



MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALI BAMBANG DI KAB. BLITAR – KAB. MALANG MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA

Mahasiswa:

Farid Rozaq Laksono - 3115105056

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Djoko Irawan, Ms

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

DAFTAR ISI

PENDAHULUAN

METODOLOGI

TINJAUAN PUSTAKA

METODE
PELAKSANAAN

STRUKTUR BANGUNAN
ATAS JEMBATAN



PENDAHULUAN



PENDAHULUAN

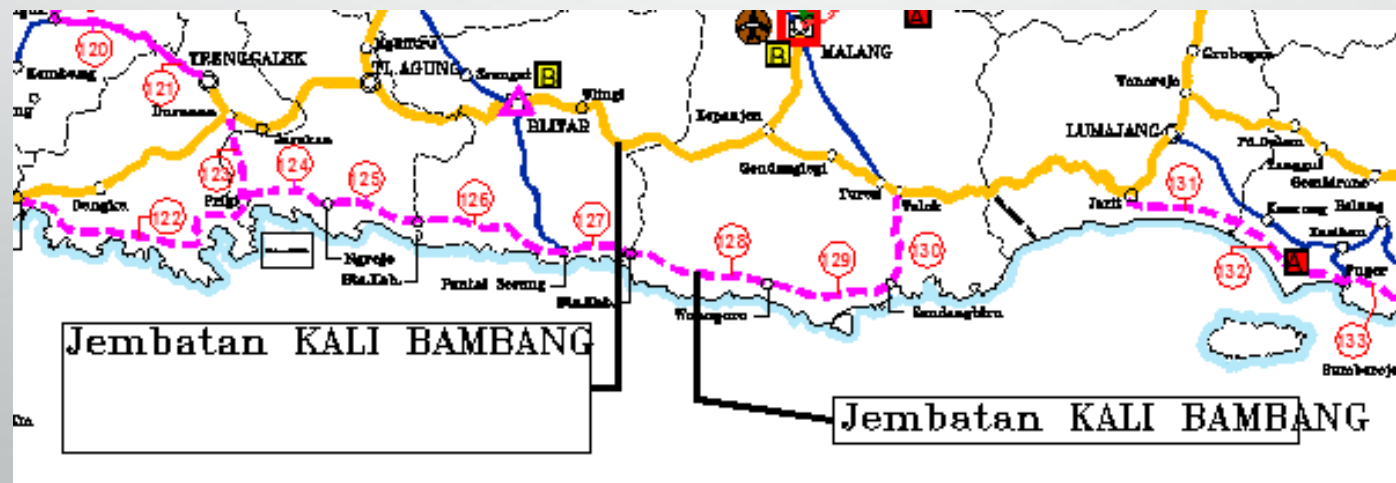


Jembatan Kali Bambang

Nama : Jembatan kalibambang
Lokasi : Perbatasan kab. Malang – kab. Blitar (Brongkos)
Jenis : Jembatan Beton Pratekan Tipe 1
Panjang : 160 m terbagi menjadi 4 bentang dengan panjang masing – masing 50 m , 50 m, 40,m dan 20,m.
Lebar : 9 m

Latar Belakang

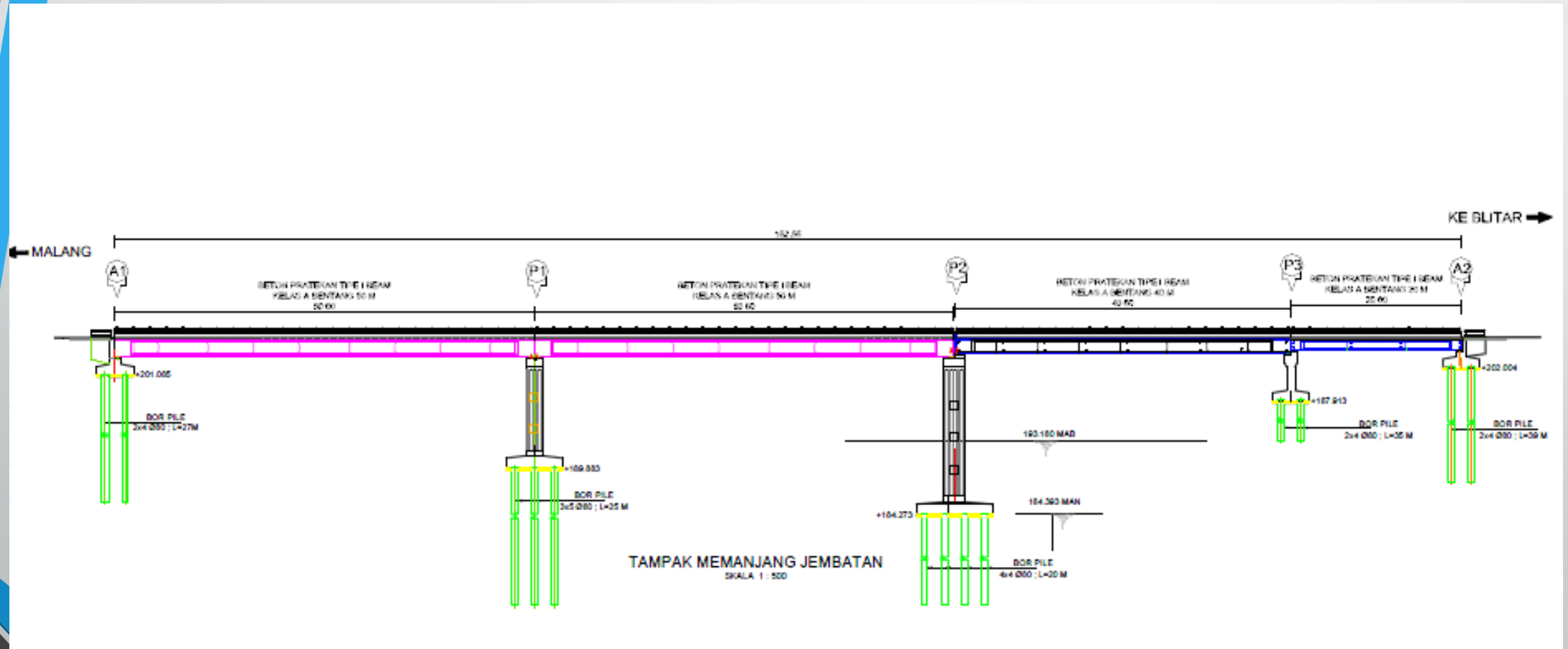
Jembatan Kalibambang terletak di Wilayah kab. Malang kab Blitar,Jawa Timur. Jembatan ini merupakan salah satu akses utama transportasi dalam penghubung kab. Malang – kab. Blitar tepatnya di JL. Brongkos yang membentang untuk memotong jalan yang tadinya berkelok dan sulit untuk lebih mudah namun berada dia atas sungai – sungai yang berada di sana dan dengan lalu lintas yang padat dengan kondisi tanah dan bertebing





PENDAHULUAN

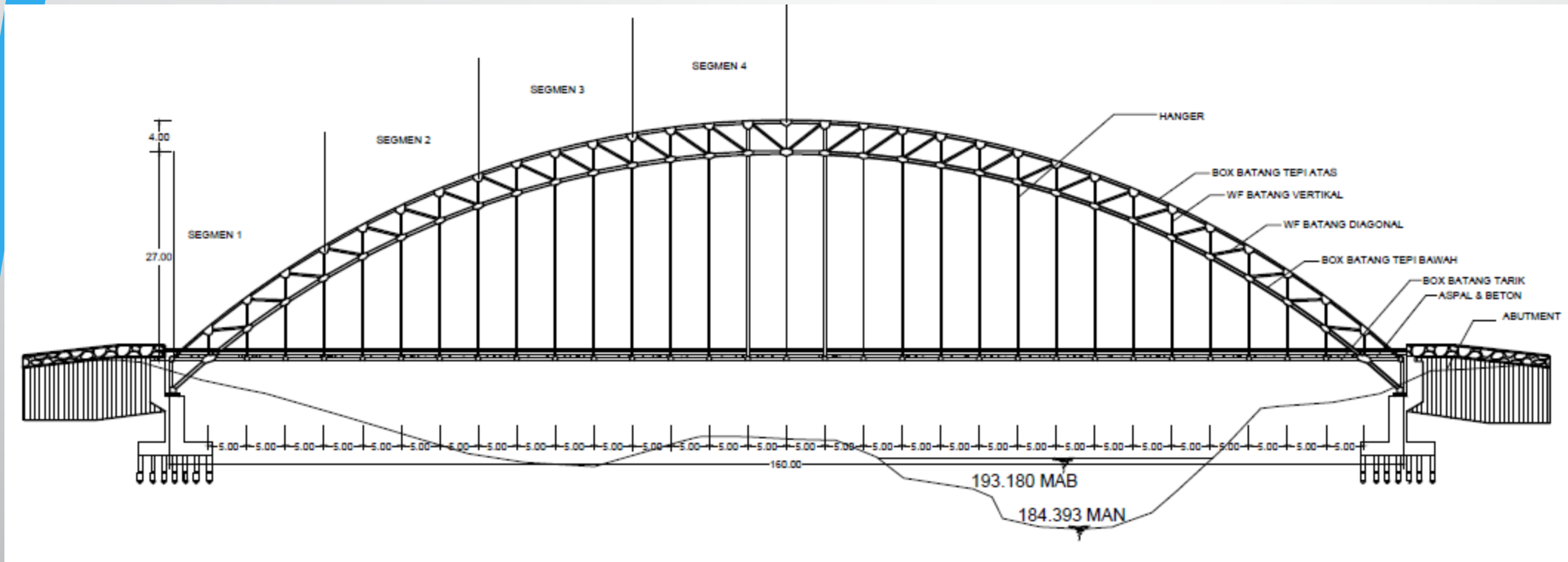
POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN KALI BAMBANG SEBELUM MODIFIKASI





PENDAHULUAN

POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN KALI BAMBANG SESUDAH MODIFIKASI





PENDAHULUAN

Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Kalibambang ?
2. Bagaimana prosedur dan perencanaan jembatan ?
3. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program SAP 2000 ?
4. Bagaimana menganalisa struktur bangunan atas pada saat pelaksanaan (staging analysis)?
5. Bagaimana mengaplikasikan kedalam gambar teknik yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada jembatan?

Tujuan

1. Dapat mendesain jembatan busur yang sesuai (preliminary design)
2. Dapat mengetahui prosedur dan perencanaan jembatan busur rangka baja.
3. Dapat memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000.
4. Dapat menganalisa struktur bangunan atas pada saat pelaksanaan (staging analysis)
5. Dapat mengaplikasikan desain dalam bentuk gambar jembatan sesuai dengan syarat – syarat teknik.



PENDAHULUAN

Batasan Masalah

1. Tidak membahas analisa rencana anggaran biaya ,metode pelaksanaan secara detail
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. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan.
6. Analisa Perencanaan pada studi ini hanya dengan menggunakan program bantu SAP 2000

Manfaat

1. Dapat menampung dan melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat keamanan dan
2. Dapat menjadi ikon baru bagi kab. Malang – kab. Blitar dan memberi kesan monumental.
3. Dapat menjadi inspirasi jembatan masa depan yang lebih modern.
4. Untuk penulis diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan *skill* dalam ilmu perencanaan jembatan,khususnya Jembatan Busur Rangka Baja.



TINJAUAN PUSTAKA



TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Jembatan Busur adalah suatu struktur jembatan yang rangkanya menyerupai bentuk busur yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal dari bangunan atas yang bekerja.

Jenis-Jenis Jembatan Busur:

Menurut Jenis Perletakannya:

- Jembatan Busur Terjepit
- Jembatan Busur Dua Sendi
- Jembatan Busur Tiga Sendi

Menurut Kedudukan Lantai Kendaraan:

- Jembatan Busur dengan lantai kendaraan diatas (*deck arch*)
- Jembatan Busur dengan lantai kendaraan di tengah (*a half-through arch*)
- Jembatan Busur dengan lantai kendaraan dibawah (*through arch*)

Menurut Sifat Gaya Horizontal pada Busur:

- Busur asli: reaksi horisontal diterima oleh perletakan, diteruskan ke pangkal jembatan atau pilar.
- Busur dengan batang tarik: gaya horizontal pada busur diterima oleh bagian konstruksi busur, yaitu batang tarik.



TINJAUAN PUSTAKA

Jenis-Jenis Jembatan Busur Menurut Kedudukan Lantai Kendaraan



Deck Arch



A-half Through Arch



Through Arch



TINJAUAN PUSTAKA

Bentuk-Bentuk Jembatan Busur



a

Penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal, umumnya untuk busur dengan perletakan jepit



b

Tinggi penampang sama untuk seluruh bagian busur, umumnya busur dinding penuh termasuk bentuk *box*



c

Penampang puncak lebih besar dari penampang pangkal, umumnya untuk busur perletakan dua sendi.



TINJAUAN PUSTAKA

Bentuk Jembatan Busur dengan Batang Tarik:

- a. Busur sangat kaku
- b. Busur sangat lemah

Faktor Pemilihan Bentuk Jembatan Busur:

- a. Kondisi Tanah Dasar
- b. Besarnya Beban
- c. Panjang Rentangan (Bentang)



TINJAUAN PUSTAKA

Preliminary Design Jembatan Busur

Lebar Jembatan Busur

$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

Dimana:

b : lebar busur

L : bentang busur

Tinggi Tampang Jembatan Busur

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25}$$

Dimana:

t : tinggi tampang busur

L : bentang busur

Tinggi Busur

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$$

Dimana:

f : tinggi busur

L : bentang busur

Panjang Penggantung Busur Jembatan

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

Dimana:

f : tinggi busur

x : jarak horizontal
penggantung busur

L : bentang busur

Tebal Pelat Lantai Kendaraan

$$t_s \geq 200 \text{ mm dan } t_s \geq 100 + 40 b_1 \text{ (mm)}$$

Dimana:

ts : tebal pelat lantai kendaraan

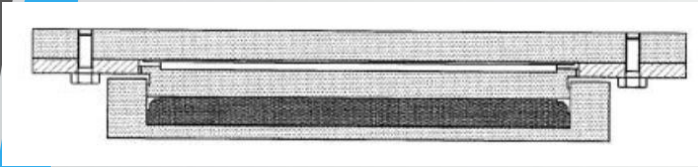
b1 : jarak antar gelagar memanjang



TINJAUAN PUSTAKA

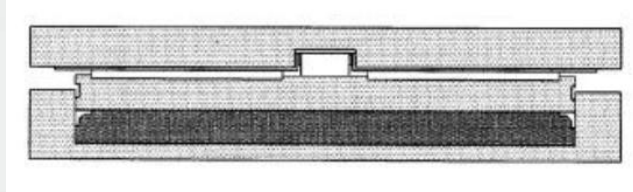
Perletakan Jembatan Busur

Fixed Pot Bearing



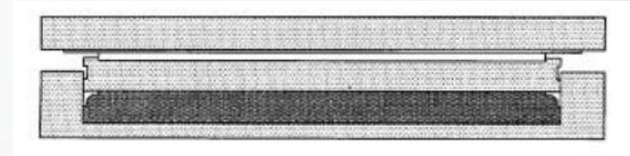
Tipe *fixed* merupakan perletakan yang berperilaku sebagai sendi, dapat menahan beban vertikal dan horisontal

Unidirectional Pot Bearing



unidirectional merupakan perletakan yang dapat menahan gaya vertikal serta gaya horisontal namun hanya dalam 1 arah (transversal atau longitudinal)

Multidirectional Pot Bearing



Tipe multidirectional merupakan Perletakan yang dapat menahan gaya vertikal namun dapat bergerak bebas dalam arah horisontal, perilaku tipe ini menyerupai perletakan rol.

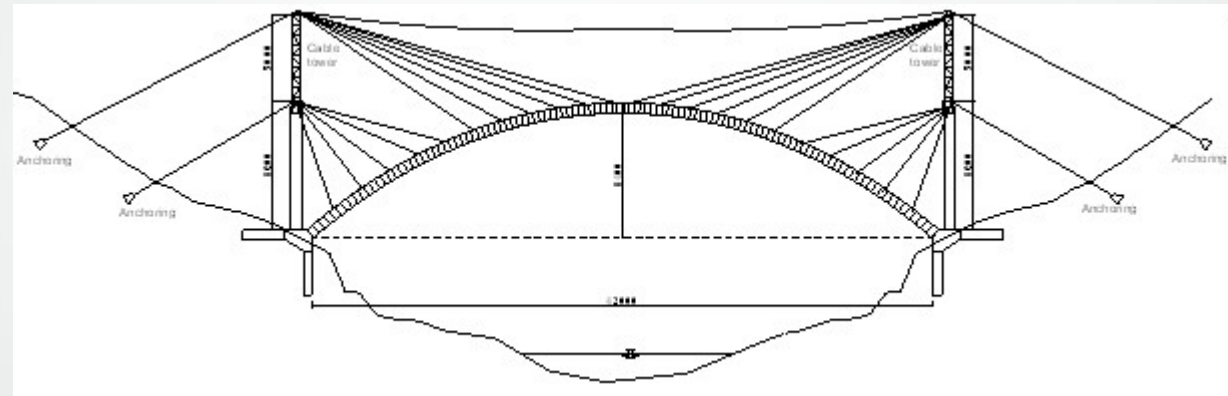


TINJAUAN PUSTAKA

Metode Pelaksanaan Jembatan Busur

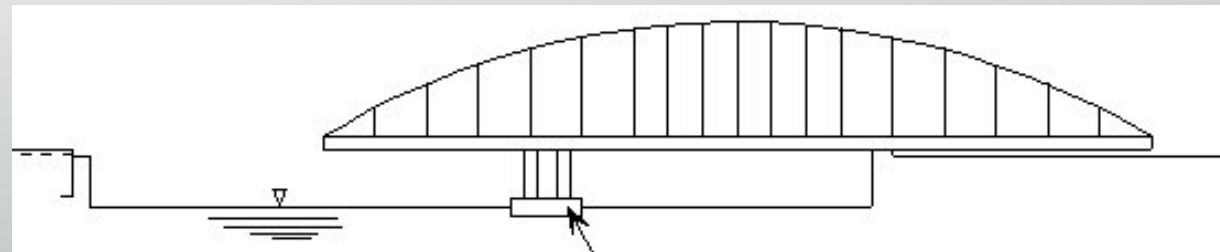
1. Cara Kantilever

- a. Kantilever Penuh (Setengah Bentang)
- b. Kantilever Sebagian (kurang dari setengah bentang)
- c. Kantilever Sebagian yang Digantung



Metode Pelaksanaan Kantilever Jembatan Busur

2. *Push-Out Method*



Metode Pelaksanaan *Push-Out Method* Jembatan Busur

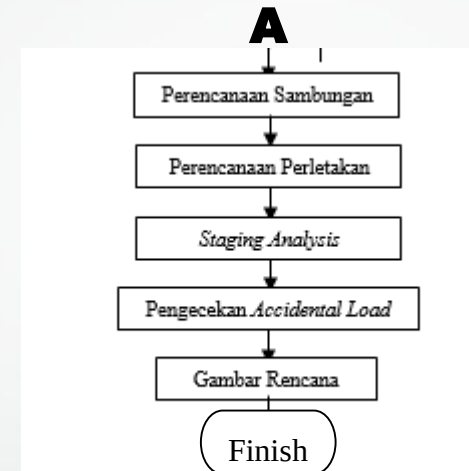
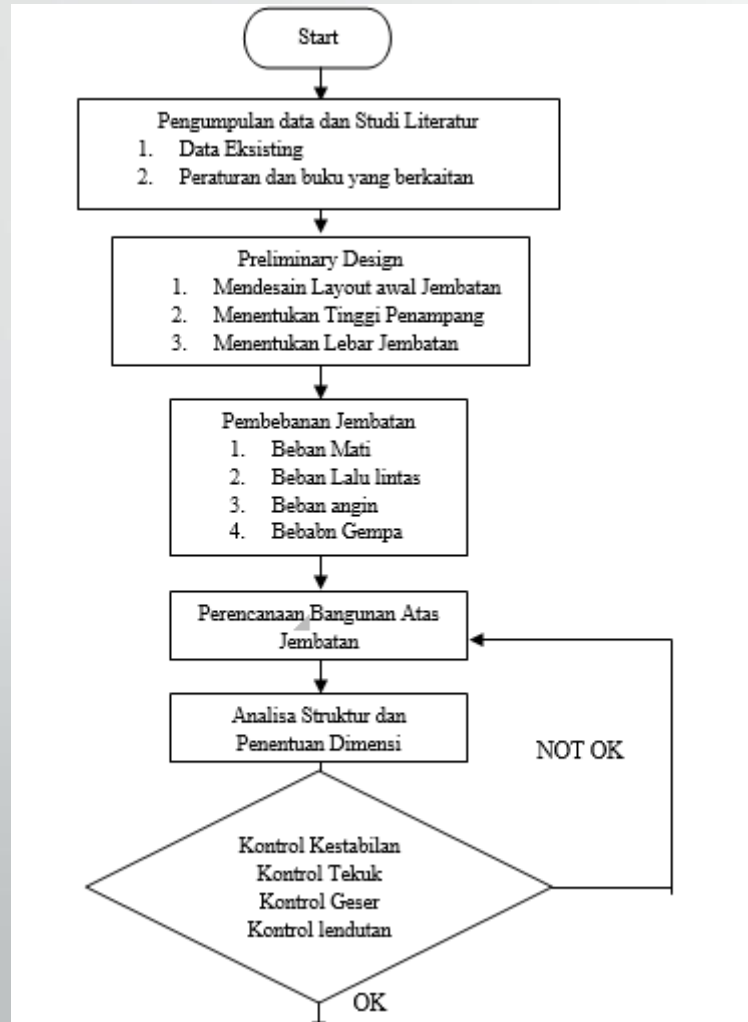


METODOLOGI



METODOLOGI

Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir





STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN



STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN

Data Perencanaan Jembatan Busur Kalibambang

Struktur Jembatan Busur Lantai Kendaraan Di Tengah (*a-half Through Arch*)

Lokasi : Perbatasan Kab. Blitar – Kab. Malang, Jawa Timur

Panjang : 160 meter

Lebar : 9 meter

Tinggi : 27 meter

Tinggi Tampang Busur : 4 meter

Tinggi Bebas Jembatan : 5.10 meter

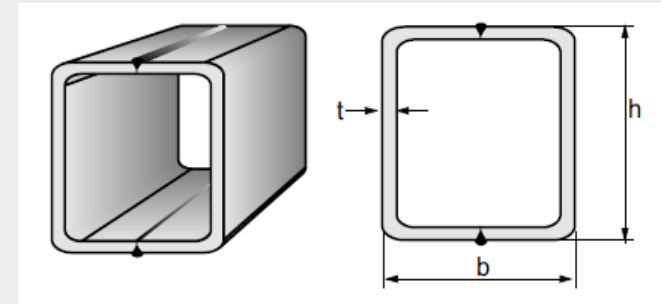
Material Struktur Utama Jembatan merupakan Baja dengan spesifikasi sebagai berikut:

Mutu Struktur Sekunder : BJ 41 ($f_y = 250$ MPa; $f_u = 410$ MPa)

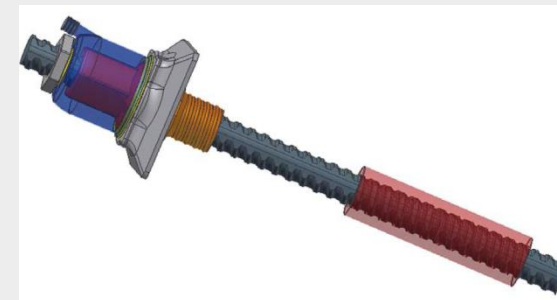
Mutu Beton (f'_c) : 40 MPa

Mutu Tulangan : 390 MPa

Batang Penggantung Busur dipakai profil M76($\phi 97$ mm) Brosur Macalloy dengan mutu $f_y = 520$ MPa; $f_u = 660$ MPa



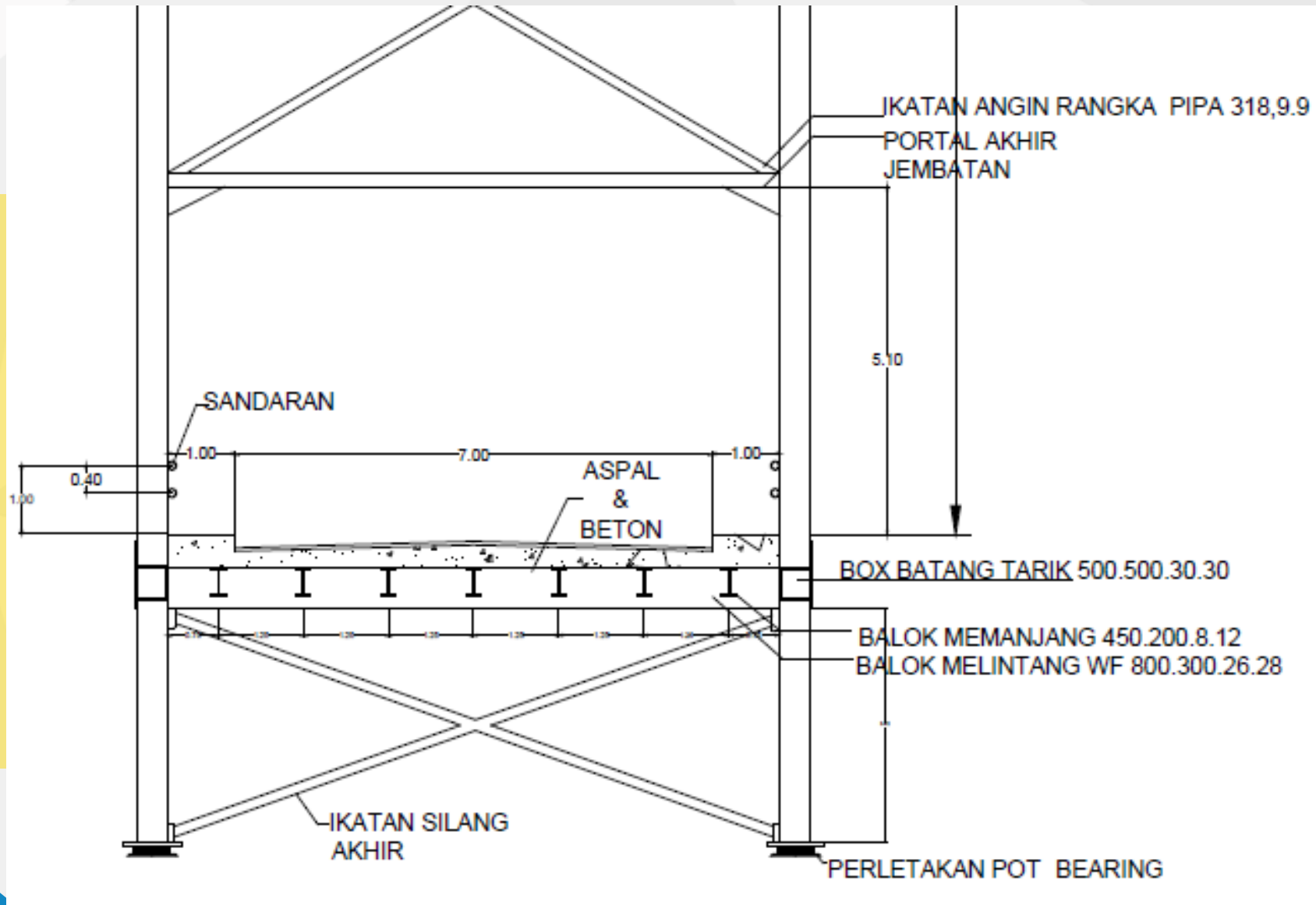
Penampang Box Girder Rangka Utama Busur



Batang Penggantung Jembatan Busur



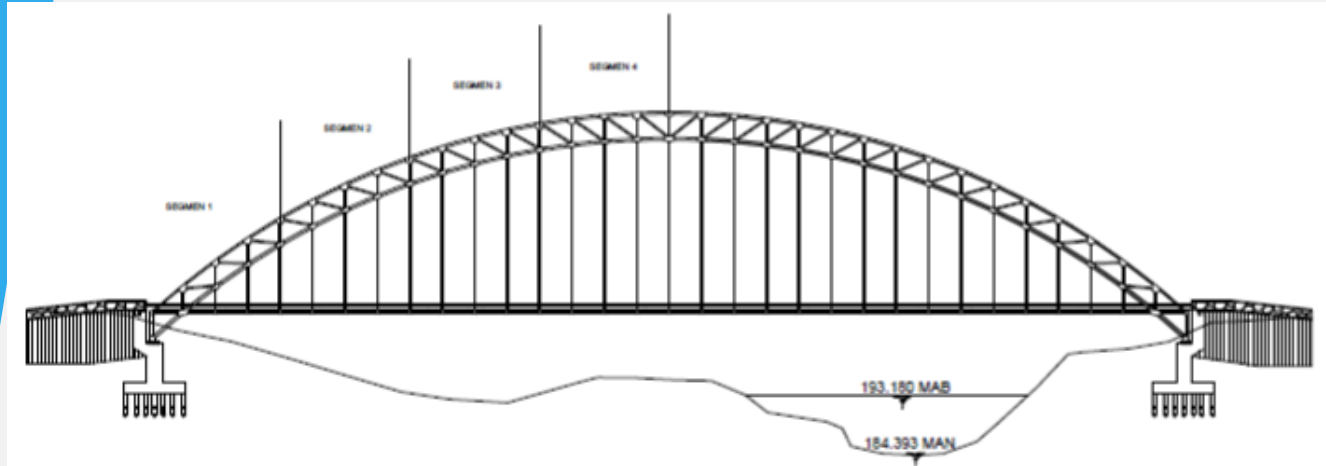
STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN





STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN

Batang Penggantung Busur Jembatan



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

P_u = Beban Mati + Beban Hidup + Beban

Pelaksanaan / 2

$$= 745,564 + 1440 + 1019,2 + 20 / 2$$

$$= 1612,382 \text{ kN}$$

Kekuatan batang tarik:

$$\phi P_n = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0,9 \times 520 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 72^2)$$

$$= 1905,464 \text{ kN}$$

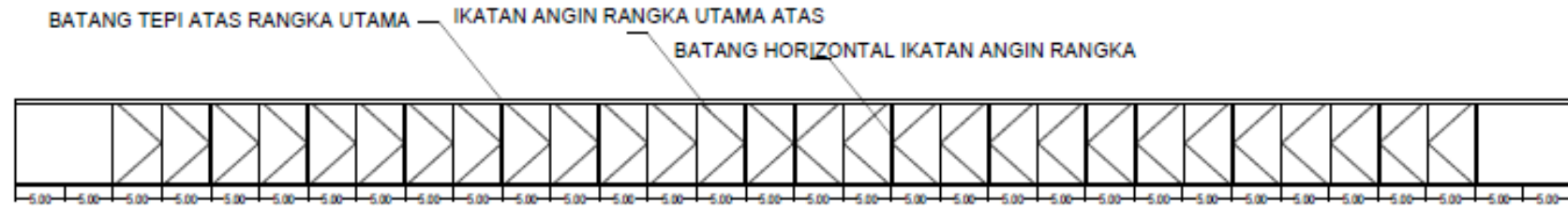
$$\text{Syarat } \phi P_n > P_u = 1905,464 \text{ kN} > 1612,382 \text{ kN}$$



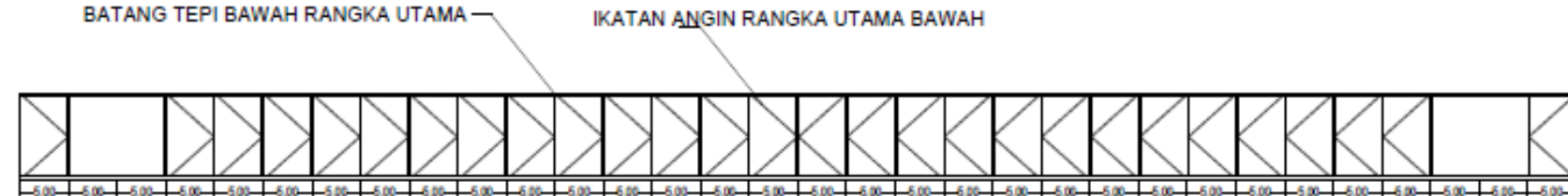
Batang Penggantung Jembatan Busur



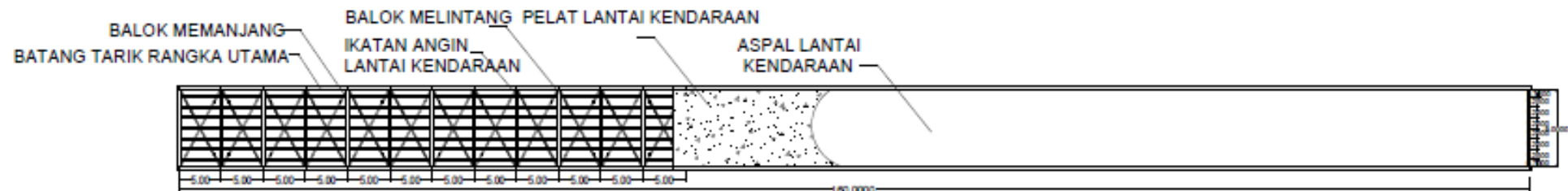
STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN



IKATAN ANGIN RANGKA ATAS



IKATAN ANGIN RANGKA BAWAH



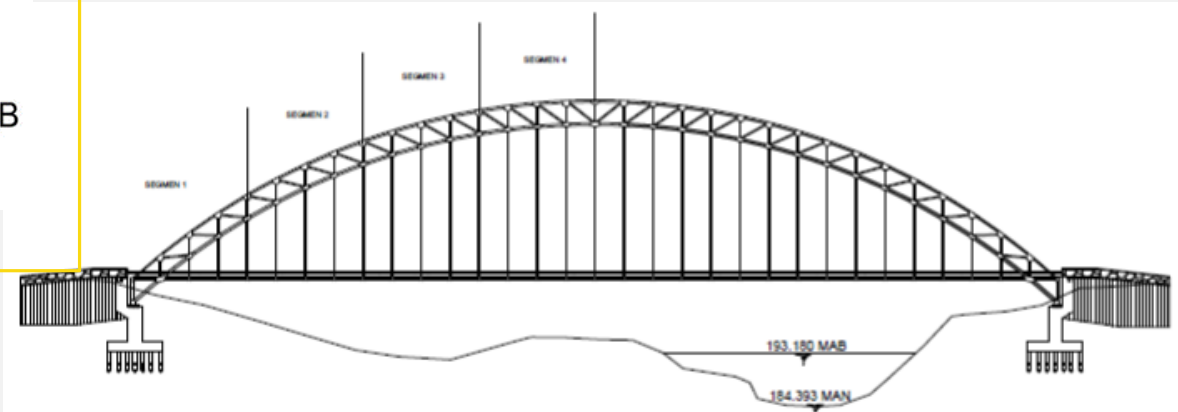
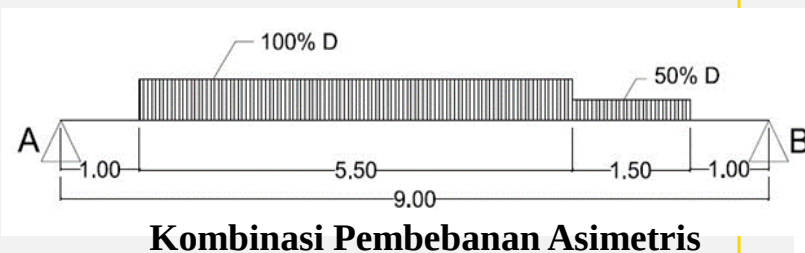
DENAH LANTAI KENDARAAN JEMBATAN



PERMODELAN STRUKTUR

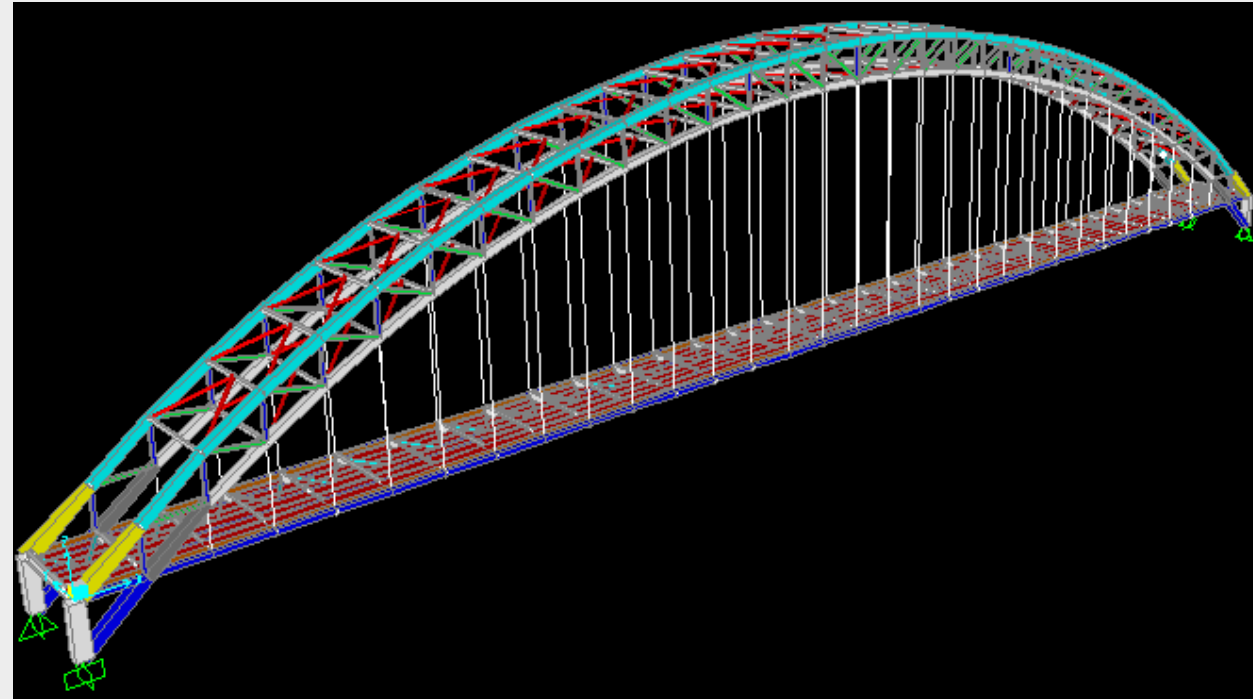
Permodelan Struktur 2 Dimensi

Pada kasus Jembatan Rangka Busur, untuk mendapatkan gaya batang maksimal akibat Beban Hidup, digunakan garis pengaruh tiap batang. Garis pengaruh tersebut kemudian menjadi acuan untuk menempatkan beban hidup (UDL & KEL) untuk mendapatkan gaya batang maksimum untuk setiap batang yang ditinjau. Besarnya beban UDL dan KEL yang dimasukkan untuk mencari gaya aksial batang maksimum yaitu kombinasi beban UDL dan KEL yang asimetris.





PERMODELAN STRUKTUR



Kombinasi beban yang digunakan sesuai SNI 1726:2016 tabel 1:

1. KUAT 1 : $1,2D + 1,8L + 1T$
2. KUAT 3 : $1,2D + 1,4W + 1T$
3. EKSTREM 1 : $1,2D + 0,5L + 1EQ$



PERMODELAN STRUKTUR

Nama Profil	Dimensi
Batang Diagonal Box	300.300.16.16
Batang Tarik Box	500.500.30.30
Batang Tepi Atas	800.800.50.50
Batang Tepi Atas Pojok	1200.1200.60.60
Batang Tepi bawah	700.700.50.50
Batang Tepi bawah Pojok	950.950.50.50
Batang Vertikal	300.300.25.25
Ikatan Angin Lantai “L”	200.200.20
Ikatan Angin Rangka (Pipa)	318,9.9 “
Ikatan Angin Rangka	300.300.9.9



SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN

Tabel Tipe-tipe Baut

Baut	Mutu	d_b (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik min. , f_u (MPa)
A307	Normal	6,35 – 10,4	-	60
A325	Tinggi	12,7 – 25,4	585	825
		28,6 – 38,1	510	725
A490	Tinggi	12,7 – 38,1	825	1035
Keling	Normal		-	370

Tabel Ukuran Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_w [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Mutu Baut yang Digunakan:

Struktur Sekunder : Baut A325

Struktur Utama Busur : Baut A490

Kekuatan Baut:

Kuat Geser (ϕV_n) = $\phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$

Kuat Tumpu (ϕR_n) = $\phi \times 2.4 \times f_u^p \times d_b \times t_p$

Jumlah Baut (n) =
$$\frac{Vu}{\phi V_n}$$

Dimana:

r_1 = 0.5 (tanpa ulir di bidang geser baut)

d_b = diameter baut (mm)

t_p = tebal pelat tertipis (mm)

f_u^b = mutu baut (MPa)

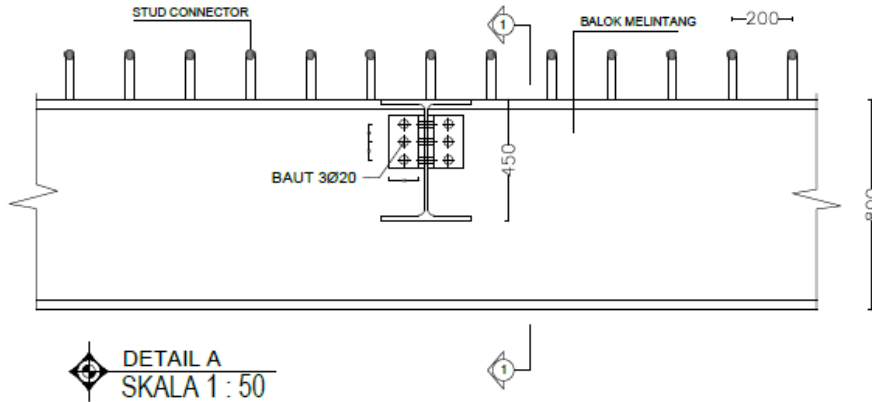
f_u^p = mutu pelat (MPa)

A_b = Luas Baut (cm²)

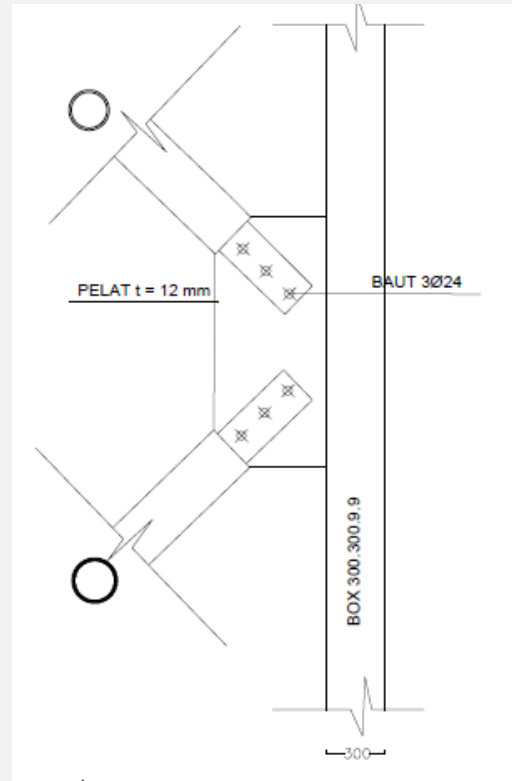
m = jumlah bidang geser



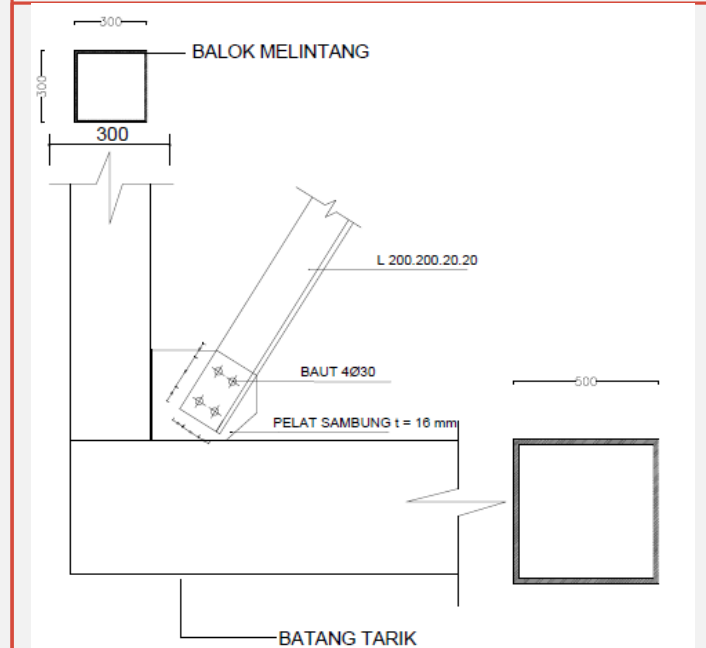
SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN



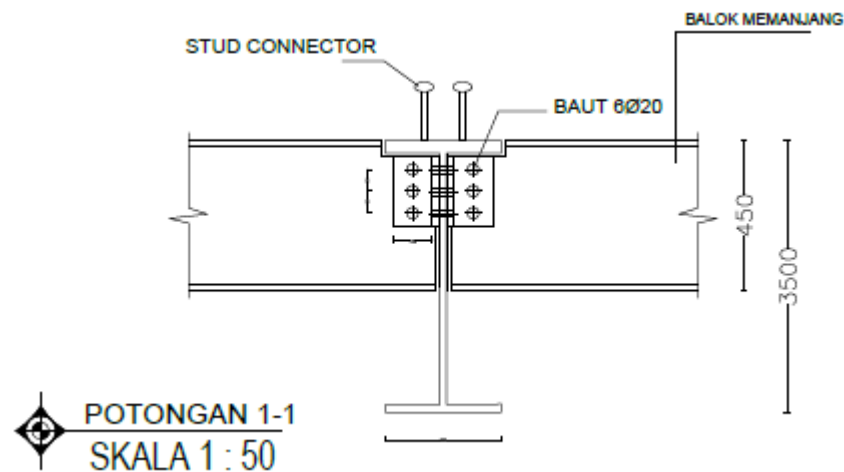
Sambungan Balok Memanjang ke Balok Melintang



Sambungan Ikatan Angin Rangka



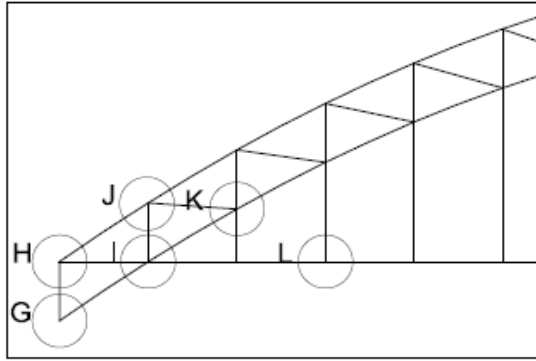
Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan



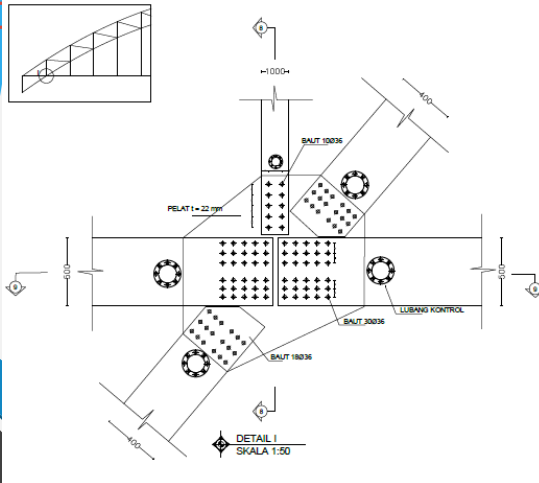
Sambungan Balok Melintang ke Balok Memanjang



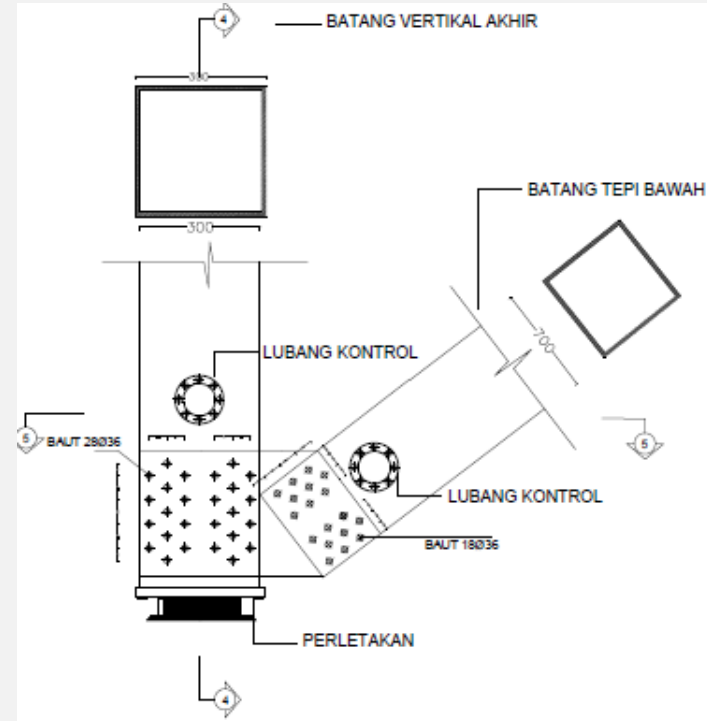
SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN



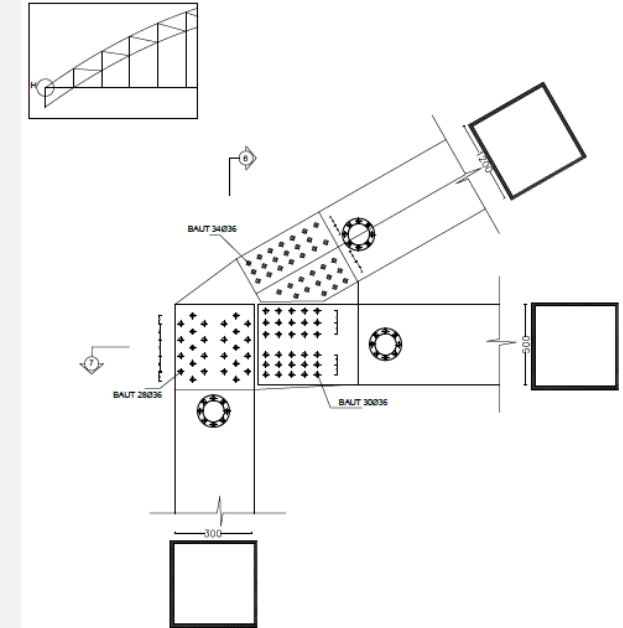
Denah Sambungan pada Rangka Utama Jembatan



Denah Sambungan I pada Rangka Utama Jembatan



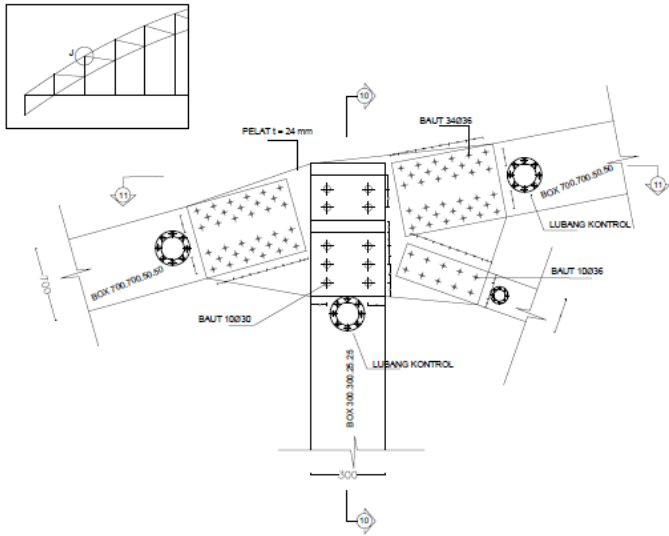
Denah Sambungan G pada Rangka Utama Jembatan



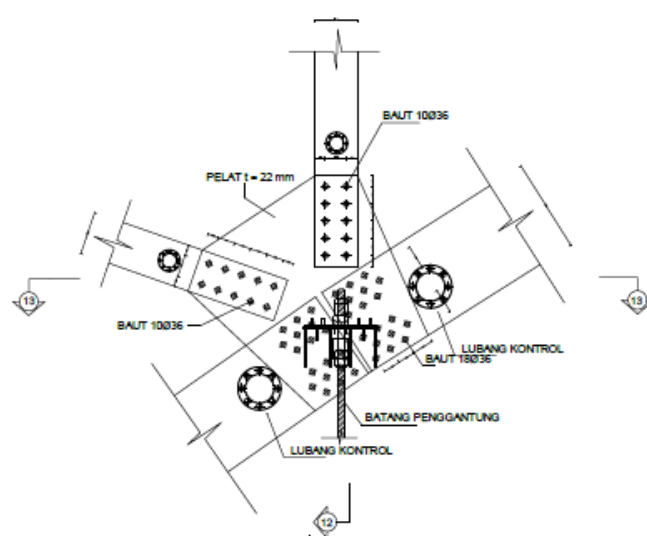
Denah Sambungan H pada Rangka Utama Jembatan



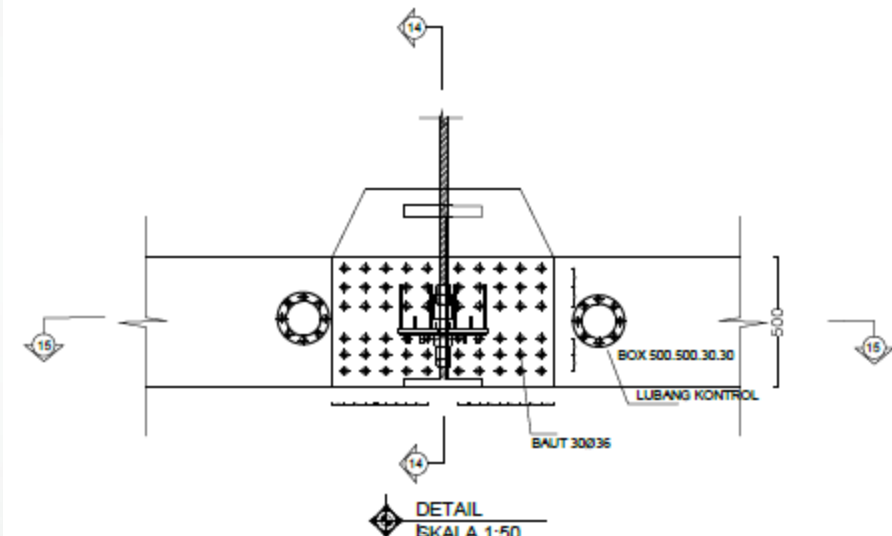
SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN



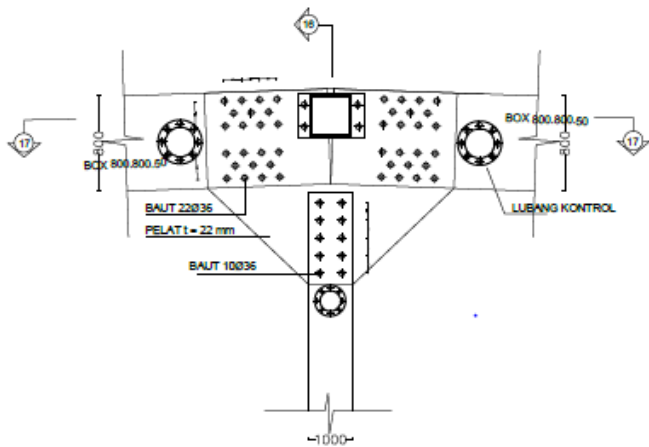
Denah Sambungan J pada Rangka Utama Jembatan



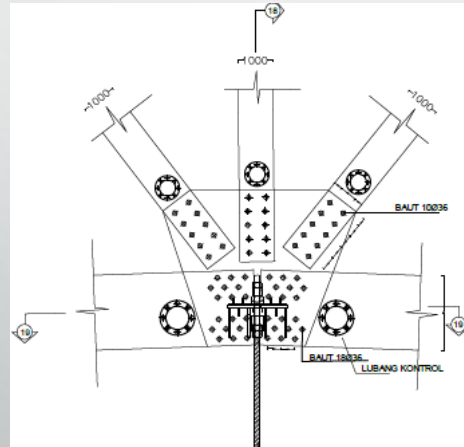
Denah Sambungan K pada Rangka Utama Jembatan



Denah Sambungan L pada Rangka Utama Jembatan



Denah Sambungan M pada Rangka Utama Jembatan

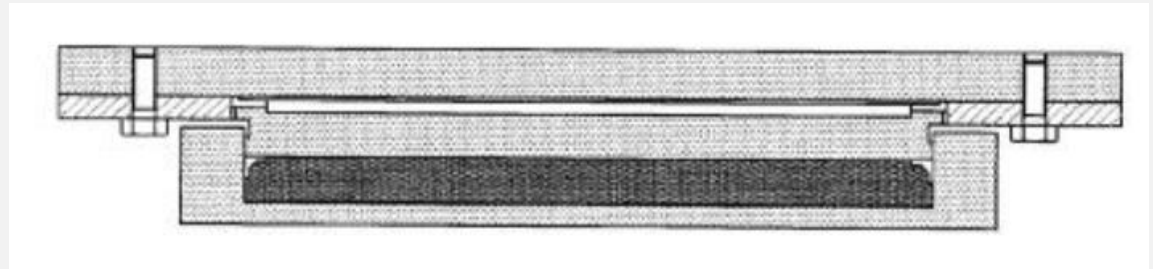
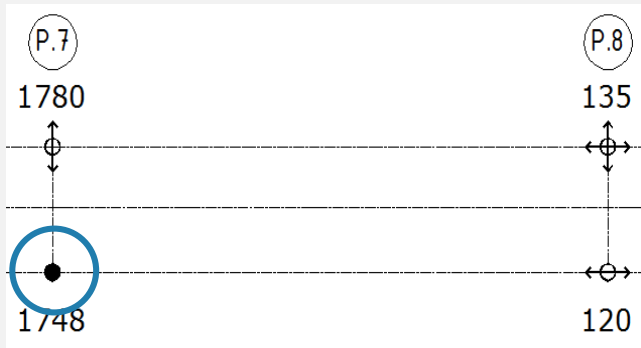


Denah Sambungan N pada Rangka Utama Jembatan



PERLETAKAN

PERLETAKAN



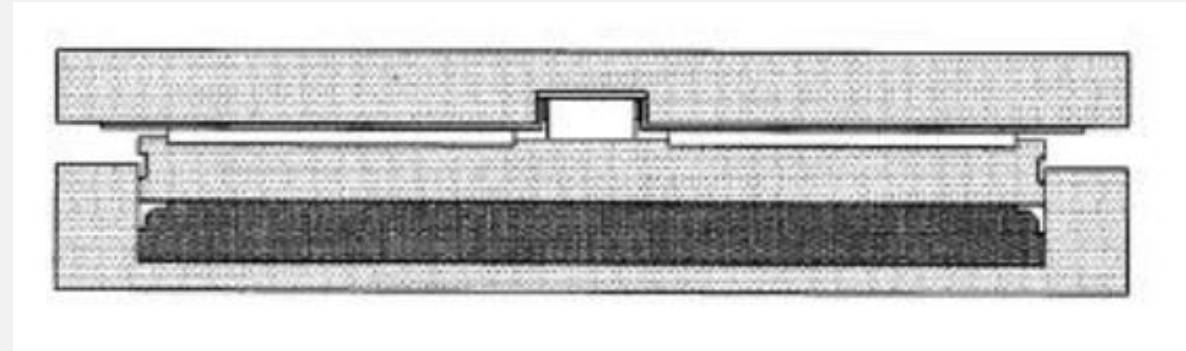
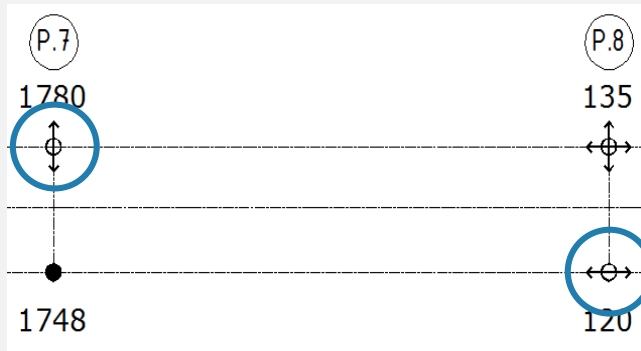
Dimana :

- : pot bearing tipe unidirectional
(dalam 1 arah (transversal atau longitudinal))
- : pot bearing tipe fixed
(memungkinkan tidak adanya gerakan)
- : pot bearing tipe multidirectional
(memungkinkan 2 gerakan arah lateral)



PERLETAKAN

PERLETAKAN



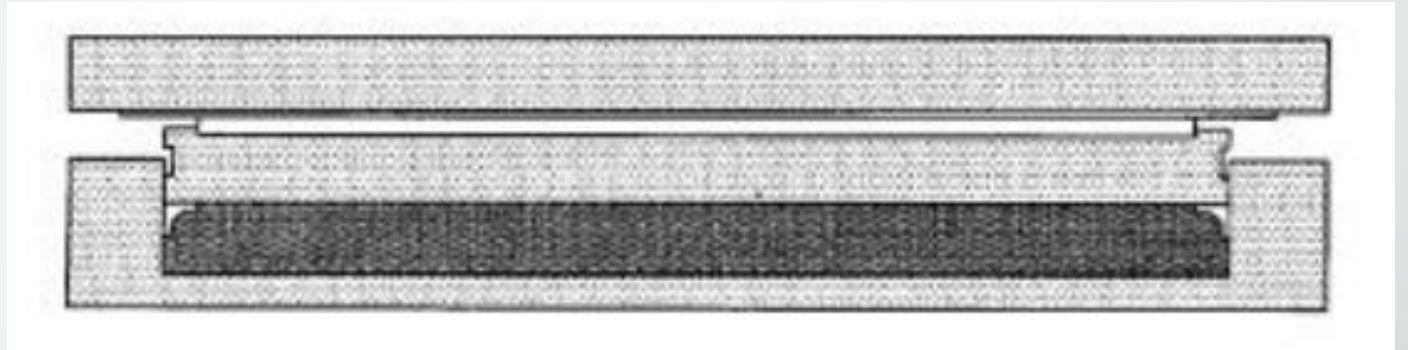
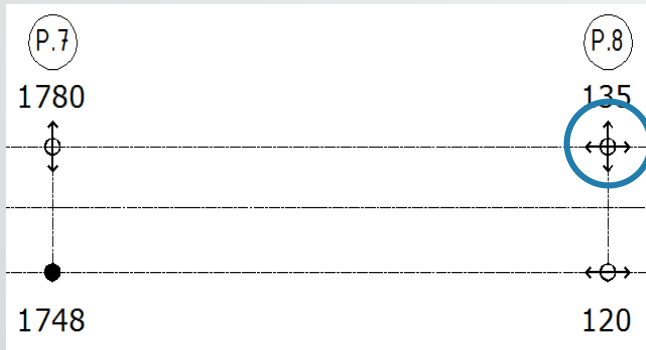
Dimana :

- : pot bearing tipe unidirectional
(dalam 1 arah (transversal atau longitudinal))
- : pot bearing tipe fixed
(memungkinkan tidak adanya gerakan)
- : pot bearing tipe multidirectional
(memungkinkan 2 gerakan arah lateral)



PERLETAKAN

PERLETAKAN



Dimana :

- : pot bearing tipe unidirectional
(dalam 1 arah (transversal atau longitudinal))
- : pot bearing tipe fixed
(memungkinkan tidak adanya gerakan)
- : pot bearing tipe multidirectional
(memungkinkan 2 gerakan arah lateral)



METODE PELAKSANAAN



METODE PELAKSANAAN STRUKTUR UTAMA JEMBATAN

Umumnya, metode pelaksanaan *erection* jembatan busur yang sering digunakan yaitu Metode Pelaksanaan cara Kantilever.

Penopang sementara untuk pelaksanaan jembatan metode kantilever antara lain:

1. *Temporary Phylon*
2. *Temporary Cable*

Temporary Phylon Jembatan

Tinggi rangka : 25 meter

Lebar rangka : 2 meter

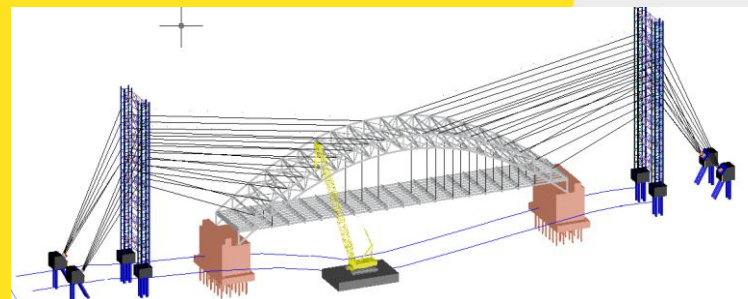
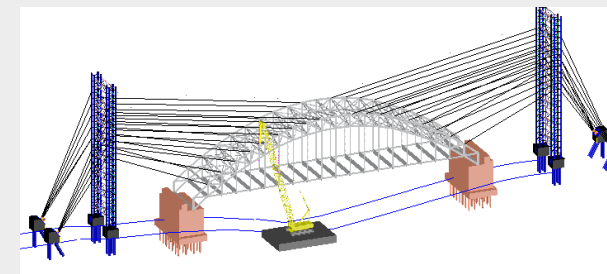
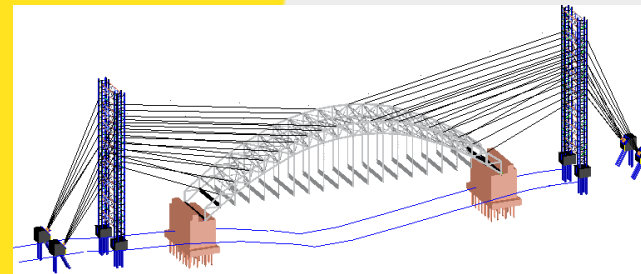
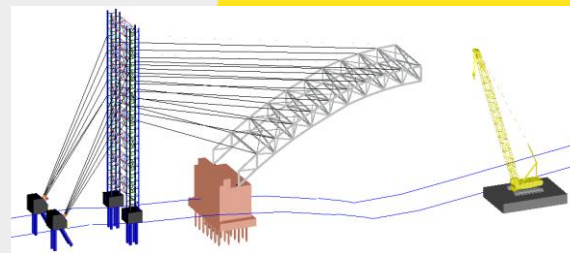
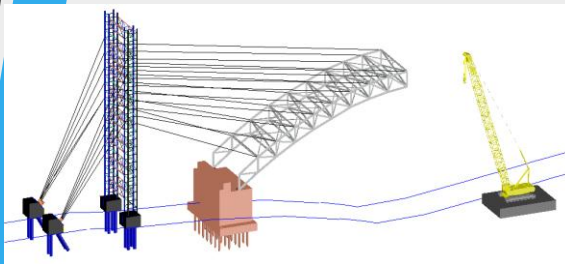
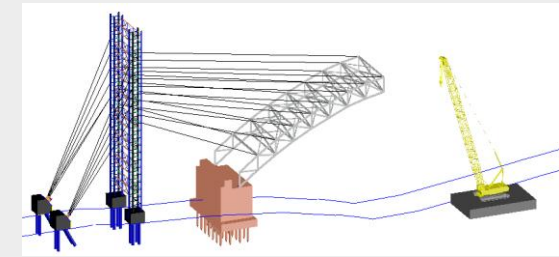
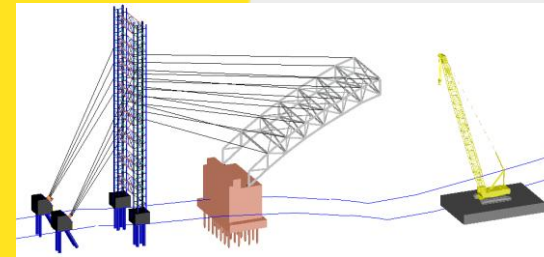
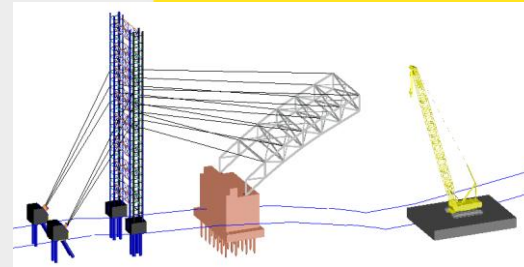
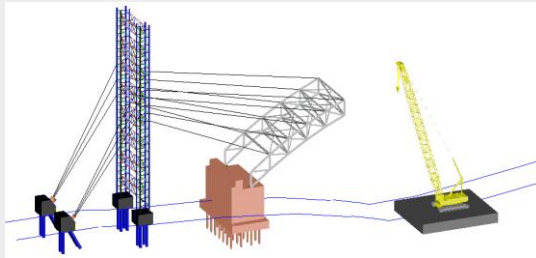
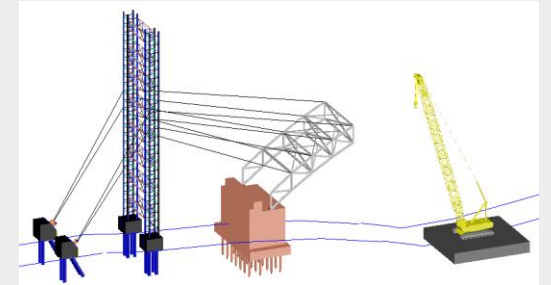
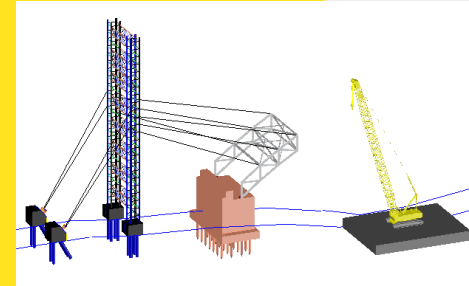
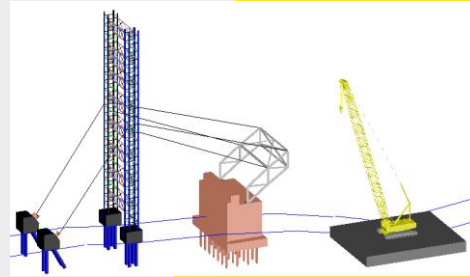
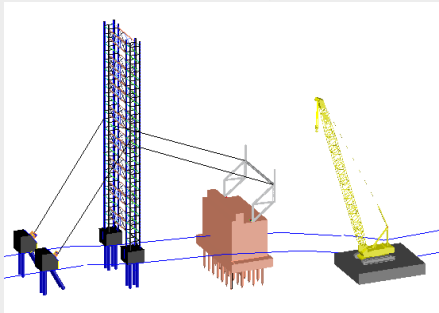
Profil vertikal menggunakan pipa bulat 10". Profil horizontal dan diagonal menggunakan profil double siku 70x70x7

Temporary Cable Jembatan

Tersusun atas *wire cable* dengan 7 buah *strand* dengan luas penampang total 15.24 mm².



METODE PELAKSANAAN STRUKTUR UTAMA JEMBATAN





Video by :
Farid Rozaq Laksono



METODE PELAKSANAAN STRUKTUR UTAMA JEMBATAN

GAYA KABEL PENARIK JEMBATAN

Frame	Pu	Asc Gaya	n. kabel	Asc Actual	Pn	Status
	(kN)	(mm ²)	(strand)	(mm ²)	(kN)	
Berat 1 Segmen	769,0472313	589,399	5	694,645	906,3733	OK
Berat 2 Segmen	1538,094463	1178,797	9	1250,362	1631,472	OK
Berat 3 Segmen	2307,141694	1768,196	13	1806,078	2356,571	OK
Berat 4 Segmen	3076,188925	2357,594	17	2361,794	3081,669	OK
Berat 5 Segmen	3845,236156	2946,993	22	3056,440	3988,043	OK
Berat 6 Segmen	4614,283388	3536,391	26	3612,156	4713,141	OK
Berat 7 Segmen	5383,330619	4125,790	30	4167,872	5438,24	OK
Berat 8 Segmen	6152,37785	4715,188	34	4723,589	6163,339	OK

GAYA KABEL PENAHAN TEMPORARY TOWER

Gaya	Pu	Asc	n. kabel	Asc Actual	Pn	Status
	(kN)	(mm ²)	(strand)	(mm ²)	(kN)	
Gaya Kabel 1	2392,850203	1833,883	2	1913,246	2496,403	OK
Gaya Kabel 2	2214,173942	1696,945	2	1913,246	2496,403	OK
Gaya Kabel 3	2103,078796	1611,802	2	1913,246	2496,403	OK
Gaya Kabel 4	1979,157763	1516,828	2	1913,246	2496,403	OK

Deformasi per stage

Stage	Lendutan (mm)
1	0,24
2	0,083
3	1,58
4	1,439
5	1,343
6	0,07
7	0,346
8	0,946
9	0,857
10	0,721
11	0,609
12	0,521
13	0,409
14	0,276
15	0,191
16	0,086



TERIMA KASIH