

# MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALIBAMBANG KAB. BLITAR – KAB. MALANG MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA

Farid Rozaq Laksono, dan Djoko Irawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: djoko\_i@ce.its.ac.id

**Abstrak** — Secara umum, Jembatan Busur adalah jembatan yang mempunyai bentuk struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisi jembatan. Pada prinsipnya, konstruksi dari jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja. Desain lengkung akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju abutment.

Dalam Penyusunan Tugas Akhir ini, Jembatan kali bambang Malang – Blitar ini didesain ulang menggunakan jenis Jembatan Busur Rangka Baja dengan lantai kendaraan di tengah dengan panjang bentang 160 meter. Pada perencanaannya, di dapatkan tebal pelat lantai kendaraan 20 cm. Profil gelagar memanjang yang digunakan yaitu WF 450x200x8x12 serta profil gelagar melintang WF 800x300x26x28. Selanjutnya, tahap perhitungan konstruksi pemikul utama dan pemikul sekunder dilakukan dengan menghitung beban-beban yang bekerja sehingga didapatkan profil box untuk rangka utama jembatan. Selanjutnya, dilakukan analisa perhitungan bangunan bawah jembatan yang menghasilkan dimensi abutment 12x12x12 meter serta kebutuhan tiang pancang jembatan 42 buah. Pada akhir perhitungan, didapatkan hasil perhitungan erection rangka utama jembatan dengan metode kantilever setengah bentang. Hasil perhitungannya dituangkan dalam gambar teknik standar.

**Kata Kunci:** Jembatan Busur, Jembatan Busur Rangka Baja.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam era globalisasi ini, transportasi merupakan bagian penting dalam kehidupan bermasyarakat. Hampir seluruh aspek kehidupan masyarakat saat ini membutuhkan kegiatan transportasi. Secara umum, transportasi dapat diartikan sebagai kegiatan pemindahan manusia atau barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan kendaraan. Disamping itu, aspek utama yang menunjang proses transportasi itu sendiri adalah prasarana, yaitu jalan, jembatan, dan lain-lain.

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyebrangi suatu rintangan sungai, rel kereta api, ataupun jalan raya. Jembatan pun telah memiliki variasi bentuk desain, material, dan fungsi yang bermacam-macam. Dengan semakin meningkatnya mobilitas dan aktifitas manusia mendorong kemajuan dalam pembangunan infrastruktur jembatan.

Jembatan Kalibambang terletak di Wilayah kab. Malang kab Blitar, Jawa Timur. Jembatan ini merupakan salah satu akses utama transportasi dalam penghubung kab. Malang – kab. Blitar yang membentang untuk memotong jalan yang tadinya berkelok dan sulit untuk lebih mudah namun berada di atas sungai – sungai yang berada di sana.

Jembatan ini memiliki lebar lantai kendaraan 9 meter dengan panjang total 160 meter yang terbagi dalam 4 bentang dengan panjang 50,6 meter, 50,6 meter, 40,6 meter, dan 20,6 meter. Dengan semakin meningkatnya volume lalu lintas kendaraan dan melihat kondisi jalan yang berkelok sehingga dilakukan pembangunan jembatan beton pratekan namun kondisi yang ada kurang cocok untuk di terapkan.

Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan Jembatan menggunakan Busur Rangka Baja. Pada perencanaannya, Jembatan ini terdiri dari satu bentang busur rangka baja dengan bentang 162,5 meter. Dipilihnya Jembatan Busur Rangka Baja pada jembatan ini karena untuk bentang 60-500 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Busur Baja. Adapun pemberian bentuk busur itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar paralel (Victor, 1980). Selain itu dari segi arsitektural, Jembatan Busur memiliki nilai lebih dan dapat memberi kesan monumental karena masih belum banyak perencanaan jembatan di Indonesia yang menggunakan rangka busur.

Dengan adanya desain baru konstruksi Jembatan Kalibambang ini diharapkan mampu menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat secara struktural, baik terhadap beban gempa dan beban dinamis jembatan. Adapun untuk sistem busur yang dipakai selain lebih efisien dari segi material, juga diharapkan mampu memberikan nilai lebih dalam segi estetika dan kesan monumental.

### B. Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan modifikasi Jembatan Kali bambang dengan menggunakan busur rangka baja? Permasalahan utama tersebut kemudian dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Kalibambang ?
2. Bagaimana menganalisa pembebanan jembatan busur ?

3. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program SAP 2000 ?
4. Bagaimana merencanakan struktur bangunan atas pada jembatan Kalibambang ?
5. Bagaimana metode pelaksanaan dalam perencanaan busur Rangka baja
6. Bagaimana mengaplikasikan kedalam gambar teknik yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada jembatan

### C. Tujuan

Dalam tugas akhir ini, tujuan utama yang ingin dicapai adalah dapat merencanakan struktur Jembatan Kali bambang Kab. Malang – Kab . Blitar menggunakan busur rangka baja. Sedangkan untuk tujuan utama dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Dapat menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Kalibambang
2. Dapat menganalisa pembebanan jembatan busur.
3. Dapat memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000.
4. Dapat merencanakan bangunan atas jembatan Kalibambang yang sesuai.
5. Dapat merencanakan metode pelaksanaan dari konstruksi Jembatan Busur yang sesuai.
6. Dapat menuangkan hasil perancangan ke dalam bentuk gambar teknik yang sesuai dengan standar

### D. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini perlu difokuskan sehingga diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas analisa rencana anggaran biaya dan waktu
2. Tidak meninjau aspek arsitektural, *mechanical* dan *electrical*
3. Tidak merencanakan perkerasan dan desain jalan pendekat
4. Perencanaan ini hanya membahas struktural atas dan tidak membahas struktur bawah
5. Metode pelaksanaan hanya untuk *erection* rangka utama jembatan

### E. Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah dengan meningkatnya volume arus lalu lintas yang terus meningkat, jembatan yang baru ini dapat menampung dan melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang sesuai.

Dengan desain Jembatan Busur Kalibambang yang baru dan lebih ikonik, jembatan ini diharapkan dapat menjadi ikon baru bagi kab. Malang – kab. Blitar dan memberi kesan monumental.

Untuk dunia keteknik sipilan, dengan adanya desain baru Jembatan Kali Bambang ini diharapkan jembatan busur baja dapat menjadi inspirasi jembatan masa depan yang lebih modern.

Dan manfaat untuk penulis sendiri yaitu dapat meningkatkan pengetahuan dan *skill* dalam ilmu perencanaan jembatan, khususnya Jembatan Busur Rangka Baja.

### F. Data Perencanaan

Sebagai dasar dalam merencanakan struktur Jembatan Busur Rangka Baja ini diperlukan data-data perencanaan. Dari data-data perencanaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Umum

Menurut (Struyk dan Veen, 1984), Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang tidak sebidang dan berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya berupa jalan air (sungai) atau jalan lalu lintas biasa.

Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknik dan estetika-arsitekural yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis dan aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Dalam merencanakan sebuah jembatan terdapat beberapa pertimbangan dalam segi ekonomis maupun teknis yang disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Pada perkembangannya, berbagai macam dan bentuk serta material jembatan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi terkini.

### B. Definisi Jembatan Rangka Busur

Jembatan rangka busur adalah suatu struktur jembatan yang rangkanya menyerupai bentuk busur yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal dari bangunan atas yang bekerja. Berdasarkan posisi lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk dari jembatan busur yang umum dipakai, diantaranya:

#### Deck Arch

Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu – lintas secara langsung dan berada di bagian paling atas busur. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar

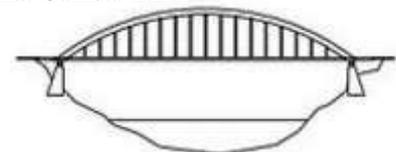
2.1



Gambar 2.1 Jembatan tipe "Deck Arch" (Syum, 2015)

Through Arch

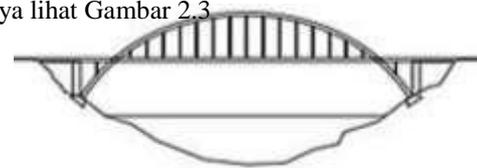
Merupakan jenis lainnya, dimana letak daripada lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.2



Gambar 2.2 Jembatan tipe "Through Arch" (Syum, 2015)

A Half – Through Arch

Merupakan salah satu jenis lainnya, dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah. Pada umumnya, jembatan busur banyak yang menggunakan tipe A Half – Through dan Through Arch untuk menghindari agar pangkal busurnya tidak terendam oleh air. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.3



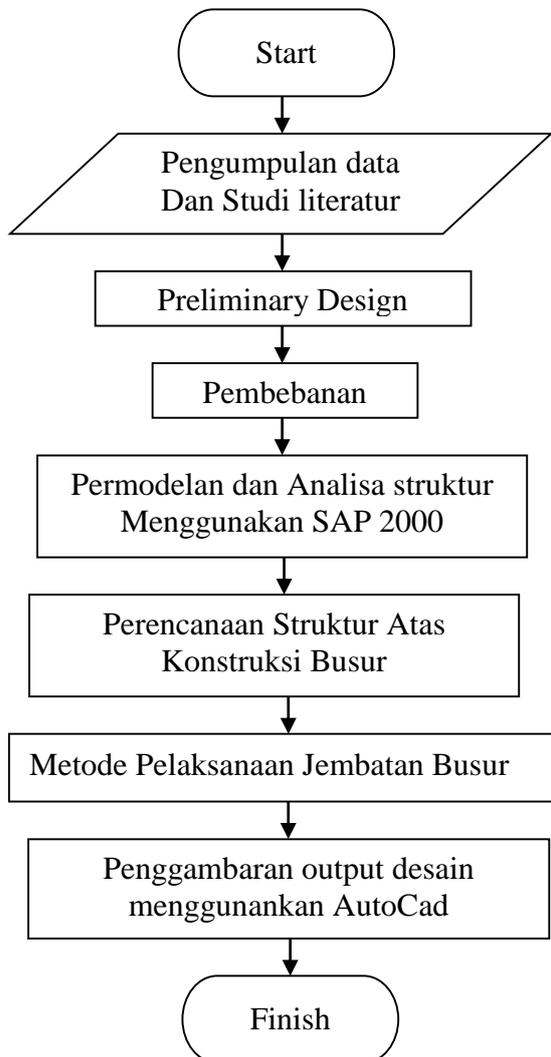
Gambar 2.3 Jembatan tipe "A Half – Through Arch"

Untuk busur dengan batang tarik, bentuk busurnya disesuaikan dengan pembagian momen yang dilimpahkan ke batang tarik. Bila busurnya lebih kaku daripada batang tarik, maka busur akan lebih banyak menerima momen. Dan apabila busurnya lebih lemah batang tarik, maka akan lebih banyak menerima momen. (Diklat Kuliah, Hidajat Sugihardjo).

### III. METODOLOGI

#### A. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir

### IV. PRELIMINARY DESIGN

#### A. Geometri Busur

##### a. Tinggi Busur :

$$: 0,167 \leq 0,168 \leq 0,2 \text{ oke}$$

##### b. Tinggi Penampang Busur untuk Rangka

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (rangka batang)}$$

$$0,025 \leq 0,025 \leq 0,04 \text{ oke}$$

#### c. Lebar Jembatan

lebar yang dimaksud adalah jarak perletakan

kiri- Kanan paling luar terhadap besar bentang :

$$= \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} \text{ oke}$$

#### B. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Jarak antara gelagar memanjang adalah 1 m, maka

$$ts \geq 200 \text{ m}$$

$$ts \geq 100 + 40 b1$$

$$ts \geq 100 + 40 (1,3)$$

$$ts \geq 152 \text{ m}$$

digunakan pelat tebal 20 cm, dengan tinggi deck baja tinggi 5,3 cm

#### C. Perencanaan Kerb

Direncanakan, h = 20 cm dengan tulangan  $\emptyset 12 - 100$  dan tulangan susut  $\emptyset 8 - 100$

#### D. Perencanaan Sandaran

Direncanakan tebal pelat kolom sandaran 3 cm dan pipa sandaran 3 $\emptyset 4$  inchi

#### E. Perencanaan Gelagar

Perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tegangan leleh  $f_y = 410 \text{ Mpa}$
- Tegangan ultimate  $f_u =$
- Modulus elastisitas  $E =$
- Jarak Gelagar Memanjang =
- Jarak Gelagar Melintang =
- Panjang Panel =

#### F. Perencanaan Penggantung

Panjang dari penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometri busur

$$y_n = \frac{4 \times f \times x \times (L - x)}{L^2}$$

Pada tabel 4.1 hasil panjang penggantung dengan tinjauan  $\frac{1}{2}$  bentang. Penggantung menggunakan profil kabel Rod Bar M100( $\emptyset 97 \text{ mm}$ ),  $F_y = \text{Mpa}$   $F_u = \text{Mpa}$

#### G. Perencanaan Rangka Jembatan

Untuk perencanaan ini harus dianalisa terlebih dahulu sehingga kebutuhan profil sesuai dengan gaya aksial yang bekerja pada batang di rangka jembatan

#### H. Perencanaan Ikatan Jembatan

Perencanaan ini merupakan struktur untuk memperkuat dari struktur utama yang berfungsi untuk memberikan stabilitas terhadap rangka jembatan :

Pada Preliminary design ini digunakan

- Ikatan Angin Busur Atas
- Ikatan Angin Busur Bawah
- Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Ikatan Silang Rangka

### V. STRUKTUR SEKUNDER

#### A. Umum

Struktur sekunder pada jembatan ini terdiri dari tang sandaran, pipa sandaran dan pelat lantai. Dalam perhitungan, struktur sekunder tidak dianalisa bersama-sama dengan struktur utama, melainkan dianalisa secara terpisah. Hal ini karena struktur sekunder dianggap tidak banyak

mempengaruhi perilaku struktur utama. Hasil perhitungan struktur sekunder berlaku sebagai beban saat menganalisa struktur utama.:

B. Struktur sekunder pada jembatan ini terdiri dari tang sandaran, pipa sandaran dan pelat lantai. Dalam perhitungan, struktur sekunder tidak dianalisa bersama-sama dengan struktur utama, melainkan dianalisa secara terpisah. Hal ini karena struktur sekunder dianggap tidak banyak mempengaruhi perilaku struktur utama. Hasil perhitungan struktur sekunder berlaku sebagai beban saat menganalisa struktur utama. Kombinasi Pembebanan

#### A. Perhitungan Momen dan Pipa Sandaran

Akibat berat sendiri pipa sandaran

$$M_{VD} = 80,39 \text{ kgm} = 0,804 \text{ kNm}$$

Akibat beban Vertikal

$$M_{VL} = 0,844 \text{ kNm}$$

$$M_V = M_{VD} + M_{VL} = 1,648 \text{ kNm}$$

Akibat beban Horizontal

$$M_H = 0,844 \text{ kNm}$$

Momen Resultan ( $M_u$ )

$$M_u = 1,85 \text{ kNm}$$

Momen Resultan ( $M_u$ )

$$M_u = 1,85 \text{ kNm}$$

#### B. Perencanaan Tiang Sandaran

Direncanakan tiang sandaran menggunakan baja profil WF125.60.6.8 dengan spesifikasi :

$$d = 125 \text{ mm} \quad tw = 6,0 \text{ mm}$$

$$bf = 60 \text{ mm} \quad tf = 8,0 \text{ mm}$$

$$r = 9 \text{ mm} \quad w = 13,22 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 413 \text{ cm}^4 \quad I_y = 29 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 66 \text{ cm}^3 \quad S_y = 10 \text{ cm}^3$$

Sifat mekanis baja struktural

$$BJ = 37$$

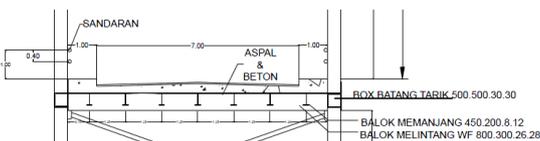
$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

### VI. PERENCANAAN GELAGAR MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG

#### A. Perencanaan Gelagar Memanjang

Pada Gambar 6.1 merupakan ilustrasi dari permodelan untuk gelagar memanjang.



Gambar 6.1 Permodelan Gelagar Memanjang

Balok sederhana tertumpu pada balok melintang A dan B adalah perletakan sederhana. Balok memanjang dihubungkan dengan "simple connection" ke balok melintang.

Direncanakan balok memanjang memakai profil WF 450.200.8.12 dengan data sebagai berikut:

$$W = 151,11 \text{ kg/m} \quad S_y = 601 \text{ cm}^3 \quad tw = 8 \text{ mm}$$

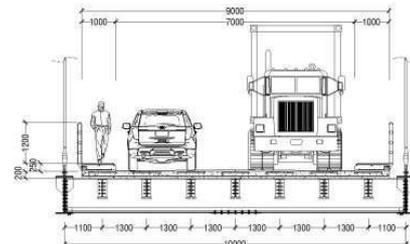
$$\begin{aligned} bf &= 200 \text{ mm} & ix &= 24,76 \text{ cm} & tf &= 12 \text{ mm} \\ d &= 450 \text{ mm} & iy &= 6,85 \text{ cm} & r &= 28 \text{ mm} \\ A &= 82,97 \text{ cm}^2 & I_x &= 118000 \text{ cm}^4 & f_y &= 410 \text{ Mpa} \\ S_x &= 4010 \text{ cm}^3 & I_y &= 28100 \text{ cm}^4 & f_u &= 550 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$Z_x = 1414152 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 246816 \text{ cm}^3$$

$$h = d - 2(tf+r) = 450 - 2(12+28) = 370 \text{ mm}$$

#### B. Perencanaan Gelagar Melintang

Pada Gambar 6.5 merupakan ilustrasi dari permodelan untuk gelagar melintang.



Gambar 6.3 Gelagar Melintang

Balok sederhana tertumpu pada balok melintang A dan B adalah perletakan sederhana. Balok memanjang dihubungkan dengan "simple connection" ke balok melintang. Direncanakan balok melintang memakai profil WF 800.300.26.28 dengan data sebagai berikut:

$$W = 345,61 \text{ kg/m} \quad S_y = 2161,6 \text{ cm}^3 \quad tw = 16 \text{ mm}$$

$$bf = 450 \text{ mm} \quad ix = 42,35 \text{ cm} \quad tf = 32 \text{ mm}$$

$$d = 1000 \text{ mm} \quad iy = 10,51 \text{ cm} \quad r = 28 \text{ mm}$$

$$A = 440,27 \text{ cm}^2 \quad I_x = 789647,4 \text{ cm}^4 \quad f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 15792,9 \text{ cm}^3 \quad I_y = 48635 \text{ cm}^4 \quad f_u = 550 \text{ Mpa}$$

$$Z_x = 17443,584 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 3299,904 \text{ cm}^3$$

$$C. h = d - 2(tf+r) = 1000 - 2(16+28) = 912 \text{ mm}$$

### VII. PERENCANAAN PEKUL UTAMA

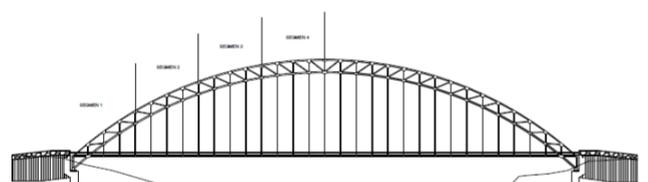
#### A. Umum

Konstruksi pemikul utama merupakan bagian utama dari konstruksi busur jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan.

Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih menggunakan konstruksi busur dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur persamaan parabola.

#### B. Penggantung Lantai Kendaraan

Panjang dari penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur. bentuk busur konstruksi pemikul utama dapat dilihat pada Gambar 7.1



Gambar 7.1 Bentuk Pemikul Utama

Dengan menggunakan rumus pendekatan seperti berikut :

$$Y_n = \frac{4 x f x dx x (L - X)}{L^2}$$

Pada Tabel 7.1 merupakan hasil pendekatan menggunakan rumus parabola.

Tabel 7.1 Panjang Penggantung

Titik	Panjang
1	3,22
2	6,67
3	9,76
4	12,57
5	15,04
6	17,23
7	19,11
8	20,81
9	22,23
10	23,56
11	24,42
12	25.17
13	25.65
14	25.99
15	26,49

C. Konstruksi Busur

Konstruksi busur merupakan konstruksi utama dari jembatan ini dimana memiliki kemampuan menahan momen. Pada perencanaan ini menggunakan rangka busur menerus dimana geometri antara busur bawah dan busur atas berbeda.



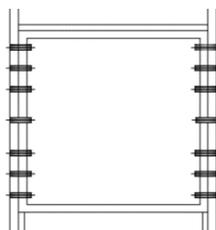
Untuk mendapatkan nilai berat dari 1 segmen

Gambar 7.3 Segmen Busur

rumus :  $gn = An \cdot \Delta Sn \cdot \gamma_{baja}$

D. Cek Penampang Busur

Pada peninjauan perhitungan manual ini hanya ditinjau BB11, mengingat rangka tersebut memiliki banyak tipe profil selanjutnya akan di rekapitulasi dari peninjauan yang telah ditentukan. Berikut contoh perhitungan kontrol penampang pada Kontrol Penampang Busur BOX 800.800.50.50



Gambar 7.10 Penampang Profil

E. Portal Akhir

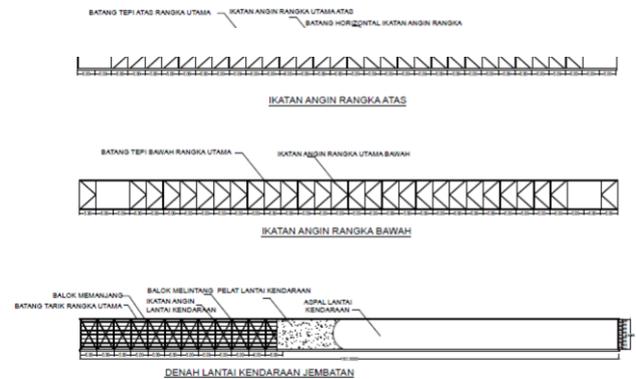
Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin dan busur ke tumpuan (pondasi). Sebagai kolom pada portal akhir menggunakan profil WFB 750.600.32.38, ini dilakukan untuk memenuhi luasan profil sebagai portal akhir dan juga agar

memudahkan untuk menyambung dengan busur yang menggunakan profil gabungan.

VIII. PERENCANAAN IKATAN ANGIN

A. Ikatan Angin

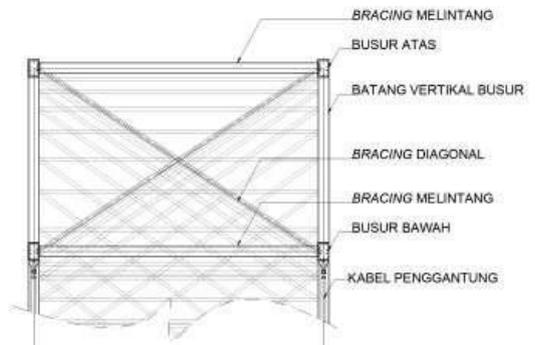
Ikatan angin dipasang berbentuk X, dimana ikatan angin pada busur atas, busur bawah dan ikatan angin kendaraan memiliki bentuk yang sama. Pada ikatan angin busur menggunakan profil penampang berbentuk lingkaran agar lebih efisien dan pada ikatan angin lantai kendaraan menggunakan profil double siku.



Beban angin diasumsikan menjadi beban merata pada rangka busur yang disesuaikan pada tinggi penampangannya.

υ. Pengaku Rangka Busur (Bracing)

Pada perencanaan Bracing ini, profil yang digunakan WF untuk bracing melintang dan Silinder untuk bracing silang. Untuk lebih jelasnya seperti Gambar 8.2.

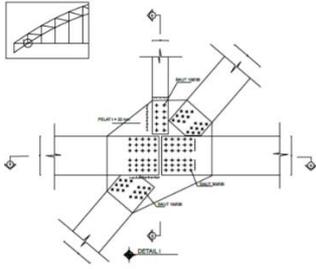


Gambar 8.2 Permodelan Pengaku Rangka Busur

IX. SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

A. Sambungan Tipe A

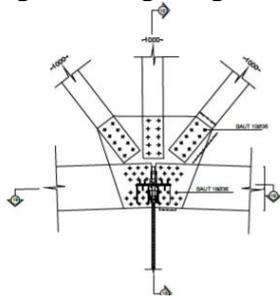
Pada analisa perhitungan ini diambil contoh pada titik simpul dimana menghubungkan busur bawah dengan batang tarik (Tie Beam).



Gambar 1.1 Sambungan Tipe A

B. Sambungan Tipe B

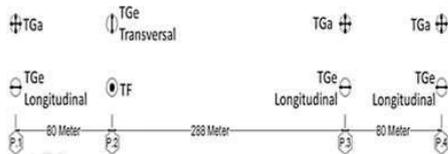
Untuk tipe B dipasang pada semua titik simpul terkecuali pada tipe A. Pada analisa perhitungan ini diambil contoh pada titik simpul (SB29) dimana menghubungkan busur bawah dengan batang diagonal dan batang vertikal



Gambar 9.2 Tampak Samping Sambungan  
BAB X. PERLETAKAN

A. Perencanaan Perletakan

Perencanaan perletakan pada jembatan ini seperti pada Gambar 10.1



Gambar 2.1 Model Perletakan

Perletakan menggunakan tipe Pot Bearing yang terdapat 3 jenis model Pot Bearing, yaitu: Fixed (TF), Guided (TGe), Free (TGa). Dipilih tipe Pot Bearing, yaitu struktur yang terdiri dari piston baja menumpu pada cakram elastomer yang “terkurung” dalam pot/ silinder baja.

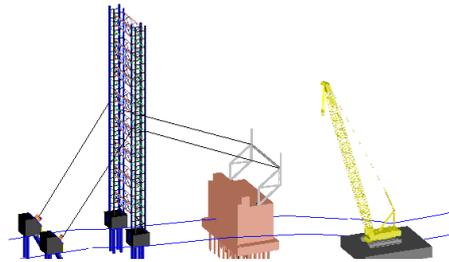
Alasan bearing tipe ini dipilih adalah : Daya tahan yang tinggi terhadap gaya horizontal yang besar dan mampu mendistribusikannya dengan aman.

BAB XI. STAGING ANALYSIS

A. Tahapan Staging Analysis

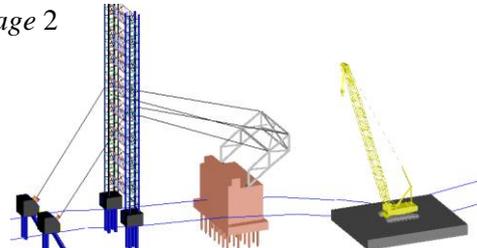
Staging Analysis pada perencanaan ini dilakukan dengan program SAP 2000. Analisa ini menggunakan salah satu fitur *non linier staged construction*, yaitu dimana jembatan dirancang bertahap dari mulai pendirian kolom portal akhir hingga erection untuk busur rangka puncak

Stage 1



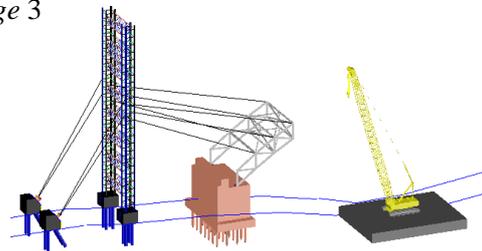
Gambar 3.1 Ilustrasi Stage 1

Stage 2



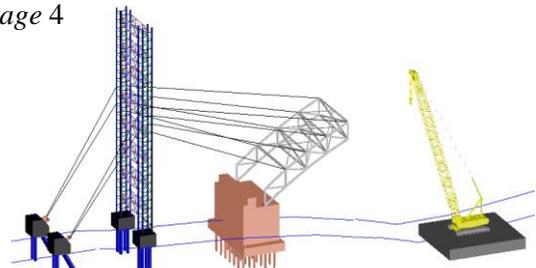
Gambar 11. 2 Ilustrasi Stage 2

Stage 3



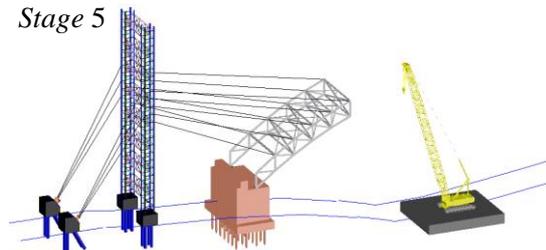
Gambar 11.3 Ilustrasi Stage 3

Stage 4



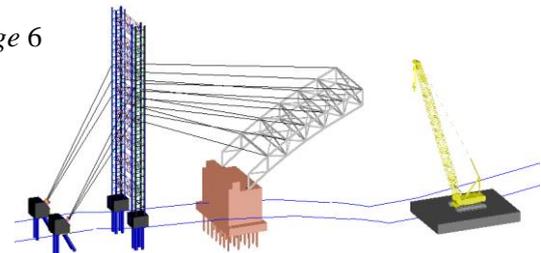
Gambar 11.4 Ilustrasi Stage 4

Stage 5



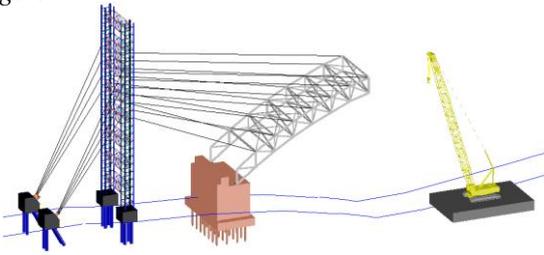
Gambar 11.5 Ilustrasi Stage 5

Stage 6



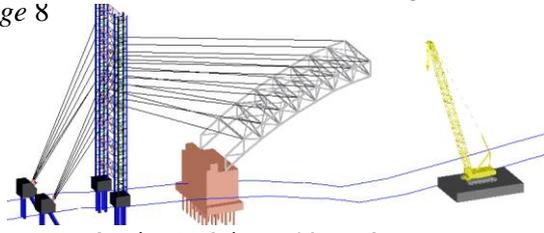
Gambar 11.6 Ilustrasi Stage 6

Stage 7



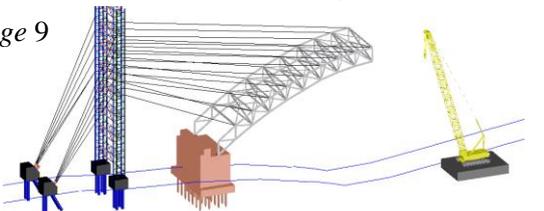
Gambar 11.7 Ilustrasi Stage 7

Stage 8



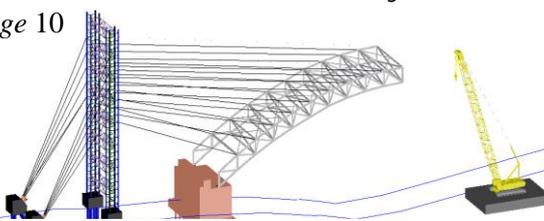
Gambar 11.8 Ilustrasi Stage 8

Stage 9



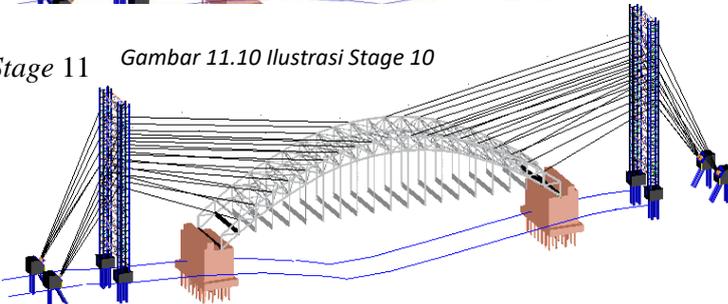
Gambar 11.9 Ilustrasi Stage 9

Stage 10



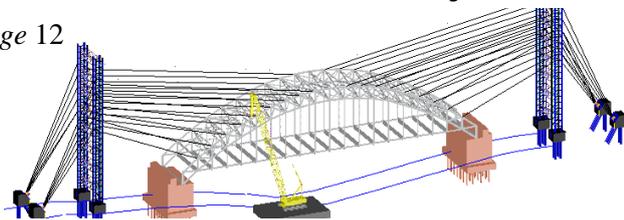
Stage 11

Gambar 11.10 Ilustrasi Stage 10



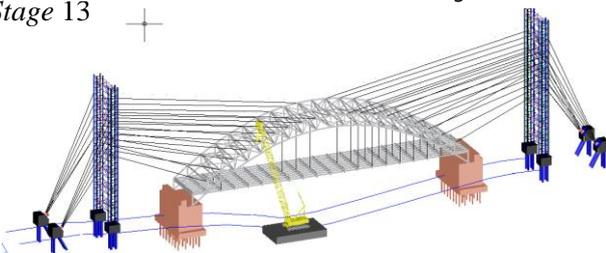
Gambar 11.11 Ilustrasi Stage 11

Stage 12



Gambar 11.12 Ilustrasi Stage 12

Stage 13



Gambar 11.13 Ilustrasi Stage 13

## DAFTAR PUSTAKA

- Aristadi, Dien., 2006, *Analisa Sistem Rangka Baja Pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja*.
- Departemen PU Bina Marga., 1992, *Bridge Management System (BMS)*.
- Irawan, Djoko., Diklat Kuliah Konstruksi Jembatan. Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Salmon, Charles G., 1986, *Struktur Baja: Disain dan Perilaku Jilid 1*, Jakarta, Erlangga.
- Setiawan, Agus., 2008, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Jakarta, Erlangga
- Standart Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standart Nasional Indonesia (SNI 1729:2015), *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standart Nasional Indonesia (SNI 1725:2016), *Standar Pembebanan Untuk Jembatan.*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standart Nasional Indonesia (SNI 1726-201X), *Standar Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Sugihardjo, Hidayat., *Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang*. Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.