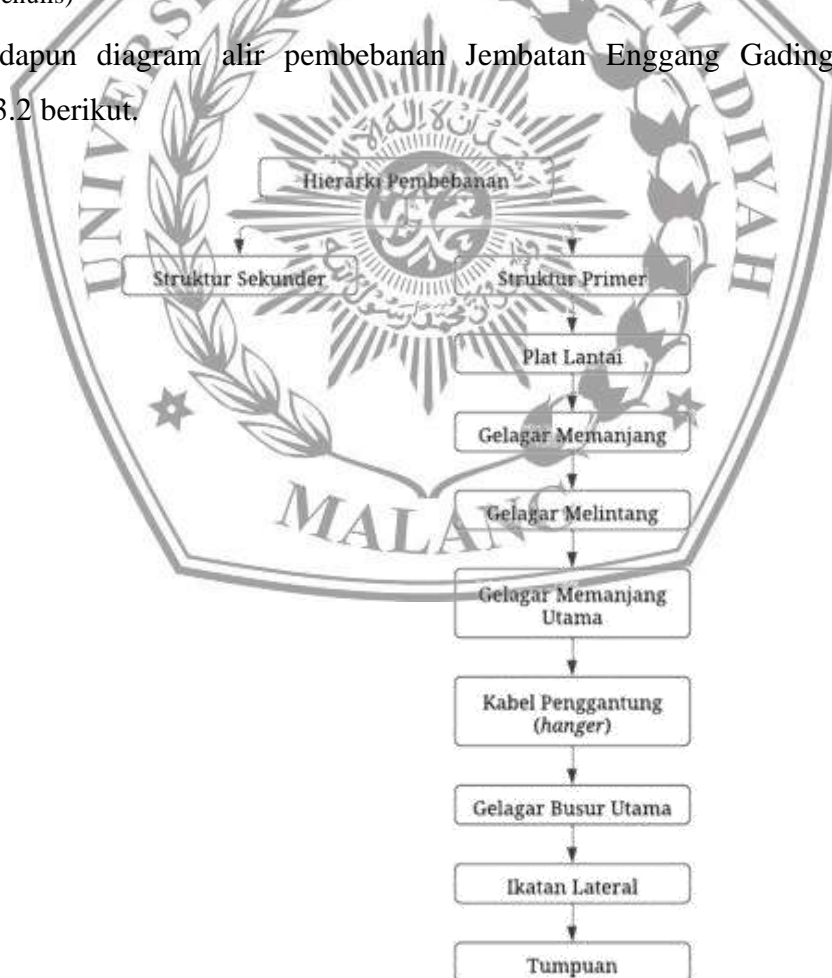
Tabel 3. 3 Perencanaan Pembebanan Jembatan Enggang Gading

Elemen	Klasifikasi Beban	Beban yang Bekerja
Tiang sandaran dan kerb	Beban permanen	Berat sendiri tiang sandaran dan kerb
	Beban aksi lainnya	Beban akibat tumbukan kendaraan
Trottoar	Beban permanen	Berat sendiri trottoar
	Beban lalu lintas	Beban pejalan kaki
Plat lantai kendaraan	Beban permanen	Berat sendiri pelat
		Beban tambahan berupa aspal/ <i>overlay</i>
	Beban lalu lintas	Beban trotoar berap kerb, tiang sandar dan pipa railing
Gelagar memanjang	Beban permanen	Beban truk T
		Berat sendiri profil memanjang
	Beban lalu lintas	Berat pelat lantai kendaraan
Gelagar melintang	Beban permanen	Beban mati tambahan berupa aspal/ <i>overlay</i>
		Beban dibagi rata (BTR)
	Beban lalu lintas	Beban garis terpusat (BGT)
Gelagar melintang	Beban permanen	Berat sendiri profil gelagar melintang
		Berat dari gelagar memanjang
		Berat pelat lantai kendaraan

		Beban mati tambahan berupa aspal/ <i>overlay</i> Beban trotoar berupa kerb, tiang sandaran dan pipa railing
	Beban lalu lintas	Beban terbagi rat (BTR) Beban garis terpusat (BGT)
Ikatan lateral/ikatan angin (<i>wind bracing</i>)	Beban aksi lingkungan	Beban angin
<i>Hanger</i> /kabel penggantung	Beban yang bekerja adalah reaksi dari gelagar melintang	
		Berat sendiri profil balok lengkung
		Berat dari gelagar memanjang dan melintang
		Berat pelat lantai kendaraan
Gelagar busur/ balok lengkung	Beban permanen	Beban mati tambahan berupa beban aspal/ <i>overlay</i> Beban terbagi rata (BTR) Beban garis terpusat (BGT) Beban trotoar berupa kerb, tiang sandaran dan pipa railing
Bearing/tumpuan	Beban yang bekerja adalah reaksi dan perpindahan pada tumpuan sesuai kombinasi pembebanan yang paling memungkinkan	

(Sumber: penulis)

Adapun diagram alir pembebanan Jembatan Enggang Gading seperti Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembebanan Jembatan Enggang Gading
(Sumber: penulis)

3.4.5 Permodelan dan Analisa Struktur

Pada proses pengerjaan tugas akhir ini, studi kasus perencanaan jembatan yang semula berupa jembatan model dengan bentang 2000 mm menggunakan material BJ37. Kemudian, dari jembatan model tersebut direncanakan ulang menjadi jembatan sebenarnya menggunakan tipe jembatan yang sama yaitu *through arch bridge* dengan bentang 60 meter.

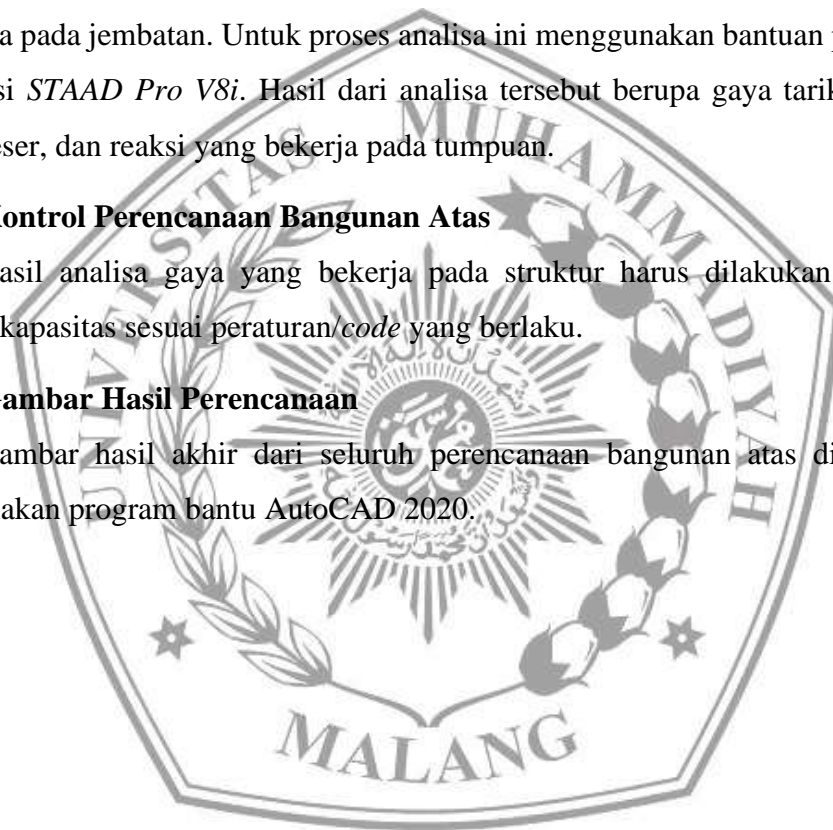
Analisa struktur yang dilakukan yaitu untuk memperoleh nilai gaya dalam yang bekerja, kemudian digunakan untuk merancang elemen dan sambungan profil baja pada jembatan. Untuk proses analisa ini menggunakan bantuan program komputasi *STAAD Pro V8i*. Hasil dari analisa tersebut berupa gaya tarik, tekan, lentur, geser, dan reaksi yang bekerja pada tumpuan.

3.4.6 Kontrol Perencanaan Bangunan Atas

Hasil analisa gaya yang bekerja pada struktur harus dilakukan kontrol terhadap kapasitas sesuai peraturan/*code* yang berlaku.

3.4.7 Gambar Hasil Perencanaan

Gambar hasil akhir dari seluruh perencanaan bangunan atas dilakukan menggunakan program bantu AutoCAD 2020.





Gambar 3. 3 Tampak Samping Rencana Jembatan Enggang Gading
(Sumber: penulis)