

Perencanaan Jembatan Leho Kawasan Pesisir Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau, dengan Struktur Jembatan Pelengkung (*Arch Bridge*).

Adhyta Narendra Wanarno¹, Alfred Nobel Pakpahan¹, Dr. Ir. Sri Tudjono, MS.², Dr. Ir. Nuroji, MT.³

1) Teknik Sipil UNDIP, 2) Dosen Pembimbing I, 3) Dosen Pembimbing II

Email : rendra.narendra@gmail.com alfredpakpahan@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan Jembatan Leho di Kawasan Pesisir Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau ini didasarkan akan kebutuhan suatu prasarana transportasi yang menghubungkan kawasan Kota Lama dengan Bandara Sei Bati. Struktur Jembatan direncanakan menggunakan struktur Jembatan Lengkung dengan pertimbangan bahwa jembatan ini juga berfungsi sebagai bangunan yang monumental. Berdasarkan hasil analisis kapasitas jalan, maka lebar jembatan direncanakan sebesar 9,00 m dengan tipe 2/2 UD dimana lebar perkerasannya adalah 7,00 m dan lebar masing-masing trotoar adalah 1,00 m. Kemudian panjang jembatan ditentukan sebesar 60,00 m berdasarkan geometri teluk dan lalu lintas perahu di bawah jembatan. Tinggi kebebasan bawah jembatan dipengaruhi muka air laut tertinggi dan tinggi perahu dimana padakusus ini diambil sebesar 11,00 m. Melalui perencanaan dan perhitungan dengan metode *Load and Resistance Factor Design* didapatkan penampang untuk batang pelengkung yaitu profil baja kotak tersusun dengan ukuran 900.900.40.40 dengan tegangan leleh 290 MPa. Sedangkan pada balok utama menggunakan profil baja kotak tersusun 900.400.30.30 dengan tegangan leleh 290 MPa. Sistem pondasi direncanakan dengan menggunakan kelompok tiang pancang berdiameter 60 cm sejumlah 24 tiang pada masing-masing abutmen.

Kata kunci : Leho, Jembatan Lengkung, Struktur, Baja.

ABSTRACT

The Design of Leho Bridge in Karimun Coastal Area, Riau Islands, based on the needs of a transportation infrastructure that connecting the Old Town Area with Sei Bati Airport. This Bridge Structure is designed by using an Arch Bridge Structure considering that it's function also as a monumental building. Based on the results of highway capacity analysis, the bridge's width designed as 9,00 m with 2/2 UD type which the pavement is 7,00 m width and each of the pedestrians are 1,00 m width. Then the bridge's span is determined as 60,00 m, based on the gulf's geometry and the boat's traffic under the bridge. The Clearance below the bridge is affected by the highest water level and the boat's height which on this case is taken as 11,00 m. Through the design and the calculation with Load and Resistance Factor Design's method we found the section of the arch rib is a box formed steel profile which size is 900.900.40.40 with the yield stress is 290 MPa. While the main beam using a box formed steel profile which size is 900.400.30.30 with the yield stress is 290 MPa. The foundation system is designed by using a group of sheet piles which the diameter is 60 cm as much as 24 piles on each abutments.

Keywords : Leho, Arch Bridge, Structure, Steel.

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu prasarana transportasi darat yang dapat dilalui oleh kendaraan atau pejalan kaki untuk melintasi medan yang sulit seperti sungai, danau, jalan raya, jalan kereta api, dan sebagainya. Pada masa ini fungsi jembatan telah mengalami perkembangan, tidak hanya sebagai struktur penghubung antara ruas jalan, tetapi juga sebagai suatu bangunan monumental yang menjadi kebanggaan atau ciri khas pada daerah itu.

2. PERMASALAHAN

Kabupaten Karimun merupakan wilayah berkembang yang sangat berpotensi sebagai jalur masuk perdagangan, distribusi barang dan jasa, serta

tempat transit untuk menuju kawasan lainnya di Kepulauan Riau sehingga adanya prasarana transportasi menjadi hal yang sangat dibutuhkan. Meskipun volume lalu-lintas pada jalan eksisting masih jauh dari derajat kejenuhan tetapi diharapkan melalui proyek pekerjaan jalan dan jembatan ini pemerintah daerah dapat meningkatkan nilai keindahan yang menjadi daya tarik pariwisata.

Jembatan Leho yang direncanakan terletak di Leho, Kecamatan Tebing, Kabupaten Karimun. Jembatan Leho direncanakan untuk dibangun di sebuah teluk yang sering disinggahi oleh perahu-perahu nelayan lokal. Oleh karena itu jembatan tersebut harus memiliki panjang dan tinggi yang cukup untuk dapat dilewati oleh perahu di bawahnya. Analisis geometri jembatan ini dibuat dengan

mempertimbangkan hal tersebut dimana panjang jembatan dipengaruhi oleh lebar perahu dan volume lalu lintas kapal sedangkan tinggi bebas bawah jembatan dipengaruhi oleh muka air laut tertinggi dan tinggi maksimal perahu yang melewati bawah jembatan.

Material struktur yang digunakan pada jembatan ini adalah baja, padahal seperti yang kita ketahui baja sangat rawan terhadap korosi, terutama pada daerah pesisir pantai. Oleh karena itu perencanaan jembatan ini juga harus mempertimbangkan perawatan struktur jembatan, oleh karena jembatan ini direncanakan untuk umur rencana yang cukup panjang.

3. METODOLOGI

Jembatan yang direncanakan ini diharapkan dapat memiliki nilai keindahan (estetika) yang menjadi daya tarik pariwisata. Oleh karena itu maka struktur jembatan pelengkung dipilih dengan mempertimbangkan aspek keindahan jembatan lengkung sebagai *landmark* atau ciri khas daerah tersebut.

Pada perencanaan jembatan ini mula-mula akan dilakukan analisis geometri jembatan untuk menentukan panjang, lebar, dan tinggi jembatan, kemudian perhitungan konstruksi jembatan dilakukan dengan metode *Load and Resistance Factor Design*. Perhitungan konstruksi meliputi perhitungan pembebanan, perhitungan struktur atas dan perhitungan struktur bawah. Hasil akhir dari perhitungan ini adalah dimensi dari elemen struktur yang akan digunakan pada jembatan.

4. ANALISIS GEOMETRI JEMBATAN

4.1. Perencanaan Lebar Jembatan

Lebar efektif jembatan sangat dipengaruhi oleh besarnya volume lalu-lintas yang ada. Perbandingan volume lalu lintas yang melewati jalur jalan tersebut akan menjadi dasar perancangan geometri jalan dan lebar rencana jembatan. Kinerja lalu lintas diukur berdasarkan perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalannya atau derajat jenuh (*degree of saturation*).

Penentuan lebar lajur kendaraan untuk jembatan ini mengacu pada buku “Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13/1970”. Penentuan lebar lajur lalu lintas dapat dilihat dalam *tabell*. Pada Jembatan ini lebar lajur yang dipakai sebesar 3,50 m.

Tabel 1. Penentuan Lebar Lajur Lalu lintas

KelasPerencanaan	LebarLajur (m)
Kelas I	3,75
Kelas II	3,5
Kelas III	3,0

Jumlah lajur ditentukan oleh perbandingan kapasitas standar dan volume lalu lintas rencana. Analisa kapasitas dengan menggunakan standar perencanaan MKJI 1997 untuk jalan luar kota, kapasitas ditentukan dengan rumus:

$$C = C_0 \times F_{cw} \times F_{CSP} \times F_{CSF} \text{ (smp/hari)} \quad (1)$$

Dimana :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C₀ = Kapasitas Dasar (smp/jam)
- F_{cw} = Faktor penyesuaian akibat lebar lajur
- F_{csp} = Faktor penyesuaian akibat pemisah arah
- F_{csf} = Faktor akibat hambatan samping

Diketahui:

- C₀ = 3100 smp/jam (type 2/2 UD, medan datar)
 - F_{cw} = 1,00 (lebar lajur 3,5 m)
 - F_{csp} = 1,00 (pemisahan arah 50%-50%)
 - F_{csf} = 0,95 (hambatan samping rendah)
 - C = 3100 x 1.00 x 1.00 x 0.95 = 2945 smp/jam
- Besarnya Volume Lalu-lintas Harian Rerata untuk tahun 2015 dengantotal LHRT = 6741,98 smp/hr/2arahditunjukkan pada *tabel 2*.

Tabel 2. Volume LHR tahun 2015

Gol.	vol. Th 2013 (smp/hr/2arah)	(1 + 0,06) ²	vol. Th 2015 (smp/hr/2arah)
2	2870,494	1,1236	3225,287
3	2124,165	1,1236	2386,712
4	341,2475	1,1236	383,4257
5	52,1908	1,1236	58,64158
6a	307,7919	1,1236	345,835
6b	0	1,1236	0
6	297,7552	1,1236	334,5577
7	6,691128	1,1236	7,518151
7a	0	1,1236	0
7b	0	1,1236	0

Besarnya arus lalu-lintas pada jam rencana dapat ditentukan dengan rumus:

$$QDH_{2015} = k \times LHRT_{2015} \quad (2)$$

Dimana :

- QDH = Arus lalu-lintas jam rencana
- k = Rasio antara arus jam rencana dan LHRT;
- k = 0,11 (MKJI 1997 hal 6-43)
- LHRT = Lalu-lintas harian rata-rata tahunan (kend/hari) untuk tahun penelitian/kejadian.

$$QDH_{2015} = 0,11 \times 6741,98 = 741,6178$$

Kemudian besarnya derajat kejenuhan (DS) dapat ditentukan dengan rumus:

$$DS = \frac{QDH}{C} \quad (3)$$

$$DS = \frac{741,6178}{2945} = 0,252$$

Dari hasil perhitungan nilai parameter tingkat kinerja jalan di atas, besarnya DS memenuhi persyaratan (DS ideal adalah $\leq 0,75$) maka kondisi jalan dengan tipe 2/2 UD layak dipergunakan.

Maka perencanaan lebar jembatan:

$$\begin{aligned} \text{Lebar lajur} &= 2 \times 3,50 \text{ m} = 7,0 \text{ m} \\ \text{Lebar Bahu jalan} &= 2 \times 1,00 \text{ m} = 2,0 \text{ m} \\ \text{Lebar jembatan} &= 9,0 \text{ m} \end{aligned}$$

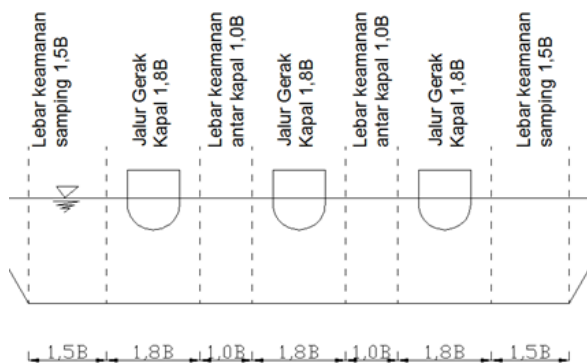
4.2. Perencanaan Panjang Bentang Jembatan

Perencanaan panjang jembatan leho sangat dipengaruhi oleh lalu-lintas perahu dan lebar perahu yang melewati bawah jembatan. Adapun dimensi perahu nelayan yang melintas di bawah jembatan ditunjukkan pada *tabel 3*.

Tabel 3. Dimensi perahu nelayan

Lebar	5,00 m
Panjang	9,00 m
Tinggi	4,50 m

Apabila bawah jembatan direncanakan dapat dilintasi oleh 3 kapal sekaligus maka lebar alur pelayaran dapat dilihat pada *gambar 1*.



Gambar 1. Rencana alur pelayaran

Maka bentang jembatan dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Bentang} &= (1,5B \times 2) + (1,8B \times 3) + (1,0B \times 2) = 10,4B \\ &= 10,4 \times 5\text{m} = 52\text{m} \approx 60\text{m} \end{aligned}$$

Jadi bentang jembatan diambil sebesar 60 m.

4.3. Perencanaan Tinggi Bebas Jembatan

Tinggi bebas jembatan ini dipengaruhi oleh muka air laut pasang tertinggi, tinggi perahu yang melalui bawah kapal, serta di tambahkan dengan tinggi jagaan. Muka air laut tertinggi yang tercatat pada daerah lokasi jembatan adalah 3,90 m. Tinggi draf kapal nelayan yang biasa melintas diambil yang tertinggi berdasarkan data kapal sekitar 4,50 m. Tinggi kebebasanjagaandiambil 2,50 m.

Maka tinggi bebas jembatan dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Tinggi bebas} = \text{HWL} + \text{tinggi kapal} + \text{tinggi jagaan}$$

$$= 3,9 \text{ m} + 4,5 \text{ m} + 2,5\text{m} = 10,90 \text{ m}$$

Sehinggatinggi bebasdibawah jembatan diambil sebesar 11 m.

5. PERHITUNGAN KONTRUKSI

5.1. Perhitungan Pembebanan

Berdasarkan RSNI T-02 2005 pembebanan pada jembatan terdiri dari: Beban berat sendiri (beban mati), beban mati tambahan, beban truk "T", beban lajur "D", beban akibat Gaya rem, beban pejalan kaki, dan beban angin.

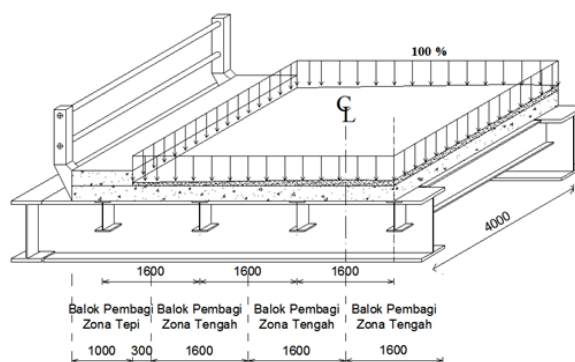
Berat jenis material untuk Beban Mati menurut RSNI T-02 2005 dikalikan faktor beban yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Beton bertulang} &= 2600 \times 1,0 \text{ kg/m}^3 = 2,6 \text{ T/m}^3 \\ \text{Beton aspal} &= 2240 \times 1,0 \text{ kg/m}^3 = 2,24 \text{ T/m}^3 \\ \text{Baja} &= 7850 \times 1,0 \text{ kg/m}^3 = 7,85 \text{ T/m}^3 \end{aligned}$$

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari.

Untuk perhitunganlantai kendaraan jembatan harus digunakan beban "T", yaitu beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load) sebesar 500 kN. Faktor Beban Dinamis (FBD) untuk pembebanan truk "T" diambil 30%.

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). BTR diasumsikan bekerja sebesar 100% pada seluruh permukaan perkerasan jembatan seperti yang ditunjukkan pada *gambar 2*.



Gambar 2. Skema pembebanan BTR pada permukaan perkerasan jembatan.

Besarnya BTR untuk bentang < 30 meter, adalah $q = 9,0 \text{ kPa}$ sedangkan pada bentang > 30 meter, besarnya BTR ditentukan dengan rumus:

$$q = 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \quad (4)$$

Beban garis "BGT" ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya BGT adalah $p = 49 \text{ kN/m} = 4,90 \text{ T/m}$. Faktor kejut

(FBD) untuk beban “D” pada bentang jembatan sebesar 60,00 madalah 37,5%.

Beban akibat gaya rem bekerja horisontal di arah memanjang jembatan akibat gaya rem dan traksi. Besarnya beban rem ditentukan dengan rumus:

$$\text{Beban rem} = 5\% \times \text{beban "D"} \times 1,8 \text{ (kN)} \quad (5)$$

Sehingga diperoleh beban akibat gaya rem sebesar 146 kN.

Beban angin bekerja horisontal pada arah tegak lurus penampang samping jembatan. Berdasarkan RSNI T-02 2005, Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin ditentukan dengan rumus berikut:

$$T_{ew} = 0.0006 C_w (V_w^2) A_b \text{ (kN)} \quad (6)$$

dimana:

V_w = kecepatan angin rencana

C_w = koefisien seret

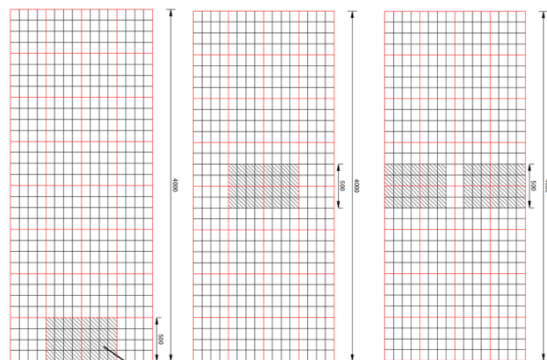
A_b = luas koefisien bagian samping jembatan

Sehingga diperoleh beban angin sebesar $T_{ew} = 86,03 \text{ kN} = 8,603 \text{ T}$, dan besarnya T_{ew} persatuan luas adalah $0,882 \text{ kN/m}^2$.

5.2. Perhitungan Struktur Atas

Perhitungan struktur atas mencakup perhitungan pelat lantai, balok pembagi (*stringer*), balok melintang (*cross girder*), balok utama (*main beam*), penggantung (*hanger*), rusuk pelengkung (*arch rib*), ikatan angin atas, dan ikatan angin bawah.

Perhitungan pelat lantai dilakukan dengan membuat pemodelan segmen pelat lantai yang dibebani beban roda truk (beban “T”) dengan beberapa variasi perletakan untuk mendapatkan gaya dalam yang maksimum seperti yang ditunjukkan pada *gambar 3*.

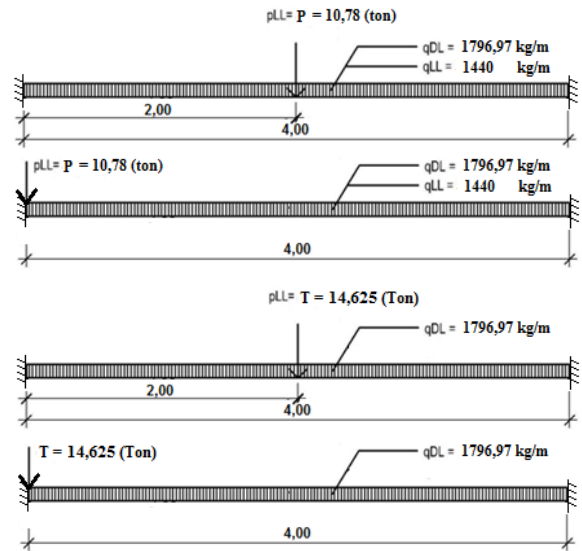


Gambar 3. Variasi perletakan beban pada segmen pelat lantai.

Setelah diperoleh gaya dalam maksimum berupa momen dan gaya geser, kemudian didapatkan besarnya tulangan dan jarak antar tulangan untuk pelat lantai pada arah memanjang dan melintang.

Perhitungan balok pembagi (*stringer*) dilakukan dengan menentukan beban yang bekerja pada balok pembagi tengah dan balok pembagi tepi. Model pembebanan pada balok pembagi dilakukan sebanyak empat variasi seperti ditunjukkan pada

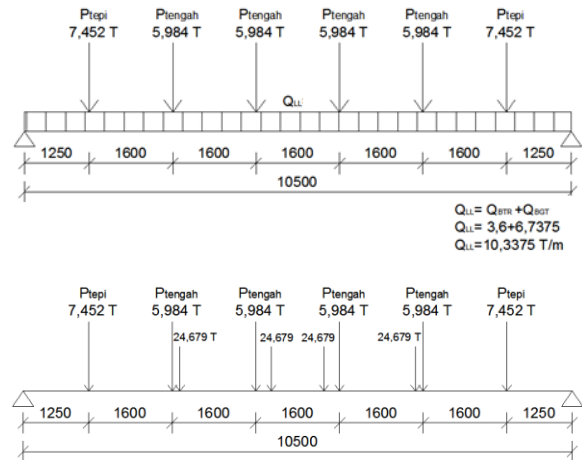
gambar 4 yaitu beban mati + beban hidup “D” dengan posisi BGT di tengah bentang dan di tumpuan selain itu beban mati + beban “T” dengan posisi beban “T” di tengah bentang dan di tumpuan.



Gambar 4. Variasi model pembebanan pada balok pembagi (*stringer*).

Setelah membuat model pembebanan pada balok pembagi, kemudian dicari gaya dalamnya untuk mendapatkan gaya Momen dan gaya lintang maksimum. Pendimensian balok pembagi dilakukan dengan mengontrol kapasitas penampang terhadap kapasitas lentur, kapasitas geser dan interaksi gaya geser dengan lentur untuk memastikan kekuatan penampang tersebut.

Perhitungan balok melintang (*cross girder*) dilakukan secara perhitungan balok komposit dengan asumsi gaya geser tersalurkan dengan shear connector. Model pembebanan pada balok melintang dilakukan sebanyak dua variasi seperti ditunjukkan pada *gambar 5* yaitu beban mati + beban hidup “D” dan beban mati + beban “T”.

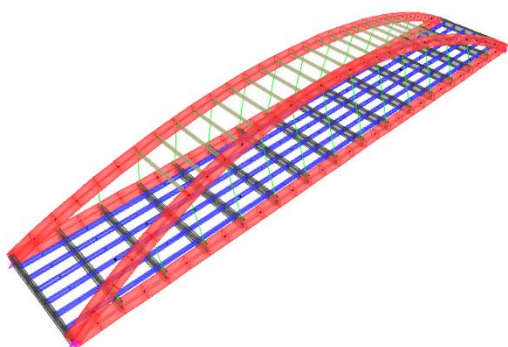


Gambar 5. Variasi model pembebanan pada balok melintang (*cross girder*).

Setelah gaya dalam berupa momen maksimum diperoleh kemudian dilakukan kontrol kapasitas

penampang terhadap kapasitas lentur dengan perhitungan komposit.

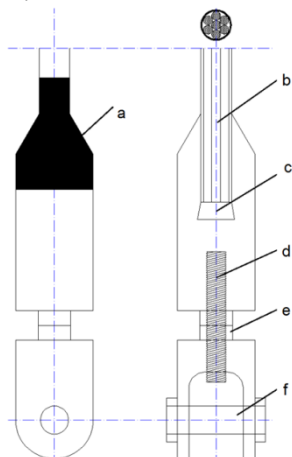
Pembebanan struktur utama dilakukan secara menyeluruh pada kesatuan pemodelan struktur utama (*main structure*) yang terdiri atas balok memanjang, penggantung, rusuk pelengkung, ikatan angin atas dan ikatan angin bawah seperti ditunjukkan pada **gambar 6**. Seluruh kesatuan model tersebut di analisis gaya dalamnya terhadap beban yang bekerja dengan menggunakan program SAP2000. Setelah analisis dilakukan maka akan diperoleh besaran gaya dalam pada masing-masing elemen struktur tersebut berupa gaya lintang, gaya momen, dan gaya aksial.



Gambar 6. Pemodelan Struktur Utama dengan program SAP2000

Pendimensian balok memanjang utama (*main beam*) dilakukan dengan mengontrol kapasitas penampang terhadap kapasitas lentur, kapasitas geser, interaksi gaya geser dan lentur serta dengan mengontrol kapasitas gaya aksial tarik karena balok memanjang utama juga mengalami gaya aksial tarik sebagai salah satu gaya yang dominan.

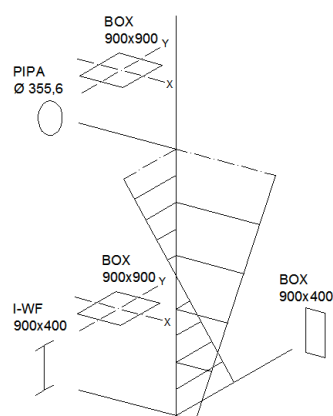
Pendimensian penggantung (*hanger*) dilakukan dengan mengontrol kapasitas hanger terhadap kapasitas gaya aksial tarik. Selain itu konstruksi sambungan penggantung juga harus dikontrol terhadap kuat geser pin, kontrol kuat tumpu pin, kontrol kuat tarik pelat buhul penggantung dengan kondisi fraktur pada penampang efektif. Mekanisme sambungan penggantung dapat dilihat pada **gambar 7**.



Gambar 7 Mekanisme sambungan penggantung.

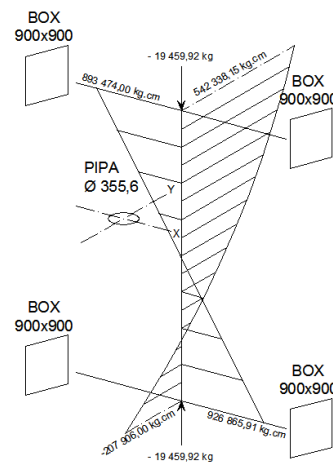
Pendimensian struktur rusuk pelengkung (*arch rib*) dilakukan dengan mengontrol kapasitas penampang terhadap kapasitas lentur dan kapasitas tahanan aksial tekan karena gaya dominan yang bekerja pada *arch rib* adalah gaya tekan. Kemudian di kontrol juga dengan rumus interaksi gaya lentur dan gaya aksial tekan.

Selain itu rusuk pelengkung juga dikontrol terhadap kapasitas tekuknya dimana *archrib* dianggap sebagai kolom dan *hanger* dianggap tidak memberikan kontribusi pemegangan, maka ikatan angin atas dianggap sebagai balok diatas kolom sedangkan *cross girder* dan balok utama dianggap sebagai balok dibawah kolom. Pemodelan struktur kolom tersebut ditunjukkan seperti pada **gambar 8**.



Gambar 8 Pemodelan rusuk pelengkung (*arch rib*) sebagai struktur kolom

Pendimensian ikatan angin atas dilakukan dengan metode yang serupa dengan pendimensian *arch rib* sebelumnya. Untuk kontrol penampang terhadap kapasitas tekuk, maka ikatan angin atas dianggap sebagai kolom dan *hanger* dianggap tidak memberikan kontribusi pemegangan, maka rusuk pelengkung (*arcg rib*) dianggap sebagai balok diatas kolom dan balok dibawah kolom. Permodelan struktur kolom tersebut ditunjukkan seperti pada **gambar 9**.



Gambar 9 Pemodelan ikatan angin atas sebagai struktur kolom.

Pendimensian ikatan angin bawah dilakukan dengan mengontrol kelangsingan penampang serta dengan mengontrol kapasitas gaya aksial tarik karena ikatan angin bawah diasumsikan hanya berfungsi untuk menahan gaya aksial tarik sebagai gaya yang dominan.

5.3. Perhitungan Struktur Bawah.

Perhitungan struktur bawah mencakup perhitungan pelat injak, perhitungan abutmen, dan perhitungan pondasi tiang pancang.

Perhitungan pelat injak dilakukan dengan menganalisa beban yang bekerja untuk mengetahui gaya dalam yang bekerja pada pelat injak. Untuk analisis beban tersebut dibuat pemodelan struktur dengan tumpuan pegas seperti pada *gambar 10*.



Gambar 10. Pemodelan struktur pelat injak dengan tumpuan pegas.

Perhitungan abutmen dilakukan dengan menentukan seluruh beban yang bekerja pada abutmen pada arah vertikal dan arah horisontal baik ke arah memanjang sumbu jembatan maupun kearah tegak lurus terhadap sumbu jembatan.

Setelah itu abutmen dikontrol terhadap eksentrisitas pada dasar abutmen. Hal ini bertujuan untuk menghindari perbedaan penurunan yang tidak seragam maka diusahakan agar seluruh permukaan dasar abutmen hanya menerima gaya tekan saja.

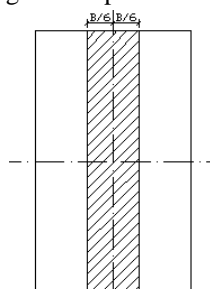
Untuk mencapai hal ini maka resultan gaya yang bekerja harus terletak di daerah inti (*core zone*) seperti pada *gambar 11* dengan syarat eksentrisitas ditentukan dengan rumus berikut:

$$(e) = \frac{\sum MV + \sum MH}{\sum V} \leq \frac{B}{6} \tag{7}$$

Dimana:

- $\sum MV$ = jumlah momen* akibat gaya-gaya vertikal
- $\sum MH$ = jumlah momen* akibat gaya-gaya horisontal
- $\sum V$ = jumlah gaya-gaya horisontal
- B = lebar abutmen

* momen dihitung terhadap titik berat O.



Gambar 11. Lokasi Daerah inti (*core zone*) pada dasar abutmen

Pendimensian tulangan dan jarak antar tulangan pada bagian-bagian abutmen seperti pada badan abutmen, pelat pemisah, dan konsol penyanggah, maka dilakukan kontrol momen terhadap titik acuan pada lokasi tulangan tersebut.

Perhitungan pondasi tiang pancang di awali dengan perhitungan pembebanan yang akan dipikul oleh satu tiang pancang. Besarnya beban maksimum dan minimum yang dipikul oleh tiang pancang ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{P_{max}}{min} = \frac{PV}{n} \pm \frac{My * X_{max}}{ny * \sum X^2} \pm \frac{M_x * Y_{max}}{nx * \sum Y^2} \tag{8}$$

Dimana:

- P_{max} = Bebanmaksimum yang diterimatiangpancang
- PV = Bebanvertikal (normal)
- My = Momenrotasiterhadapsumbu Y
- M_x = Momenrotasiterhadapsumbu X
- X_{max} = jarakterjauhtiangkesumbu Y
- Y_{max} = jarakterjauhtiangkesumbu X
- n = jumlahseluruhpondasitiangpancang
- ny = jumlahpondasitiangsepanjangsumbu Y
- nx = jumlahpondasitiangsepanjangsumbu X
- $\sum X^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang kesumbu Y
- $\sum Y^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang kesumbu X

Setelah beban max/min didapatkan maka selanjutnya dikontrol terhadap kekuatan daya dukung tiang individu. Tinjauan spesifikasi daya dukung tiang pancang individu dihitung berdasarkan kekuatan bahan tiang dan berdasarkan data sondir dengan metode Boegeymen. Kemudian dari kedua metode tersenut dipilih daya dukung yang terkecil sebagai faktor keamanan.

Pondasi tiang pancang juga harus dikontrol terhadap kekuatan daya dukung tiang pancang dalam kelompok. Besarnya daya dukung satu tiang pancang dalam kelompok yaitu daya dukung tiang individu dikalikan dengan efisiensi. Besarnya efisiensi tiang pancang dalam kelompok ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$E = 1 - \left(\frac{\phi}{90}\right) \times \left(\frac{(n - 1) * m + (m - 1) * n}{m * n}\right) \tag{9}$$

dimana:

- ϕ = tan-1 D/S
- D = diameter tiangpancang
- S = jarak antara tiang pancang
- n = jumlah tiang dalam baris x
- m = jumlah tiang dalam lajur y

Langkah berikutnya adalah pengecekan kapasitas tiang pancang terhadap gaya horisontal. Pengontrolan tiang pancang terhadap gaya horisontal dilakukan dengan dua metode yaitu pengecekan terhadap daya dukung tiang dan pengecekan dengan menggunakan grafik Brooms.

6. PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah dihasilkan sebuah desain jembatan di Teluk Leho, kawasan pesisir Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau, dengan struktur jembatan lengkung (*Arch Bridge*). Desain jembatan ini dibuat dengan metode *Load and Resistance Factor Design*. Pendimensian elemen struktur dilakukan dengan menganalisis beban yang bekerja pada model struktur dengan menggunakan program *SAP2000* untuk mendapatkan gaya dalam. Kemudian penampang yang direncanakan di kontrol terhadap kapasitas penampang dengan gaya-gaya dalam yang terjadi.

Jembatan lengkung memiliki nilai estetika yang lebih dibandingkan dengan struktur jembatan rangka biasa ataupun jembatan balok bentang panjang. Namun aplikasi dari jembatan tipe lengkung di Indonesia belum banyak. Selain itu desain struktur jembatan lengkung dan jurnal yang membahas perihal tentang jembatan lengkung juga masih sedikit. Desain yang telah dibuat ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi perencana struktur ataupun bagi mahasiswa yang sedang dalam proses tugas akhir untuk membuat desain jembatan khususnya jembatan dengan struktur jembatan lengkung.

6.2. Saran

Indonesia memiliki medan geografi dengan kondisi yang beragam. Hal ini membuat para perencana konstruksi sipil khususnya dibidang transportasi harus cerdas dalam mensiasatinya. Jembatan adalah salah satu solusi untuk memecahkan persoalan tersebut. Akan tetapi struktur jembatan yang dibuat oleh perencana juga harus memperhatikan segi keindahan atau estetika karena jembatan adalah bangunan yang direncanakan dengan masa umur rencana yang panjang. Oleh karena itu perencana diharapkan kreatif dalam menciptakan sebuah desain jembatan, sehingga selain memiliki nilai fungsional dan kekuatan struktural, desain jembatan tersebut juga mempertimbangkan aspek keindahan atau estetika seperti struktur jembatan lengkung.

Perencanaan struktur suatu jembatan terutama struktur jembatan lengkung memiliki banyak aspek dan variabel yang harus dijadikan pertimbangan dalam perhitungannya. Oleh karena itu perencana diharapkan untuk lebih cermat dan teliti dalam merencanakan struktur ini.

Jembatan yang direncanakan dengan struktur baja harus mempertimbangkan faktor perawatan, khususnya untuk jembatan pada lokasi pesisir pantai. Hal ini dikarenakan material baja sangat rentan terhadap bahaya korosi sehingga mempengaruhi kekuatan struktur jembatan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bridge Management System (BMS). 1992. "*Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (Bridge Design Code)*". Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Program Jalan. Jakarta.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. 2004. "*Peta Zona Gempa Indonesia sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Bangunan*".
- [3] Departemen Pekerjaan Umum. 2002. "*Standar Nasional Indonesia SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*". Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- [4] Departemen Pekerjaan Umum. 2005. "*Rancangan Standar Nasional Indonesia RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan Untuk Jembatan*". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum. 2005. "*Rancangan Standar Nasional Indonesia RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta
- [6] Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. "*Manual Kapasitas Jalan Indonesia*". Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [7] Gunawan, Rudi, Ir. 1988. "*Tabel Profil Konstruksi Baja*". Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- [8] ILT Learning. 2009. "*19 Aplikasi Rekayasa Konstruksi 2D dengan SAP2000*". PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- [9] Setiawan, Agus. 2008. "*Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*". PT Penerbit Erlangga. Jakarta.