



**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN PONDOK NONGKO
DENGAN PELENGKUNG BAJA**

SKRIPSI

Oleh:

Abdulrohim Fahrulloh

NIM 121910301090

PROGRAM STRATA 1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN PONDOK NONGKO
DENGAN PELENGKUNG BAJA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Abdulrohim Fahrulloh

NIM 121910301090

PROGRAM STRATA 1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah Swt. Dengan segala rahmat dan hidayah-Nya kepada saya.
2. Rasulullah Muhammad Saw. Yang telah menjadi suri tauladan dan membawa petunjuk bagi seluruh umat manusia.
3. Yang terhormat Bapak Suharno dan Ibu Dewi Kumalaningrum Sutikno yang telah memberikan dukungan, kasih sayang dan doa tanpa batas kepada saya.
4. Kakak laki-laki tersayang, Handre Farochman Iriansyah yang terus memberi semangat dan mendoakan saya.
5. Almamater tercinta Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Artinya: “Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

-Q.S. Asy-Syarh ayat 286-*

“Gantungkan cita-citamu setinggi bintang-bintang di langit”

-Soekarno-

“There is nothing wrong to dream high”

-Abdulrohlim Fahrulloh-

*Departemen Agama Republik Indonesia. 2011. Al-Qur’an Tajwid dan Terjemah. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdulrohim Fahrulloh

NIM : 121910301090

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Pondok Nongko dengan Pelengkung Baja” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 Juni 2016

Yang menyatakan,

Abdulrohim Fahrulloh

NIM : 121910301090

SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN PONDOK NONGKO
DENGAN PELENGKUNG BAJA**

Oleh:

Abdulrohim Fahrulloh

NIM 121910301090

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Pondok Nongko dengan Pelengkung Baja”, atas nama Abdulrohim Fahrulloh (121910301090) telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 23 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 197310151998021001

Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197112091998032001

Penguji Ketua,

Penguji Anggota,

Sri Sukmawati, S.T., M.T.
NIP. 196506221998032001

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng.
NIP. 197601112000121002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP. 196612151995032001

RINGKASAN

Perencanaan Ulang Jembatan Pondok Nongko dengan Pelengkung Baja;
Abdulrohim Fahrulloh; 121910301090; 2016; 218 halaman; Jurusan Teknik Sipil;
Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Jembatan merupakan suatu sarana atau lintas yang digunakan sebagai penghubung antara dua wilayah yang terpisah akibat suatu rintangan atau sebab lainnya. Lintas tersebut dapat berupa jalan kendaraan, jalan kereta api atau jalan pejalan kaki. Desa Pondok Nongko merupakan salah satu desa yang berada di kecamatan Kabat, kabupaten Banyuwangi. Dengan jumlah populasi yang cukup besar dan sebagai jalur lintas antar desa di kecamatan Kabat, desa Pondok Nongko dapat dikatakan sebagai desa penghubung kebutuhan bagi antar desa di kecamatan Kabat. Keadaan ini juga dapat dilihat dari lokasi jembatan Pondok Nongko yang mempunyai fungsi penghubung antara dua desa, yakni desa Sukojadi dan desa Pondok Nongko. Jenis jembatan Pondok Nongko tergolong dalam jembatan beton bertulang dengan sistem pilar terbuka dengan panjang 50 meter. Pada awal tahun 2015 jembatan yang telah dibangun sejak tahun 1990-1991 ini mengalami keretakan pada struktur balok beton dan kerusakan pada bangunan atas jembatan, serta terjadi pergeseran posisi pilar jembatan dikarenakan arus air yang meningkat pada musim penghujan. Kerusakan ini mengakibatkan potensi runtuhnya jembatan tersebut dalam periode yang semakin dekat. Sehingga perlu dilaksanakan perencanaan ulang jembatan Pondok Nongko yang aman dan sesuai SNI.

Berdasarkan survei yang didasarkan pada analisa secara obyektif, perlu dilaksanakan pembangunan baru jembatan Pondok Nongko. Pembangunan jembatan Pondok Nongko sendiri dilaksanakan dalam bentuk desain pelengkung baja. Pemilihan desain jembatan ini sendiri berdasarkan karakteristik pelengkung baja yang mampu

mentrasfer beban dari struktur terhadap pondasi. Selain itu mengingat akan nilai estetika yang ada pada desain pelengkung baja. Pada sisi bentuk pelengkung, berdasarkan (A. Hool & W.S. Kinne) tinggi fokus pelengkung dihitung dengan memenuhi syarat $\frac{1}{6} < \frac{f}{L} < \frac{1}{5}$ dan $\frac{1}{40} < \frac{t}{L} < \frac{1}{25}$. Dari ketentuan tersebut maka didesain tinggi fokus (f) pelengkung pada jembatan Pondok Nongko setinggi 9,5 meter dan tinggi tampang busur (t) setinggi 1,95 meter. Perencanaan jembatan meliputi struktur atas dan struktur bawah. Perencanaan struktur atas dimulai dengan pembuatan gambar eksisting, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan tiang sandaran, lantai trotoar, pelat kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka induk. Kemudian kontrol kapasitas profil baja berdasarkan aksial, tegangan izin dan lendutan. Selanjutnya direncanakan sambungan untuk struktur atas dan perletakan jembatan sehingga didapat gambar desain struktur atas. Pada perencanaan struktur bawah, dimulai dengan pembebanan *abutment*, kemudian dilaksanakan pendimensian *abutment*. Kontrol stabilitas *abutment* terhadap guling dan geser. Kemudian dilaksanakan perencanaan pondasi tiang pancang yang sesuai dengan daya dukung. Sebagai hasil akhir didapatkan detail penulangan pondasi tiang pancang dan penulangan *abutment*.

Hasil dari penelitian ini adalah dimensi lantai kendaraan jembatan lengkap dengan trotoar arah melintang adalah 9 meter untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur adalah 9,95 meter dan tinggi tampang busur adalah 1,95 meter. Lantai kendaraan berupa balok komposit dengan dimensi profil untuk gelagar melintang adalah profil WF 900.300.16.28 dan gelagar memanjang adalah profil WF 400.400.16.24 dengan mutu baja BJ55. Mutu beton yang digunakan beton $f_c' 25$ MPa. Pada struktur rangka utama, struktur pelengkung atas menggunakan profil WF 400.400.16.24 dan pelengkung bawah menggunakan profil WF 400.400.18.28. Gelagar induk jembatan, batang penggantung dan batang vertikal menggunakan profil WF 400.400.16.24. Untuk batang diagonal 1 menggunakan profil WF 300.300.10.15 dan batang diagonal 2 menggunakan profil WF 400.400.15.15. Semua batang menggunakan mutu baja

BJ55. Sambungan rangka menggunakan mutu baut A325, diameter baut 16 mm dan 22 mm dengan mutu pelat sambung BJ37 dan BJ41. Struktur sekunder berupa ikatan angin atas dan bawah. Batang vertikal dan diagonal pada ikatan angin atas dan bawah menggunakan profil WF 300.300.10.15 dengan mutu baja BJ55. Sambungan menggunakan mutu baut A325, diameter baut 16 mm dengan mutu pelat sambung BJ50. Perletakan jembatan menggunakan perletakan elastomer dengan dimensi 700.550.120. Struktur bawah jembatan didesain dengan menggunakan dimensi *abutment* 3,5 x 11. Untuk pondasi direncanakan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 10 meter dari dasar *abutment*.

SUMMARY

Redesign Bridge of Pondok Nongko with Steel Arch; Abdulrohim Fahrulloh; 121910301090; 2016; 218 pages; Departement of Civil Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

The bridge is one of means or traffic that was used as a conduit between two regions that separate because an obstacle or other reasons. This can be cross-road vehicles, railroad or pedestrian street. Pondok nongko village is one of the villages in Kecamatan Kabat, Banyuwangi regency. With a large population and as line traffic between villages in Kabat, Pondok Nongko village can be called as the need for liaison between the village in Kabat. This situation can also be seen from the location of the bridge that connecting between Kabat village and Sukojadi village. The type of these bridge was reinforced concrete bridge with pillars of open system with a length of 50 meters. At the beginning of the year 2015, the bridge have been constructed since 1990-1991 suffered cracks on concrete beam structure and damage to buildings over a bridge, and the bridge pillar position shift occurs due to increased water flow in the rainy season. This resulted to the potential collapse of the bridge in period. So it needs to be implemented redesign of Pondok Nongko bridge with safe and suitable with Nation Standard of Indonesia.

Based on survey that is based on analysis of objectively, needs to be implemented the new construction of Pondok Nongko bridge. It will implemented with construction of a steel arch design. The selection of this design is based on characteristics of steel arch which is able to transfer the load of structure against the foundation. Besides considering the aesthetic value of steel arch design. On the side of arch from, based on the (A. Hool & WS. Kinne) high arch focus is calculated by qualified $1/6 \leq f/L \leq 1/5$ and $1/40 \leq t/L \leq 1/25$. From that provision then designed a high focus (f) arch bridge on Pondok Nongko as high as 9,5 meters and look arch (t)

1,95 meters tall. The bridge spans planning structure of the top and bottom structure. Upper structure planning begins with creation of existing image, and then proceed with the calculation of the backrest pole, floor pavement, the vehicle's license plate, transversal girder, lengthwise girder, and the main girder. Then control capacity of the steel profiles are based on the permit tension, axial force and permit of deflection. Next planned connection to the upper structure and the image of design of upper structure. And then planning of above structure starting with imposition abutment, then implemented the dimension of abutment. Control stability of abutment against rolling and sliding. Then implemented the planning of pile foundation. As the final results obtained details of reinforcemet of abutment and pile foundation.

The results of this research are the dimensions of the floor of the vehicle bridge complete with pavement transverse direction is 9 meters for 2 line 2 direction. High focu arch is 9,95 meters high and look arch is 1,95 meters. The floor of the vehicle in the form of composite beams with transverse dimension profile for girder is WF. 900.300.16.28 and lengthwise girder with WF. 400.400.16.24. The quality of concrete used concrete $f_c' 25$ MPa. The main frame structure, the structure of up-arch using WF. 400.400.16.24, and down-arch using profile of WF. 400.400.18.28. The main girder of bridge, rod hanger and vertical rods using the profile WF. 400.400.16.24. For diagonal-1 rods using profile WF. 300.300.10.15 and diagonal-2 rods using profile WF. 400.400.15.15. All of profile using quality of steel BJ55. The connector using the bolts with quality A325, diameter of bolt 16 mm and 22 mm with plate-connector quality of BJ37 and BJ41. Secondary structure in the form of bonds winds up and down. Vertical and diagonal stems on the bond winds up and down using the profile of WF. 300.300.10.15 with quality of steel BJ55. The connector using the quality of bolt A325 with diameter 16 mm and dial plate quality BJ50. The Elastomer plan using with dimensions $700 \times 550 \times 120 \text{ mm}^3$. The above structure of the bridge was designed by using abutment with dimensions $3,5 \times 11 \text{ m}^2$. For the foundation planned pile

foundation with diameter 60 cm and the depth of foundation 10 meters from the base of the abutment.



PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Allah Swt., atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Pondok Nongko dengan Pelengkung Baja”. Skripsi disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya dengan penuh kesabaran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi serta meluangkan waktu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Ketua yang telah memberikan bimbingan, saran dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Januar Fery Irawan, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan bimbingan, saran dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T., yang telah memberikan banyak bantuan selama proses pengerjaan skripsi ini.
6. Bapak Suharno, S.Pd., ibu Dewi Kumalaningrum Sutikno, S.Pd., dan kakak laki-laki saya Handre Farochman Iriansyah, S.E., beserta kakak ipar saya Arini Yuanita, S.Pd., yang selalu memberi semangat, dukungan, nasehat bahwa

selalu ada jalan untuk menjadi seorang *engineer* sejati serta doa yang tiada henti terpanjatkan.

7. *Battleborg* beserta keluarga besar Teknik Sipil 12 Universitas Jember yang telah meluangkan waktunya untuk membantu saya dalam menyelesaikan skripsi serta memberi semangat yang tiada henti.
8. Isna Fauziah Yusuf yang telah menjadi rekan dan memberi banyak semangat serta bantuan dalam proses pengerjaan skripsi ini.
9. Almamater tercinta Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember beserta jajaran staf yang telah banyak membantu.
10. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak dalam proses pembuatan skripsi ini.

Penulis merasa penyusunan skripsi belum sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi. Semoga skripsi yang saya susun dapat meberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Jember, 23 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

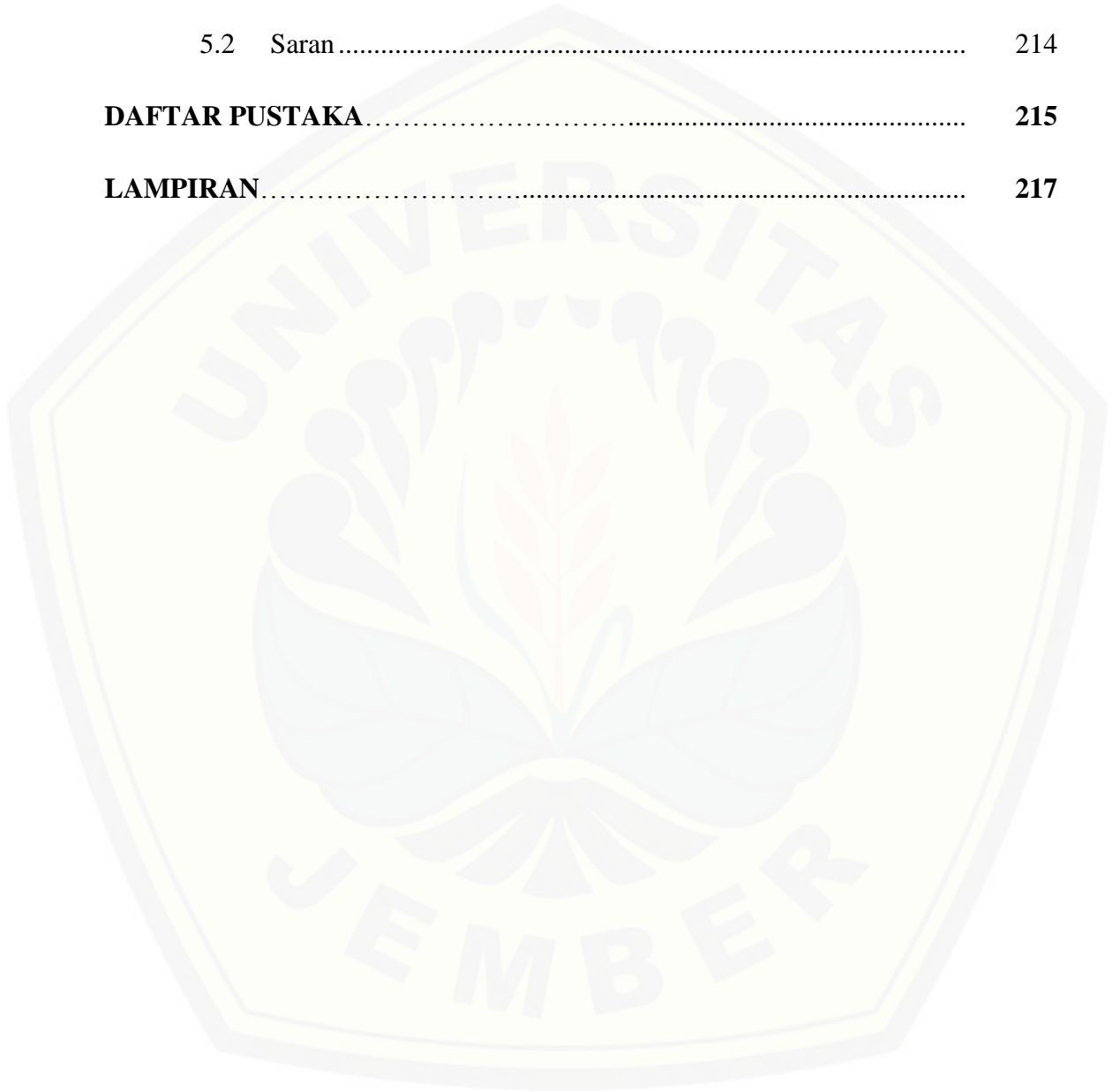
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN BIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
<i>SUMMARY</i>.....	x
PRAKATA.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xx
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2

1.3	Tujuan Penelitian.....	3
1.4	Manfaat Penelitian.....	3
1.5	Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA		4
2.1	Tinjauan Umum.....	4
2.2	Jembatan Pelengkung	4
2.3	Bagian-bagian Struktur Jembatan Pelengkung.....	7
2.3.1	Struktur Atas	7
2.3.2	Struktur Bawah	9
2.4	Analisis Sistem Rangka Baja Struktur Jembatan Busur Rangka Baja	12
2.5	Pembebanan Pada Jembatan.....	13
2.5.1	Beban Mati	13
2.5.2	Beban Hidup	13
2.6	Perencanaan Sambungan	19
2.6.1	Tahanan Nominal Baut	19
2.6.2	Tahanan Geser Baut.....	20
2.6.3	Tahanan Tarik Baut.....	20
2.6.4	Tata Letak Baut.....	21

2.7	Perencanaan <i>Abutment</i>	21
2.8	Perencanaan Pondasi Tiang.....	24
2.8.1	Perhitungan Pondasi Tiang	24
2.8.2	Kontrol Kekuatan Bahan.....	25
2.9	Perencanaan Pondasi Tiang.....	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Lokasi dan Waktu Perencanaan.....	28
3.2	Data yang Diperlukan.....	28
3.3	Metodologi	29
3.4	Diagram Alir Perencanaan Jembatan	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Data Struktur	34
4.2	Perhitungan Struktur Atas	34
4.2.1	Perhitungan Tiang Sandaran, Lantai Trotoar dan Lantai Kendaraan	34
4.2.2	Perencanaan Gelagar Memanjang	45
4.2.3	Perencanaan Gelagar Melintang	51
4.2.4	Gaya Geser.....	66
4.2.5	Perhitungan <i>Shear Connector</i>	67

4.2.6	Perhitungan Rangka Induk.....	70
4.2.7	Bentuk Geometrik Busur	70
4.2.8	Pembebanan Gelagar Induk	71
4.2.9	Data Profil Rangka Induk	80
4.2.10	Analisa dengan SAP2000	83
4.2.11	Hasil Gaya Aksial Masing-masing Batang	88
4.2.12	Desain Rangka Induk dan Cek Stabilitas Profil.....	89
4.2.13	Perencanaan Sambungan Rangka Induk	106
4.2.14	Perencanaan Ikatan Angin	150
4.2.15	Perencanaan Elastomer	175
4.3	Struktur Bawah Jembatan.....	178
4.3.1	Data Tanah	178
4.3.2	Ketentuan dan Data Perencanaan.....	179
4.3.3	Desain Pelat Injak	180
4.3.4	Pembebanan <i>Abutment</i>	182
4.3.5	Desain <i>Abutment</i>	190
4.3.6	Kontrol Stabilitas <i>Abutment</i>	195
4.3.7	Perhitungan Tiang Pondasi	201
4.3.8	Perencanaan Tulangan <i>Abutment</i> dan <i>Pilecap</i>	208

BAB 5. PENUTUP	213
5.1 Kesimpulan.....	213
5.2 Saran.....	214
DAFTAR PUSTAKA.....	215
LAMPIRAN.....	217



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Tipe-Tipe Baut	19
Tabel 4.1. Persamaan Parabola	71
Tabel 4.2. Output Data Gempa	77
Tabel 4.3. Input Respon Spektrum.....	79
Tabel 4.4. Total Beban Profil SAP2000	86
Tabel 4.5. Total Beban Profil Manual.....	87
Tabel 4.6. Gaya Aksial Batang	88
Tabel 4.7. Sifat Tanah	178
Tabel 4.8. Perhitungan Berat <i>Abutment</i> dan Momen	192
Tabel 4.9. Kombinasi I = M + H + Ta	198
Tabel 4.10. Kombinasi II = M + Ta + Gg + A.....	198
Tabel 4.11. Kombinasi III = Komb. I + Rm + Gg + A	198
Tabel 4.12. Kombinasi IV = M + Ta + Bg + Tag	199
Tabel 4.13. Kombinasi V = M + Bg + Gg + A	199
Tabel 4.14. Kombinasi VI = M + Ta.....	199
Tabel 4.15. Spesifikasi Akhir Jembatan.....	212

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tipe-Tipe Jembatan Lengkung	6
Gambar 2.2. Bagian-Bagian Jembatan Pelengkung Baja	8
Gambar 2.3. Bentuk <i>Abutment</i>	10
Gambar 2.4. Cara Meletakkan Tumit	11
Gambar 2.5. Macam-Macam Pondasi Secara Umum	11
Gambar 2.6. <i>Point Bearing Piles</i>	12
Gambar 2.7. Beban T	13
Gambar 2.8. Beban D	14
Gambar 2.9. Ketentuan Penyebaran Beban D	15
Gambar 2.10. Susunan Pembebanan D	16
Gambar 2.11. Faktor Beban Dinamis	17
Gambar 2.12. Gaya Rem per Lajur 2,75 m	18
Gambar 2.13. Tata Letak Baut	21
Gambar 3.1. Lokasi Jembatan	28
Gambar 4.1. Perencanaan Sandaran	35
Gambar 4.2. Perencanaan Lantai Trotoar	39

Gambar 4.3. Perencanaan Lantai Kendaraan.....	41
Gambar 4.4. Perencanaan Gelagar Memanjang.....	46
Gambar 4.5. Profil Gelagar Memanjang.....	48
Gambar 4.6. Pemasangan Pelat Stifner.....	50
Gambar 4.7. Perencanaan Gelagar Melintang	52
Gambar 4.8. Pembebanan Mati Sebelum Komposit.....	52
Gambar 4.9. Pembebanan Mati Sesudah Komposit	54
Gambar 4.10. Beban Garis pada Gelagar Melintang	56
Gambar 4.11. Profil Gelagar Melintang	57
Gambar 4.12. Pemasangan Pelat Stifner.....	58
Gambar 4.13. Profil Gelagar Melintang dan Komposit.....	60
Gambar 4.14. Titik Berat Penampang Komposit.....	62
Gambar 4.15. Pembebanan Mati Sebelum Komposit.....	64
Gambar 4.16. Garis Netral Komposit	64
Gambar 4.17. Gaya Geser Sebelum Komposit	66
Gambar 4.18. Gaya Geser Setelah Komposit	66
Gambar 4.19. Gaya Geser Akibat Beban BGT dan BTR	67
Gambar 4.20. Pemasangan <i>Shear Connector</i>	69
Gambar 4.21. Konstruksi Busur	70

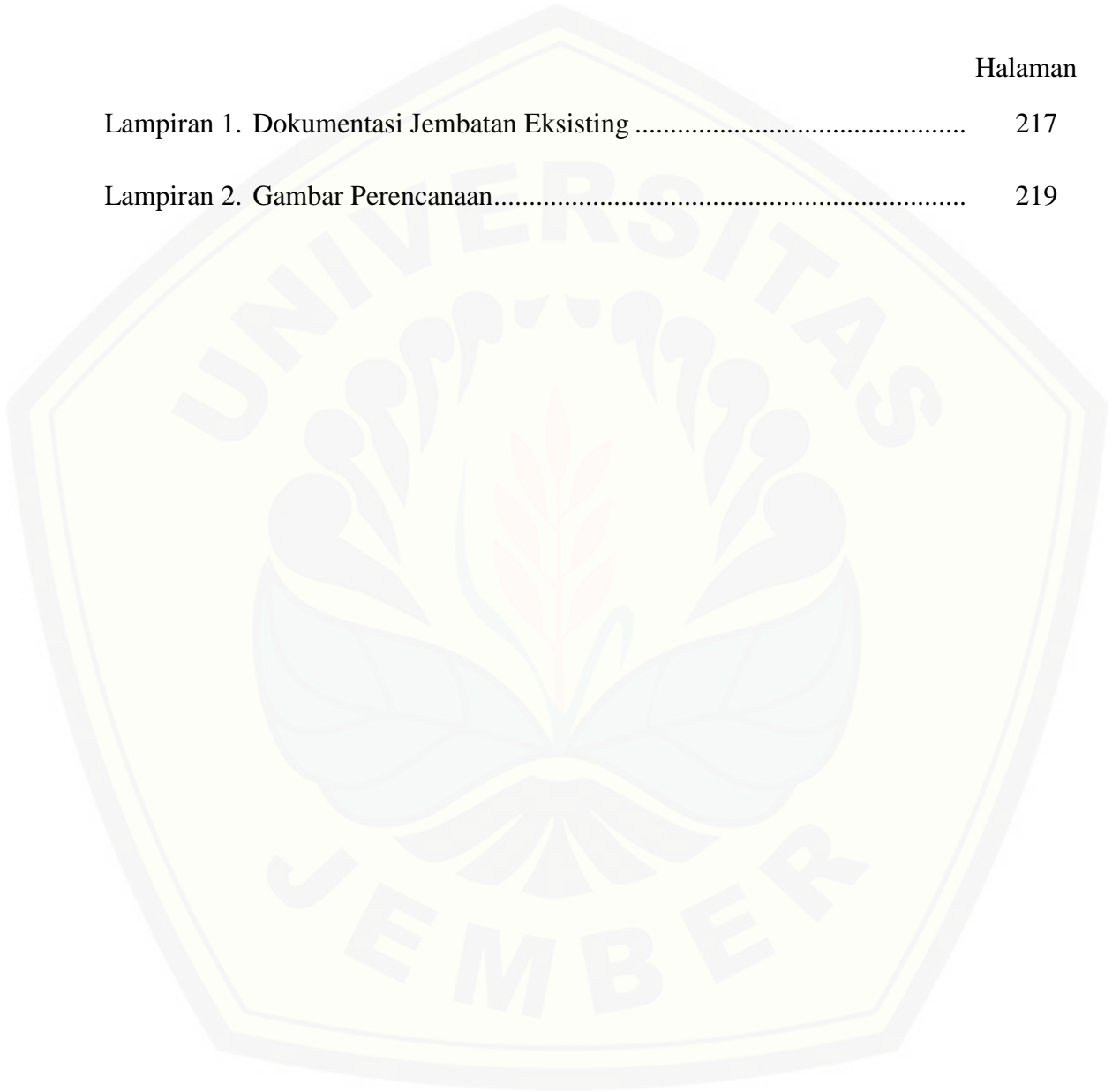
Gambar 4.22. Pembebanan Trotoar dan Sandaran.....	72
Gambar 4.23. Pembebanan Pelat Lantai	72
Gambar 4.24. Pembebanan Aspal.....	72
Gambar 4.25. Pembebanan BGT dan BTR.....	74
Gambar 4.26. Pembebanan Angin	75
Gambar 4.27. Input Respon Spektrum.....	78
Gambar 4.28. Pemodelan 3D.....	83
Gambar 4.29. Input Beban Mati	83
Gambar 4.30. Input Beban Hidup.....	84
Gambar 4.31. Input Beban Angin	84
Gambar 4.32. <i>Output Axial Force</i>	85
Gambar 4.33. Output Lendutan Melintang.....	85
Gambar 4.34. Output Lendutan Memanjang	86
Gambar 4.35. Cek Desain Profil SAP2000.....	88
Gambar 4.36. Sambungan Gelagar Memanjang-Melintang	107
Gambar 4.37. Sambungan Gelagar Induk-Tarik.....	110
Gambar 4.38. Desain Rangka Jembatan	112
Gambar 4.39. Gaya Aksial di Titik Buhul A	112
Gambar 4.40. Gaya Aksial di Titik Buhul B	116

Gambar 4.41. Gaya Aksial di Titik Buhul C	120
Gambar 4.42. Gaya Aksial di Titik Buhul D	125
Gambar 4.43. Gaya Aksial di Titik Buhul E.....	131
Gambar 4.44. Gaya Aksial di Titik Buhul F.....	136
Gambar 4.45. Gaya Aksial di Titik Buhul G	141
Gambar 4.46. Gaya Aksial di Titik Buhul H	145
Gambar 4.47. Ikatan Angin Busur Atas.....	150
Gambar 4.48. Ikatan Angin Busur Bawah.....	151
Gambar 4.49. Sambungan Ikatan Angin Atas	67
Gambar 4.46. Gaya Aksial di Titik Buhul H	145
Gambar 4.47. Ikatan Angin Busur Atas.....	150
Gambar 4.48. Ikatan Angin Busur Bawah.....	151
Gambar 4.49. Sambungan Ikatan Angin Atas	157
Gambar 4.48. Ikatan Angin Busur Bawah.....	151
Gambar 4.49. Sambungan Ikatan Angin Atas	157
Gambar 4.50. Perencanaan Jarak Sambungan Batang Vertikal-Pelat Simpul	159
Gambar 4.51. Perencanaan Jarak Sambungan Batang Diagonal- Pelat Simpul	161
Gambar 4.52. Titik Simpul 2	164

Gambar 4.53. Perencanaan Jarak Sambungan Batang Diagonal-	
Pelat Simpul	165
Gambar 4.54. Ikatan Angin Bawah	167
Gambar 4.55. Arah Gaya I-I	168
Gambar 4.56. Perencanaan Jarak Sambungan Batang Diagonal-	
Pelat Simpul	171
Gambar 4.57. Perencanaan Jarak Sambungan Pelat Simpul-	
Gelagar Melintang	173
Gambar 4.58. Penampang Elastomer.....	178
Gambar 4.59. Pelat Injak	180
Gambar 4.60. Denah Penulangan Pelat Injak	182
Gambar 4.61. Pembebanan Akibat Beban BTR dan BGT.....	185
Gambar 4.62. Letak Garis Netral	187
Gambar 4.63. Bentuk <i>Abutment</i>	187
Gambar 4.64. Struktur Bangunan Bawah	191
Gambar 4.65. Titik Berat <i>Abutment</i>	192

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi Jembatan Eksisting	217
Lampiran 2. Gambar Perencanaan.....	219



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan suatu sarana atau lintas yang digunakan sebagai penghubung antara dua wilayah yang terpisah akibat suatu rintangan atau sebab lainnya. Lintas tersebut dapat berupa jalan kendaraan, jalan kereta api atau jalan pejalan kaki. Sedangkan rintangan tersebut dapat berupa sungai, jurang, jalan atau penghalang lainnya. Peran jembatan tentu sangatlah besar sebagai penopang kebutuhan keseharian bagi masyarakat kedua wilayah tersebut. Pengembangan wilayah dan pembangunan berkelanjutan juga menjadi dua aspek penting yang menjadi sasaran dibangunnya jembatan. Dengan memperhatikan kedua aspek tersebut tentunya jembatan harus direncanakan dengan perhitungan yang tepat dan akurat sebagai dasar perencanaan pembangunan jembatan.

Desa Pondok Nongko merupakan salah satu desa yang berada di kecamatan Kabat, kabupaten Banyuwangi. Desa ini berada di bagian Timur wilayah kabupaten Banyuwangi. Dengan jumlah populasi yang cukup besar dan sebagai jalur lintas antar desa di kecamatan Kabat, desa Pondok Nongko dapat dikatakan sebagai desa penghubung kebutuhan bagi antar desa di kecamatan Kabat. Keadaan ini juga dapat dilihat dari lokasi jembatan Pondok Nongko yang mempunyai fungsi penghubung antara dua desa, yakni desa Sukojati dan desa Pondok Nongko. Jenis jembatan Pondok Nongko tergolong dalam jembatan beton bertulang dengan sistem pilar terbuka. Jembatan Pondok Nongko memiliki panjang 50 m dengan ditopang satu pilar di tengah bentang. Lantai kendaraan pada jembatan Pondok Nongko digunakan untuk pejalan kaki dan berbagai kendaraan, termasuk kendaraan besar sehingga kapasitas jembatan terhitung besar.

Pada awal tahun 2015 jembatan yang telah dibangun sejak tahun 1990-1991 ini mengalami keretakan pada struktur balok beton dan kerusakan pada bangunan atas

jembatan, serta terjadi pergeseran posisi pilar jembatan dikarenakan arus air yang meningkat pada musim penghujan. Kerusakan ini mengakibatkan potensi runtuhnya jembatan tersebut dalam periode yang semakin dekat.

Melihat keadaan jembatan yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya. Maka dilaksanakan survei yang didasarkan pada analisa secara obyektif. Setelah keadaan jembatan dianalisa secara obyektif, perlu dilaksanakan pembangunan baru jembatan Pondok Nongko. Pembangunan jembatan Pondok Nongko sendiri dilaksanakan dalam bentuk desain pelengkung baja. Pemilihan desain jembatan ini sendiri berdasarkan karakteristik pelengkung baja yang mampu mentrasfer beban dari struktur terhadap pondasi. Selain itu mengingat akan nilai estetika yang ada pada desain pelengkung baja. Pada sisi bentuk pelengkung, berdasarkan (A. Hool & W.S. Kinne) tinggi fokus pelengkung dihitung dengan memenuhi syarat $\frac{1}{6} < \frac{f}{L} < \frac{1}{5}$ dan $\frac{1}{40} < \frac{t}{L} < \frac{1}{25}$. Dari ketentuan tersebut maka didesain tinggi fokus (f) pelengkung pada jembatan Pondok Nongko setinggi 9,5 meter dan tinggi tampang busur (t) setinggi 1,95 meter. Dengan uraian di atas maka dapat diketahui bahwa perlu adanya perencanaan jembatan pelengkung baja yang tepat agar tercapai suatu struktur yang aman dan nilai estetika yang terpenuhi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat ditarik perumusan masalah sebagai berikut :

Bagaimana perencanaan struktur jembatan Pondok Nongko dengan menggunakan pelengkung baja yang sesuai dengan SNI ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perencanaan ulang jembatan Pondok Nongko adalah sebagai dasar perencanaan pembangunan jembatan yang baru dengan metode pelengkung dan sebagai aplikasi dari teori-teori perencanaan jembatan yang aman sesuai SNI.

1.4 Manfaat Penelitian

Perencanaan ulang jembatan Pondok Nongko memberikan beberapa manfaat bagi mahasiswa. Adapun manfaat dari perencanaan ulang jembatan Pondok Nongko sebagai berikut :

1. Mahasiswa mampu merencanakan jembatan dengan mode pelengkung baja.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan ilmu Teknik Sipil yang ada di bangku kuliah secara nyata.
3. Menambah ilmu perencanaan bagi mahasiswa.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Tidak merencanakan bangunan pelengkap jembatan, kecuali pelat injak.
2. Tidak merencanakan tebal perkerasan dan desain jalan.
3. Tidak menghitung aspek ekonomis dari biaya konstruksi jembatan.
4. Perencanaan tidak termasuk analisa harga satuan, rencana anggaran biaya pembangunan, dan realisasi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyalang sungai/saluran air, lembah atau menyalang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Dari penjelasan di atas dapat diketahui pengertian umum dari jembatan. Jembatan sebagai sarana transportasi mempunyai banyak fungsi bagi pengguna sarana ini. Fungsi jembatan yang terdiri dari beberapa aspek menjadikan perencanaan dan perancangan jembatan harus sangat diperhatikan. Pada jembatan Pondok Nongko Kabupaten Banyuwangi didesain dengan menggunakan metode beton bertulang. Dalam tugas akhir ini Jembatan Pondok Nangka didesain ulang dengan menggunakan jembatan tipe pelengkung baja dengan posisi pelengkung baja berada di atas lantai kendaraan (*through arch*). Metode ini dipilih karena dengan metode ini dimungkinkan kekuatan struktur akan bertambah akibat transformasi beban yang terjadi pada struktur atas menuju struktur bawah jembatan. Selain itu dari segi estetika jembatan dengan metode ini juga lebih indah daripada desain jembatan sebelumnya yang terlihat kurang dalam kaitan dengan aspek estetika pada perencanaan jembatan.

2.2 Jembatan Pelengkung

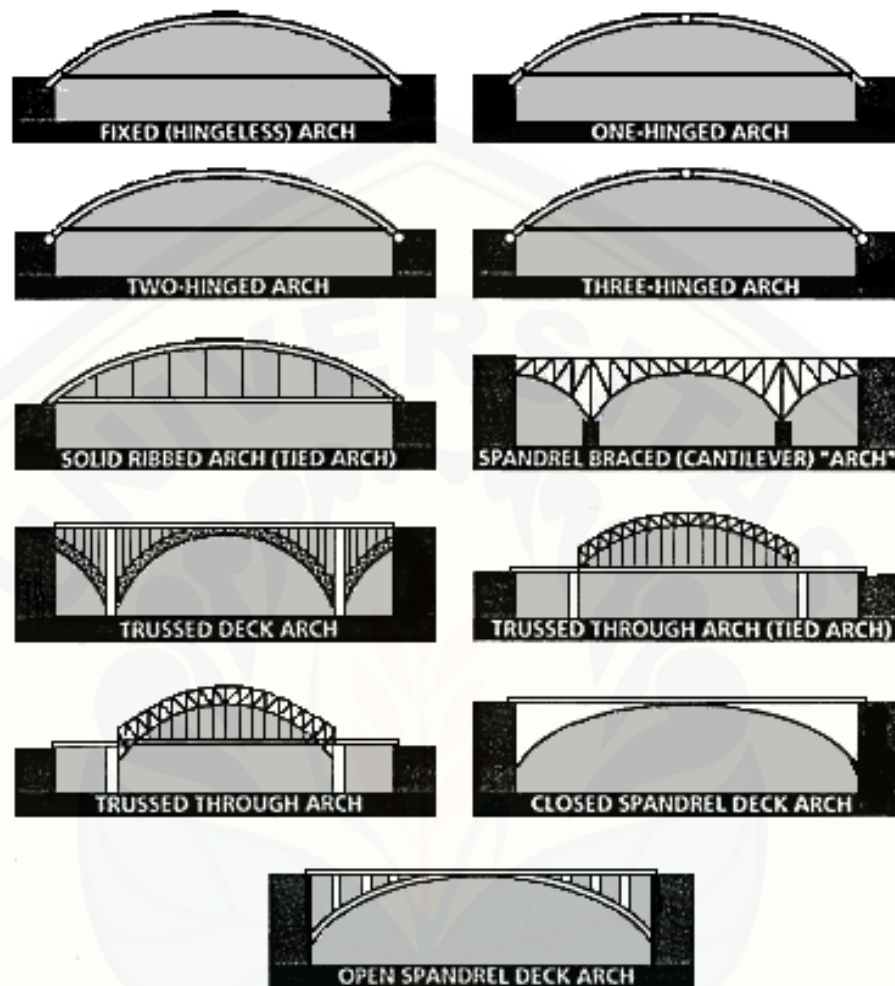
Jembatan lengkung adalah struktur setengah lingkaran dengan *abutment* di kedua sisinya. Desain lengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan

beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju *abutment* yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping (Predrikson, 2011).

Jembatan lengkung adalah suatu tipe jembatan yang menggunakan prinsip kestabilan dimana gaya-gaya yang bekerja di atas jembatan di transformasikan ke bagian akhir lengkung atau *abutment*. Dibandingkan dengan tipe jembatan yang lain, jembatan ini mampu memberikan sistem yang kokoh pada struktural keseluruhan yang ada pada jembatan tersebut. Transformasi beban pada jembatan pelengkung sendiri merupakan salah satu kelebihan tipe jembatan ini. Transformasi beban pada jembatan pelengkung berbeda-beda disesuaikan dengan bentuk ikatan ataupun bentuk struktur baja yang digunakan.

Bentuk ikatan dan bentuk struktural tersebut menjadikan jembatan pelengkung terbagi atas berbagai jenis tipe. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.1, jembatan lengkung dapat dibagi menjadi 11 jenis tipe dengan sistem konstruksi yang berbeda-beda. Berikut beberapa jenis jembatan lengkung yang digunakan dalam sistem konstruksi jembatan pelengkung baja :

- 1) *fixed arch*,
- 2) *one-hinged arch*,
- 3) *two-hinged arch*,
- 4) *three-hinged arch*,
- 5) *solid ribbed arch (tied arch)*,
- 6) *spandrel braced (cantilever) arch*,
- 7) *trussed deck arch*,
- 8) *trussed through arch (tied arc)*,
- 9) *trussed through arch*,
- 10) *closed spandrel deck arch*,
- 11) *open spandrel deck arch*.



Gambar 2.1 Tipe-Tipe Jembatan Lengkung

(Sumber: Jurnal 2TS11921 UAJY, 2010)

Jembatan lengkung dapat dibuat dari bahan batu, bata, kayu, besi cor, baja maupun beton bertulang dan dapat digunakan untuk bentang yang kecil maupun bentang yang besar. Jembatan lengkung tipe *closed spandrel deck arch* biasa digunakan untuk bentang hanya sekitar 0.5 m sampai 2 m dan biasa disebut dengan gorong-gorong. Untuk bentang besar jembatan lengkung dapat digunakan untuk bentang sampai 500 m.

Pada perencanaan kali ini digunakan jembatan lengkung tipe *trussed through arch*. Jenis jembatan busur ini letak lantainya berada tepat di springline busurnya, jembatan seperti ini biasanya dibangun dengan menggunakan bahan baja dengan terdapat ikatan pada busur atasnya.

2.3 Bagian-bagian Struktur Jembatan Pelengkung

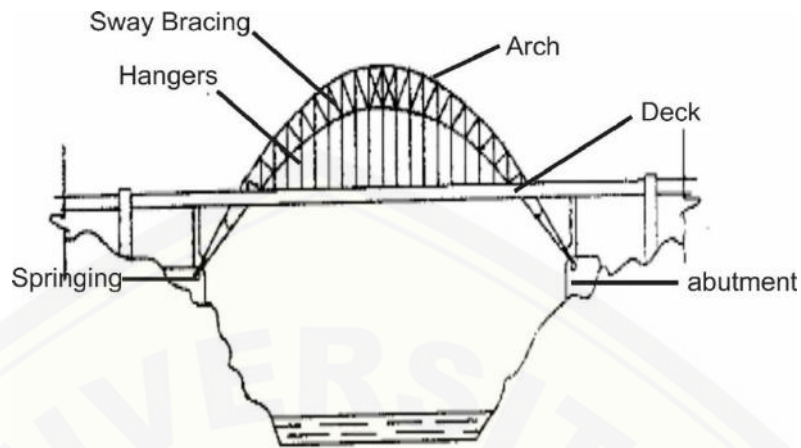
Suatu bangunan jembatan pada umumnya terdiri dari 6 bagian inti, yaitu :

1. Bangunan atas
2. Landasan
3. Bangunan bawah
4. Pondasi
5. Oprit
6. Bangunan pengaman jembatan

2.3.1. Struktur Atas

Menurut (Purnowo dkk, 2007) struktur atas jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang secara langsung menahan beban lalu lintas untuk selanjutnya disalurkan ke bangunan bawah jembatan: bagian-bagian pada struktur bangunan atas jembatan terdiri atas struktur utama, sistem lantai, sistem perletakan, sambungan siar muai dan perlengkapan lainnya: struktur utama bangunan atas jembatan dapat berbentuk pelat, gelagar, sistem rangka, gantung, jembatan kabel (*cable stayed*) atau pelengkung.

Pada perencanaan jembatan kali ini digunakan sistem pelengkung dengan tambahan sistem *sway bracing* (komponen transversal yang menghubungkan bagian dalam pelengkung) pada bagian pelengkung baja atas. *Sway bracing* berfungsi sebagai pengikat antara kedua pelengkung baja atas.



Gambar 2.2 Bagian-bagian Jembatan Pelengkung Baja

(Sumber: Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja Dinas PU, 2011)

1. *Deck Girder*

Deck girder atau lantai jembatan termasuk ke dalam struktur bangunan atas (*Upper-Structure*). Bagian ini berfungsi langsung untuk memikul beban lalu-lintas dan melindungi terhadap keausan. Dan biasanya untuk jembatan lengkung baja konstruksi *deck* menggunakan pelat dari beton bertulang atau pelat baja.

2. Batang Lengkung (*Arch*)

Merupakan bagian dari struktur yang penting sekali karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Dan bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal/ tekan sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan tersebut. Dengan kelebihan utama dari jembatan busur yaitu adanya gaya tekan yang mendominasi gaya pada jembatan busur dan dengan adanya teknologi beton, baja, maupun komposit yang semakin maju, pada penggunaan material tersebut dapat mengurangi bobot jembatan dan

meningkatkan panjang lantai jembatan. (Chen, Wai-Fah, Duan, Lian. *Bridge Engineering Handbook*. London. 2000).

Selain harus memiliki kekuatan yang cukup, rangka batang juga harus memiliki tinggi lengkung busur yang cukup dan ideal. Sehingga kekuatan busur dapat optimum. Tinggi lengkung busur tergantung pada panjang bentang jembatan.

Contoh beberapa jembatan yang ada di dunia yang menggunakan sistem busur antara lain :

- *The Modern Britannia Bridge*, di Anglesey, North Wales. Jembatan ini memiliki panjang bentang busur 461 meter dengan tinggi lengkung busur 40 meter. Sehingga perbandingan tinggi busur dengan panjang bentang adalah 1 : 11,5. Jembatan ini merupakan jembatan busur rangka baja.
- *Wanxian Yangtze Bridge*, di China. Jembatan ini memiliki panjang bentang 425 meter dengan tinggi lengkung busur 85 meter. Sehingga perbandingan tinggi busur dengan panjang bentang adalah 1 : 5. Jembatan ini merupakan jembatan beton rangka busur dan merupakan yang terpanjang.

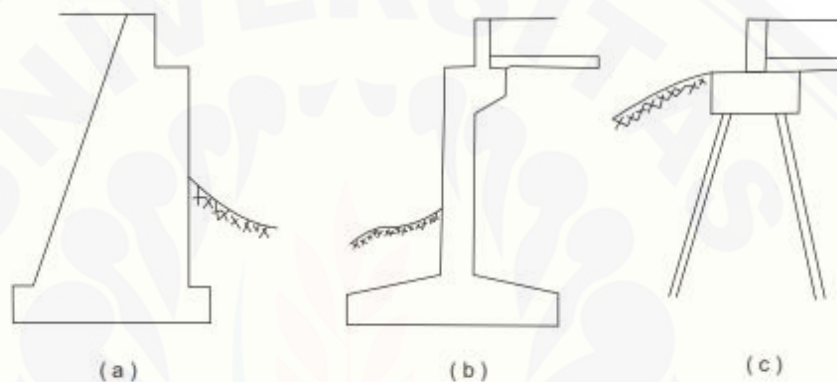
Dari beberapa contoh di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa perbandingan tinggi muka tampang busur dengan panjang bentang jembatan adalah berkisar 1 : 11,5 s/d 1 : 4,6. Untuk tinggi tampang busur jembatan rangka batang adalah sekitar hingga . Lebar jembatan rangka batang agar busur kaku, maka harus direncanakan memiliki perbandingan lebar dan panjang lebih kurang sama dengan 1 : 20.

2.3.2 Struktur Bawah

Struktur bawah jembatan mempunyai 2 macam bangunan, yakni bangunan *abutment* dan bangunan pilar. Namun pada perencanaan kali ini jembatan direncanakan tanpa pilar. Berikut penjelasan mengenai bangunan struktur bawah jembatan, yakni bangunan *abutment* :

1. *Abutment*

Karena letak *abutment* yang berada di ujung jembatan maka *abutment* ini berfungsi juga sebagai penahan tanah. Umumnya *abutment* dilengkapi dengan konstruksi sayap yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan.



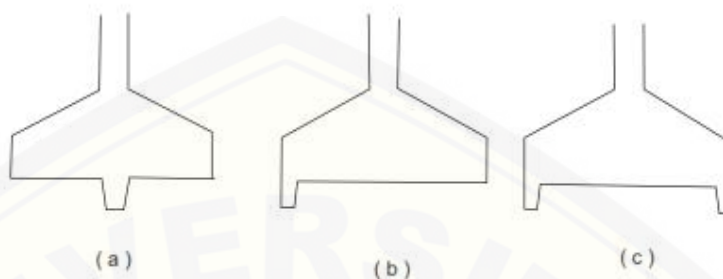
Gambar 2.3 Bentuk *Abutment*

(Sumber: Jurnal 2TS11921 UAJY, 2010)

Bentuk umum *abutment* pada gambar 2.3. sering dijumpai baik pada jembatan-jembatan baru dan jembatan-jembatan lama. Gambar 2.3(a). menunjukkan *abutment* dari pasangan batu, dan gambar 2.3(b) dan 2.3(c) dari beton bertulang (*reinforced concrete*). Pada perencanaan kali ini digunakan *abutment* seperti yang tertera pada gambar 2.3(b).

Di samping beban-beban vertikal dan momen tersebut, kadang-kadang gaya-gaya horizontal yang timbul masih cukup besar, misalnya pada *abutment* dengan pondasi langsung yang di dalam perhitungannya masih didapatkan koefisien keamanan terhadap geser yang belum mencukupi persyaratan, maka sering ditempuh cara lain misalnya dengan memberikan semacam kaki atau

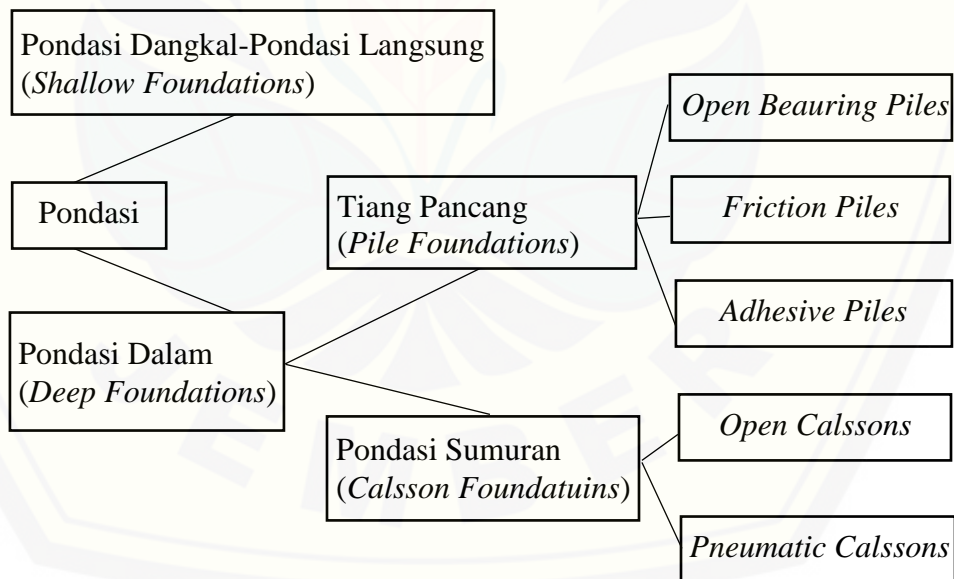
tumit pada bidang pondasinya. Cara meletakkan tumit bisa bermacam-macam (lihat gambar 2.4.)



Gambar 2.4 Cara Meletakkan Tumit
(Sumber: Jurnal 2TS11921 UAJY, 2010)

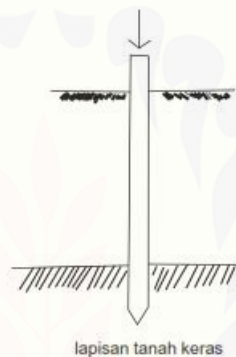
2. Pondasi

Macam-macam pondasi secara umum dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Macam-macam Pondasi Secara Umum
(Sumber: Jurnal 2TS11921 UAJY, 2010)

Pada perencanaan jembatan kali ini digunakan pondasi tiang pancang jenis *point bearing pile* berdasarkan pertimbangan dari nilai sondir tanah yang terdapat pada kondisi tanah sekitar jembatan. Berikut penjelasan mengenai pondasi tiang pancang *point bearing pile*. *Point bearing pile* dimaksudkan kekuatan tiang didasarkan pada daya dukung tanah (Gambar 2.6). Sering kali di dalam perencanaan didapatkan daya dukung tersebut sangat besar sehingga akhirnya kekuatan tiang pancangnya sendiri yang lebih menentukan.



Gambar 2.6 *Point bearing piles*

(Sumber: Jurnal 2TS11921 UAJY, 2010)

2.4 Analisis Sistem Rangka Baja Struktur Jembatan Busur Rangka Baja

Rangka batang adalah susunan elemen-elemen yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak berubah bentuknya ketika diberi gaya-gaya dari luar. Prinsip utama yang mendasari penggunaan rangka batang sebagai pemikul beban utama adalah penyusunan elemen menjadi konfigurasi segitiga yang menghasilkan bentuk stabil. Pada struktur yang stabil deformasi yang terjadi relatif kecil, dan lentur tidak akan terjadi selama gaya-gaya luar berada pada titik simpul. (Dien Aristadi, 2006).

2.5 Pembebanan Pada Jembatan

Berdasarkan pada RSNI T-02-2005 beban-beban yang bekerja pada struktur atas jembatan jalan raya dapat dibagi menjadi sebagai berikut

2.5.1 Beban Mati

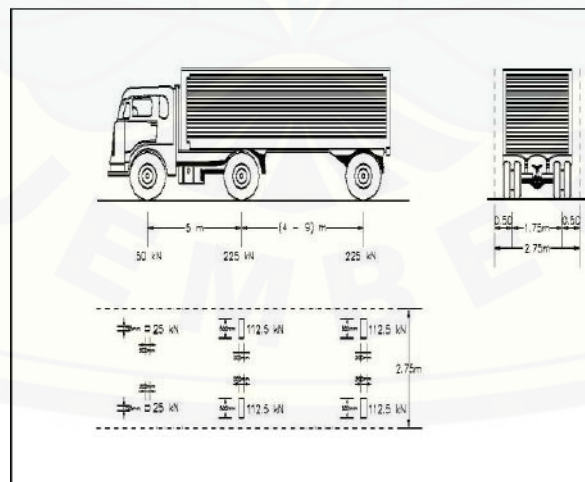
Beban mati adalah beban yang diakibatkan oleh berat sendiri dari jembatan. Beban ini dapat berupa lantai kendaraan, gelagar, dan unsur tambahan lain yang merupakan satu kesatuan tetap.

2.5.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban dinamis yang bergerak dan bekerja pada jembatan. Beban ini dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu beban T dan beban D.

1. Beban T

Merupakan beban kendaraan truk. Beban tersebut tersebar merata pada bidang kontak lantai kendaraan. Beban T dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Beban T

(Sumber: RSNI-T-02-2005)

2. Beban D

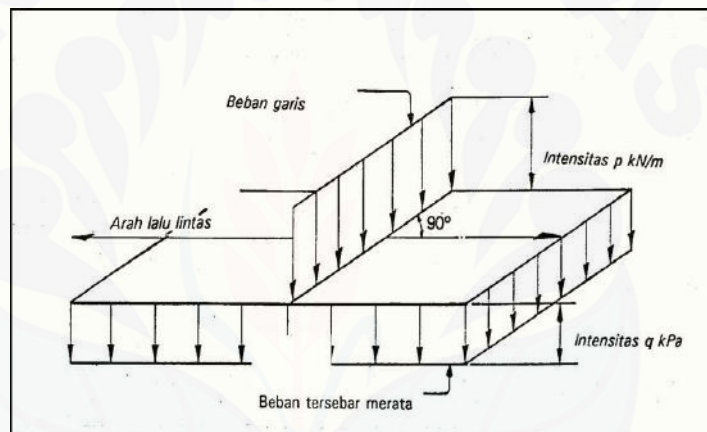
Beban D merupakan beban yang bekerja pada jalur lalu lintas. Beban ini dibagi menjadi dua yaitu beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT).

BTR mempunyai besaran q kPa yang diperoleh dari ketentuan sebagai berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} \quad q = 8,0 \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$L \geq 30 \text{ m} \quad q = 8,0 * (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.2)$$

Sedangkan BGT bekerja tegak lurus lalu lintas jembatan dan mempunyai besaran P kN/m yang nilainya ditentukan sebesar 49kN/m



Gambar 2.8 Beban D

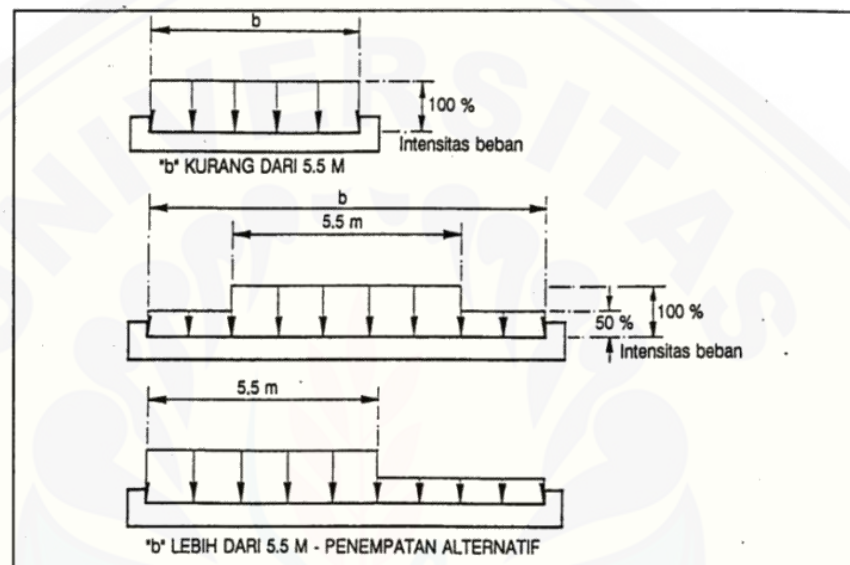
(Sumber: RSNI-T-02-2005)

Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %
- Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (n_1) yang berdekatan (Tabel 11), dengan intensitas 100 % seperti tercantum dalam Pasal 6.3.1. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 p$ kN, kedua-duanya

bekerja berupa *strip* pada jalur selebar $n_1 \times 2,75$ m

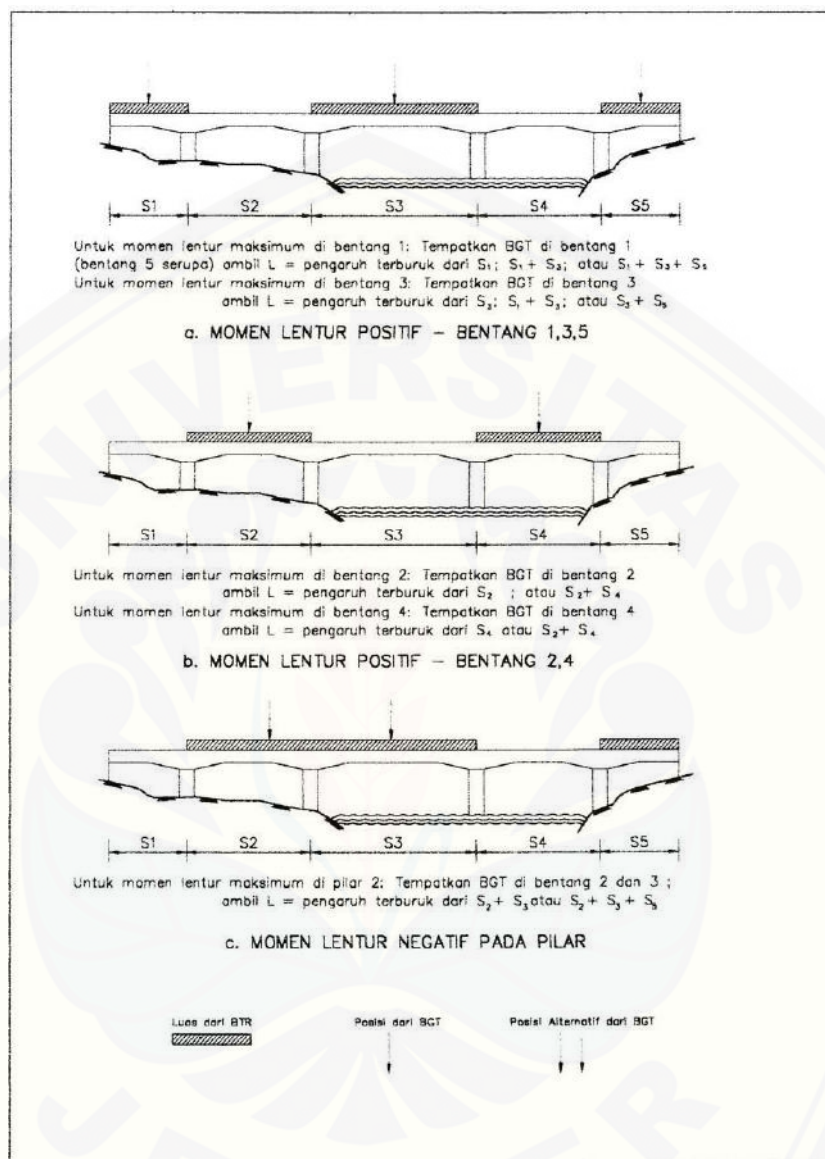
- Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 %



Gambar 2.9 Ketentuan Penyebaran Beban D

(Sumber: RSNI-T-02-2005)

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk kerb dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

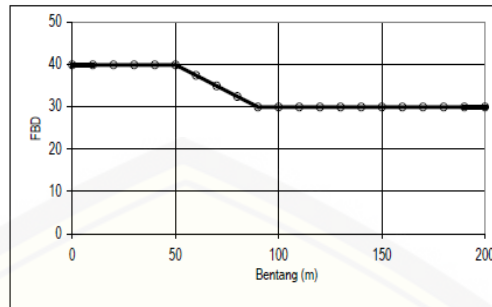


Gambar 2.10 Susunan Pembebanan D

(Sumber: RSNI-T-02-2005)

3. Faktor Beban Dinamis

FBD ini berlaku akibat interaksi beban bergerak yang berpengaruh pada jembatan. FBD dapat ditentukan dengan memperhatikan bentang jembatan pada gambar berikut



Gambar 2.11 Faktor Beban Dinamis

(Sumber: RSNI-T-02-2005)

4. Beban Pejalan Kaki

Beban yang berlaku sebesar 5 kPa. Beban ini diperhitungkan pada trotoar jembatan.

5. Beban Angin

Beban angin dianggap berpengaruh merata pada bidang horisontal jembatan.

Pengaruh beban angin dapat diperhitungkan dengan arah berikut :

$$Tew = 0,0012 \cdot Cw \cdot (Vw)^2 \cdot Ab \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

Tew = gaya nominal ultimit akibat angin

Vw = kecepatan angin rencana (m/s)

Cw = koefisien seret

Ab = luas ekuivalen bagian samping jembatan (m²)

6. Beban Gesekan

Beban gesekan pada tumpuan bergerak (beban horizontal longitudinal pada perletakan)

misal : akibat pemuaian, penyusutan, gaya gempa

$$HL = 0,15 \times (RD+RL) \dots\dots\dots (2.4)$$

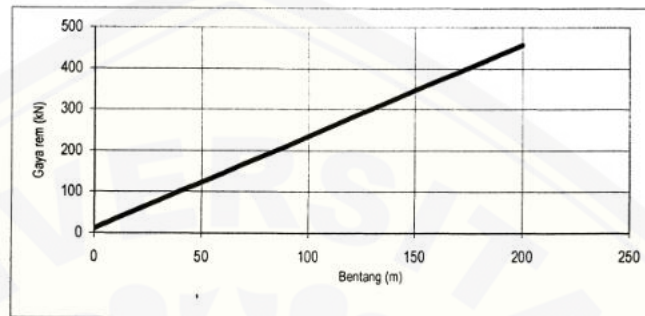
Dengan :

RD : reaksi beban mati di perletakan

RL : reaksi beban hidup di perletakan

7. Beban Rem

Berdasarkan RSNI T-02-2005 halaman 63 dihitung menurut nilai pada grafik di bawah ini dikalikan dengan faktor beban ultimate 1,8 :



Gambar 2.12 Gaya Rem per Lajur 2,75 m (KBU)
(Sumber: RSNI-T-02-2005)

8. Beban Gempa

Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi/bagian yang ditinjau.

Beban gempa horisontal pada jembatan dapat ditentukan dengan rumus:

$$TEQ = Kh \times I \times Wt \text{ dan, } Kh \times C \times S \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

TEQ: gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau

Kh : koefisien beban gempa

C : koefisien geser

I : faktor kepentingan

S : faktor jenis struktur

Wt : berat total nominal jembatan yang dipengaruhi gaya gempa

Koefisien geser dasar (C) dapat ditentukan dengan Gambar 14 pada RSNI T-02-2005 di mana diperlukan waktu getaran sebagai parameternya. Untuk mencari nilai waktu dasar getaran pada jembatan, dapat ditentukan dengan rumus :

$$T = 2\pi \sqrt{Wt/gKp} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

T : waktu getar (detik)

Wt : berat total nominal jembatan

g : gravitasi

Kp : kekakuan gabungan bangunan

2.6 Perencanaan Sambungan

Sambungan harus dianggap memiliki kekakuan yang cukup agar profil antara unsur tidak berubah pada pembebanan. Deformasi sambungan harus demikian agar tidak mempunyai pengaruh besar pada pembagian pengaruh aksi maupun pada keseluruhan rangka.

Berikut adalah tipe – tipe baut dengan diameter, *proof load* dan kuat tarik minimumnya :

Tabel 2.1 Tipe – tipe Baut

Tipe Baut	Diameter (mm)	<i>Proof Stress</i> (Mpa)	Kuat Tarik Min (Mpa)
A307	6.35-104	-	60
A325	12.7-25.4	585	825
	28.6-38.1	510	725
A490	12.7 - 38.1	825	1035

Sumber: SNI 03-1729 (2002).

Sambungan Baut mutu tinggi dapat didesain sebagai sambungan tipe friksi (jika dikehendaki tidak ada slip) atau juga sebagai sambungan tipe tumpu.

2.6.1 Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor R_u , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan R_n adalah tahanan nominal baut sedangkan ϕ adalah faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75. Besarnya R_n berbeda – beda untuk masing – masing tipe sambungan.

2.6.2 Tahanan Geser Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan :

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

r_1 = 0,50 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_{1b} = 0,40 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

f_u = Kuat tarik baut (Mpa)

A_b = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

M = Jumlah bidang geser

2.6.3 Tahanan Tarik Baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut :

$$R_n = 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

f_u = Kuat tarik baut (Mpa)

A_b = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang di sambung. Besarnya ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

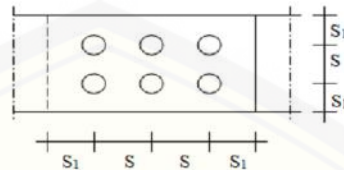
d_b = diameter baut pada daerah yang tak berulir

t_p = tebal plat

f_u = kuat tarik putus terendah dari baut atau plat

2.6.4 Tata Letak Baut

Tata letak baut diatur dalam SNI 03-1729 2002 pasal 13.4



Gambar 2.13 Tata Letak Baut

Dengan :

$$3db < S < 15 tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5db < S1 < (4tp+100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

2.7 Perencanaan *Abutment*

1. Beban – beban yang terjadi pada *abutment* terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal.

a. Beban vertikal

(1. Beban mati struktur

Dari analisis *SAP 2000* (*Struktural Analisis Programs 2000*) didapatkan beban – beban dari jembatan panjang 50 m yang membebani *abutment*.

b. Beban yang terjadi diatas *abutment* adalah :

(1. Beban mati struktur atas

(2. Beban sendiri *abutment* (W_{abt})

Berat sendiri *abutment* dihitung berdasarkan seluruh berat struktur *abutment* dan berat tanah isian diatas *abutment*. *Abutment* akan dibagi menjadi beberapa bagian untuk mempermudah menghitung berat keseluruhan *abutment*.

(3. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan terdiri dari beban gempa dan beban rem.

2. Perhitungan gaya-gaya dalam

- a. Gaya vertikal akibat DL gelagar dan LL (UDL x kejut, KEL x kejut)
- b. Gaya horisontal akibat beban gempa dan rem
- c. Momen yang terjadi akibat gaya vertikal dan horisontal

3. Penulangan *abutment*

- a. Perhitungan penulangan pelat vertikal

$$M_u = M_{max}$$

$$R_n = \frac{M^*}{b \cdot d^2}$$

$$\rho = \frac{K^R_C \cdot f_{sy} - \sqrt{(K^R_C \cdot f_{sy})^2 - 2,4 \cdot K^R_C \cdot \frac{M^*}{b \cdot d^2} \cdot \frac{f_{sy}^2}{f'c}}}{1,2 K^R_C \frac{f_{sy}^2}{f'c}} \quad (2.11)$$

(BMS pasal 5.4 Hal. 5-13)

$$\rho_{min} = 1,4/f_{sy}$$

$$\rho_{min} > \frac{A_{st}}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots \text{digunakan } \rho_{min}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

- b. Perhitungan penulangan konsol pendek

$$V_u = V_{u1} + V_{u2}$$

$$N_{uc} = 0,2 V_u$$

$$V_n = \frac{V_v}{\phi}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu}$$

Tulangan A_f yang dibutuhkan untuk menahan momen M_u adalah :

$$M_u = 0,2 V_u + N_{uc} (h-d)$$

$$R_n = \frac{M^*}{b \cdot d^2}$$

$$\rho = \frac{K^R_C \cdot f_{sy} - \sqrt{(K^R_C \cdot f_{sy})^2 - 2,4 \cdot K^R_C \cdot \frac{M^*}{b \cdot d^2} \cdot \frac{f_{sy}^2}{f'c}}}{1,2 K^R_C \frac{f_{sy}^2}{f'c}} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_{sy}$$

$$\rho_{min} > \frac{A_{st}}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots \text{digunakan } \rho_{min}$$

$$A_f = \rho b d$$

Tulangan tarik

$$A_n = N_{uc} / (\phi \cdot F_y) \dots\dots\dots (2.13)$$

Tulangan utama total

$$A_s = A_f + A_n \dots\dots\dots (2.14)$$

$$A_s = \frac{2 \cdot A_{vf}}{3} + A_n$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

$$A_h = \frac{A_{vf}}{3}$$

4. Penggambaran hasil perhitungan
5. Penulisan hasil analisis

2.8 Perencanaan Pondasi Tiang

2.8.1 Perhitungan Pondasi Tiang

Perencanaan pondasi harus diperhitungkan terhadap daya dukung tiang dan daya dukung tiang individu berdasarkan :

1. Kemampuan bahan

Rumus : $Q_{bahan} = A \times f_c' \dots\dots\dots (2.15)$

Dengan : $Q_{bahan} = \text{daya dukung tiang}$

A = luas penampang

f_c' = mutu bahan

2. Efisiensi tiang dengan menggunakan persamaan konversi Labarre :

Rumus : $E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right] \dots\dots\dots (2.16)$

Dengan : $E_k = \text{efisiensi tiang individu}$

m = jumlah baris

n = jumlah tiang per baris

- θ = arc tan d/s
- d = dimensi tiang
- s = jarak antar tiang

3. Daya dukung tiang

Rumus : $Q_{tiang} = \frac{(A \times C)}{SF} + \frac{(\phi \times JHP)}{SF}$ (2.17)

- Dengan : Q_{tiang} = daya dukung tiang individu
- A = luas penampang
 - C = harga conus
 - ϕ = keliling tiang
 - JHP = jumlah hambatan pelekot
 - SF = angka keamanan yang besarnya masing-masing 3 dan 5

4. Perhitungan jarak tiang pancang

Rumus : $2,5D \leq S \leq 3D$

5. Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer

Rumus : $1,5D \leq S1 \leq 2D$

6. Perkiraan jumlah tiang pancang

Rumus : $n = \frac{\sum P}{P_{izin}}$ (2.18)

- Dengan : n = jumlah tiang
- $\sum P$ = jumlah beban vertikal
 - P_{izin} = daya dukung izin (diambil nilai terkecil dari Qbahan dan Q_{tiang})

7. Daya dukung tiang dalam grup

Rumus : $P_{grup} = \eta \times P_{izin}$ (2.19)

- Dengan : P_{grup} = daya dukung tiang
- P_{izin} = daya dukung tiang individu
 - η = efisiensi tiang individu

8. Beban maksimum yang diterima tiang dalam kelompok tiang

$$\text{Rumus} : P_{\text{satu TP}} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \times x \text{ max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times y \text{ max}}{\sum y^2} \dots\dots (2.20)$$

- Dengan : $\sum P$ = jumlah beban vertikal
- n = jumlah tiang
- $M_x = M_y$ = momen yang bekerja di atas poer
- x, y = jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kelompok tiang

2.8.2 Kontrol Kekuatan Bahan

Kontrol bahan yang dilakukan meliputi control terhadap gaya aksial, gaya lateral, gaya momen dan defleksi. Berdasarkan buku “Daya Dukung Pondasi Dalam” oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi, perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Kontrol gaya lateral

Daya dukung mendatar yang diizinkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \dots\dots\dots (2.21)$$

Tiang-tiang menonjol di atas tanah

$$H_a = \frac{4 \cdot E \cdot I \cdot \beta^3}{1 + \beta \cdot h} \cdot \delta_a \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan :

H_a = Daya dukung mendatar yang diizinkan (kg)

K = Koefisien reaksi lapisan tanah di bawah permukaan dalam arah vertikal (kg/m³)

D = Diameter tiang (cm)

EI = Kekakuan lentur dari tiang (kg/cm⁻¹)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{(k \cdot D)}{4 \cdot E \cdot I}} \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

h = Panjang tiang yang menonjol di atas tanah (cm)

δ_a = Besarnya pergeseran normal (cm)

2. Kontrol gaya momen

Momen maksimum pada tiang pancang dihitung dengan perumusan

Rumus : $M_{maks} = \gamma' dL^3 Kp \dots (B. Broms) \dots (2.23)$

Dengan : γ' = Derajat Kejenuhan

d = diameter tiang

L = kedalaman tiang

$Kp = (1+\sin\phi)/(1-\sin\phi)$

3. Kontrol defleksi

Besarnya defleksi horizontal (Y) dari tiang vertikal akibat *lateral loads* dapat dicari dengan persamaan :

Deflection at head untuk *free-headed pile* :

$$Y = \frac{H.(e+Zf)^3}{3.E.I} \dots (2.24)$$

Deflection at head untuk *fixed-headed pile* :

$$Y = \frac{H.(e+Zf)^3}{12.E.I} \dots (2.25)$$

Dengan :

H = Gaya horizontal (*lateral load*) yang diterima tiang

E = *Elastic modulus* dari material tiang pondasi

I = Momen inersia tiang pancang

2.9 Keadaan Batas Jembatan

2.9.1 Keadaan Batas Ultimit

Berdasarkan “Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan” Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2015, aksi-aksi yang menyebabkan sebuah jembatan menjadi tidak aman disebut aksi-aksi ultimit dan reaksi yang diberikan jembatan terhadap aksi tersebut disebut dengan keadaan batas ultimit.

Keadaan batas ultimit terdiri dari hal-hal berikut.

1. Kehilangan keseimbangan statis karena sebagian atau seluruh bagian jembatan longsor, terguling atau terangkat ke atas;
2. Kerusakan sebagian jembatan akibat lelah/fatik dan atau korosi hingga suatu keadaan yang memungkinkan terjadi kegagalan;
3. Keadaan paska elastik atau purna tekuk yaitu suatu bagian jembatan atau lebih mencapai kondisi runtuh. Pada keadaan plastis atau purna tekuk, aksi dan reaksi jembatan diperbolehkan untuk didistribusikan kembali dalam batas yang ditentukan dalam bagian perencanaan bagi material yang bersangkutan;
4. Kehancuran bahan pondasi yang menyebabkan pergerakan yang berlebihan atau kehancuran bagian utama jembatan.

2.9.1 Keadaan Batas Layan

Keadaan batas layan akan tercapai ketika reaksi jembatan sampai pada suatu nilai sehingga:

1. Mengakibatkan jembatan tidak layak pakai, atau
2. Menyebabkan kekhawatiran umum terhadap keamanan jembatan, atau
3. Secara signifikan mengurangi kekuatan atau masa layan jembatan.

Keadaan batas layan adalah suatu kondisi pada saat terjadi:

1. Perubahan bentuk (deformasi) yang permanen pada pondasi atau pada sebuah elemen penyangga utama setempat,
2. Kerusakan permanen akibat korosi, retak, atau kelelahan/fatik,
3. Getaran, dan
4. Banjir pada jaringan jalan dan daerah di sekitar jembatan yang rusak karena penggerusan pada dasar saluran, tepi sungai, dan jalan hasil timbunan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Perencanaan

Jembatan yang akan direncanakan ulang berada di Kecamatan Pondok Nongko, Banyuwangi. Jembatan tersebut berada di aliran Sungai Macan Putih yang menghubungkan wilayah Desa Sukojati dan Desa Pondok Nongko Kecamatan Kabat. Perencanaan jembatan dilakukan selama 1 semester tepatnya pada bulan Februari 2016 sampai dengan bulan Juni 2016.



Gambar 3.1 Lokasi Jembatan
(Sumber: *Google Map*, 2015)

3.2 Data yang Diperlukan

Untuk perencanaan bangunan atas jembatan rangka baja jalan lingkar selatan Jember ini memerlukan data-data, seperti:

1. Gambar Jembatan yang sudah ada
2. Data lalu lintas
3. Data Hidrologi
4. Spesifikasi Jembatan
5. Data Sondir Tanah

3.3 Metodologi

Perencanaan ulang jembatan diawali dengan pengambilan data awal jembatan. Pengambilan data ini dilakukan dengan mengkaji gambar jembatan awal yang sudah ada. Data yang diperoleh adalah lebar jembatan, panjang jembatan dan tinggi jembatan yang akan digunakan sebagai acuan desain jembatan. Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan dan perencanaan ulang jembatan dengan desain jembatan rangka baja. Perhitungan dan perencanaan dilakukan dengan tahap-tahap berikut:

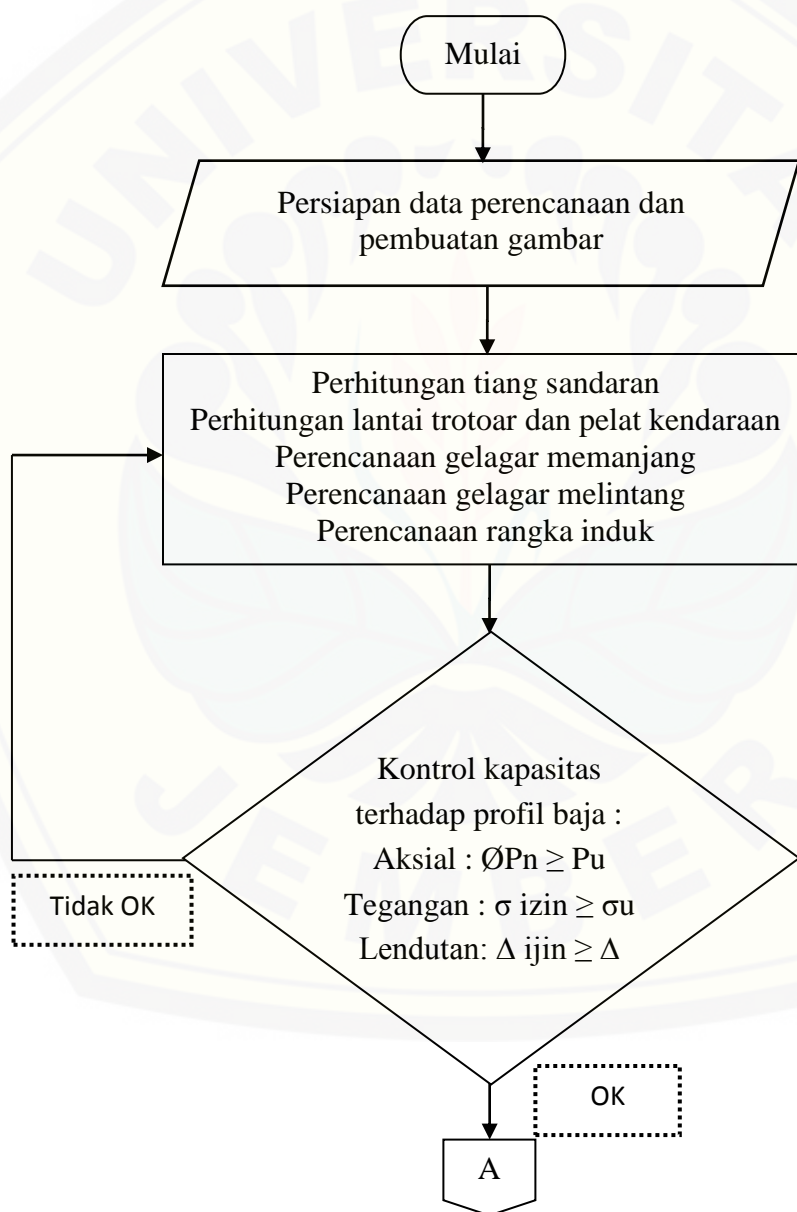
1. Persiapan data perencanaan jembatan, meliputi ukuran jembatan dan gambar perencanaan
2. Perhitungan tiang sandaran
3. Perhitungan lantai trotoar
4. Perhitungan pelat kendaraan
5. Perencanaan gelagar memanjang
6. Perencanaan gelagar melintang
7. Perhitungan penghubung geser (*shear connector*)
8. Perhitungan sambungan gelagar melintang dan gelagar memanjang
9. Perhitungan sambungan gelagar melintang dan profil siku
10. Perhitungan ikatan angin
11. Perhitungan sambungan ikatan angin
12. Perencanaan rangka induk
13. Pendimensian batang rangka induk
14. Perhitungan sambungan rangka utama
15. Perhitungan stabilitas pelat buhul
16. Perhitungan lendutan rangka induk
17. Perhitungan Tonase
18. Perancangan *Abutment*
19. Perhitungan stabilitas *Abutment*

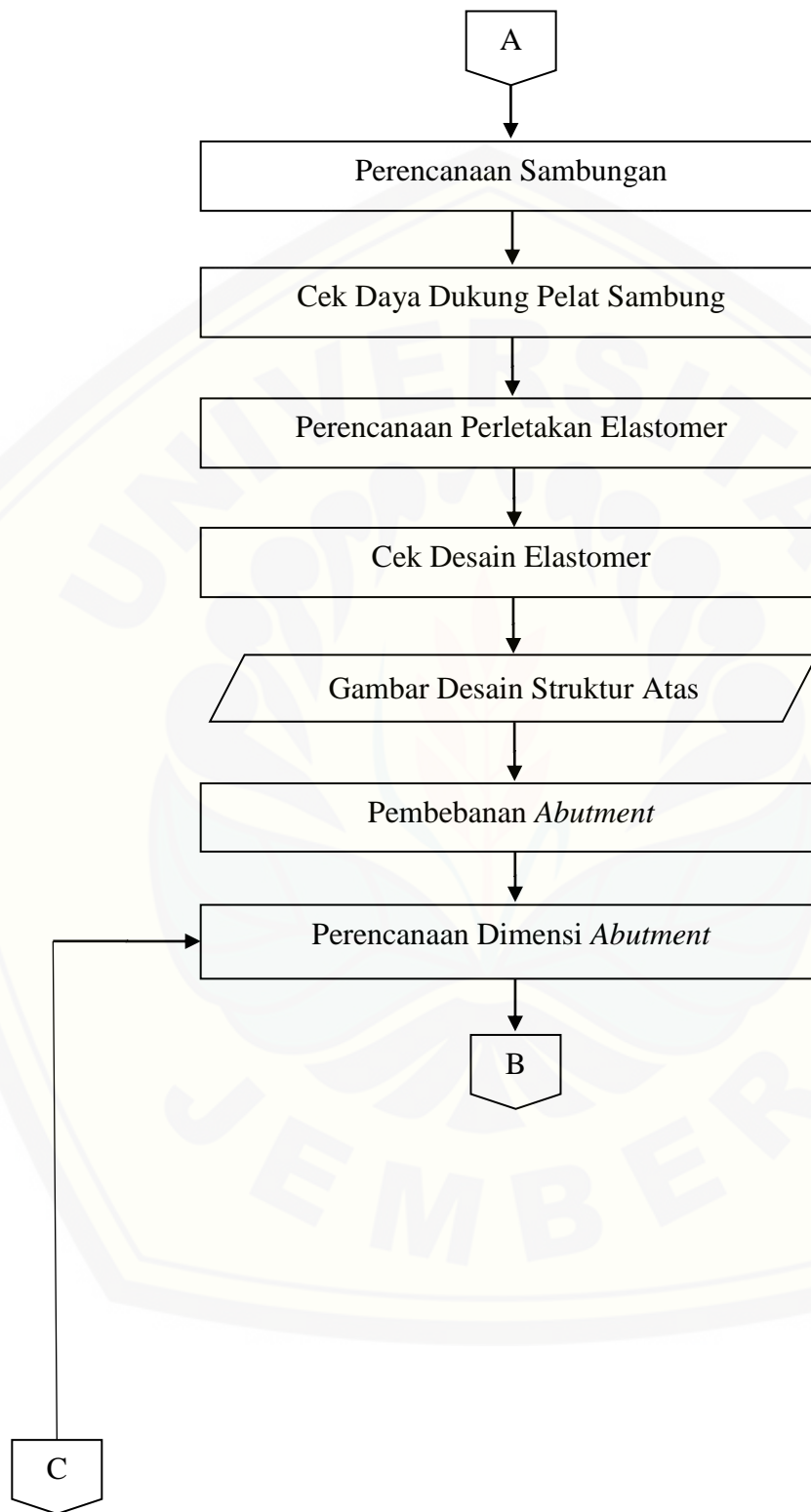
20. Penulangan *Abutment*

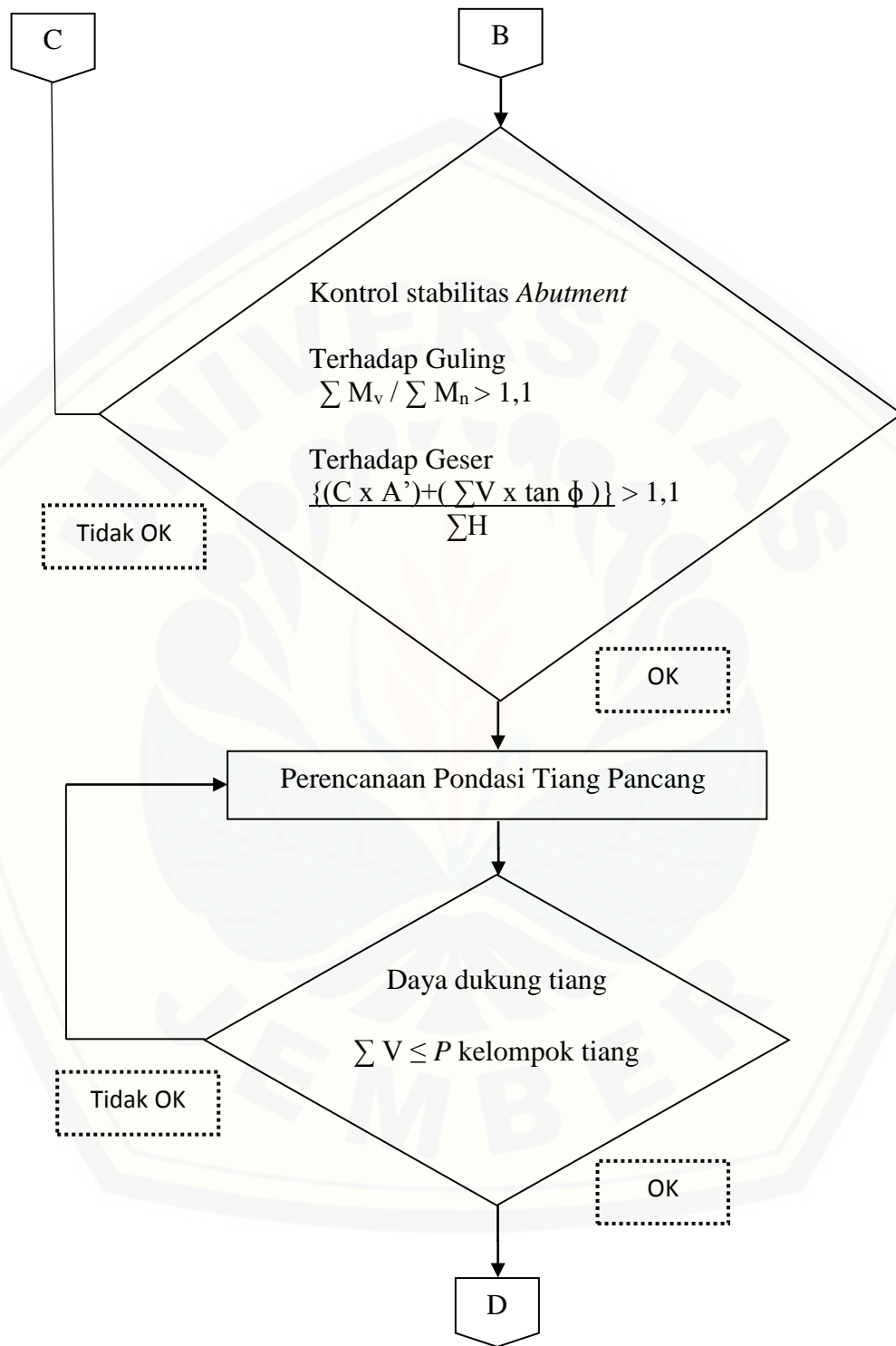
21. Perancangan Pondasi Tiang Pancang

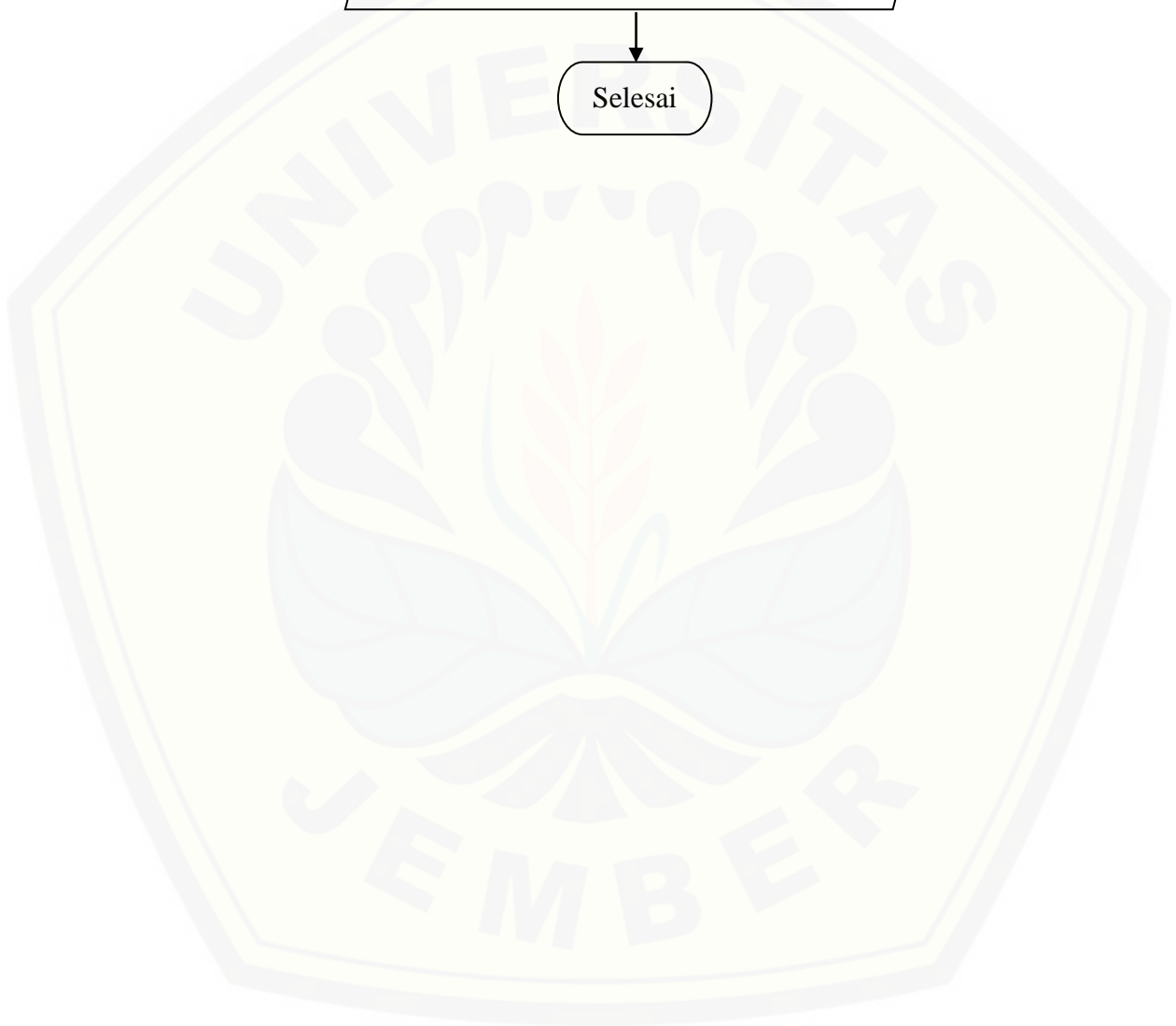
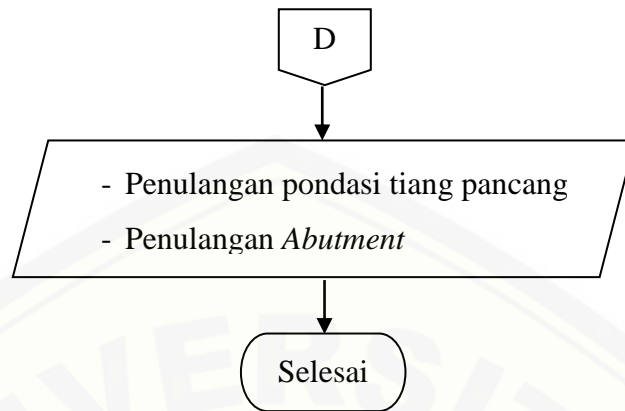
3.4 Diagram Alir Perencanaan Jembatan

Diagram alir perencanaan struktur atas dan bawah jembatan pelengkung baja diuraikan pada gambar berikut:









BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

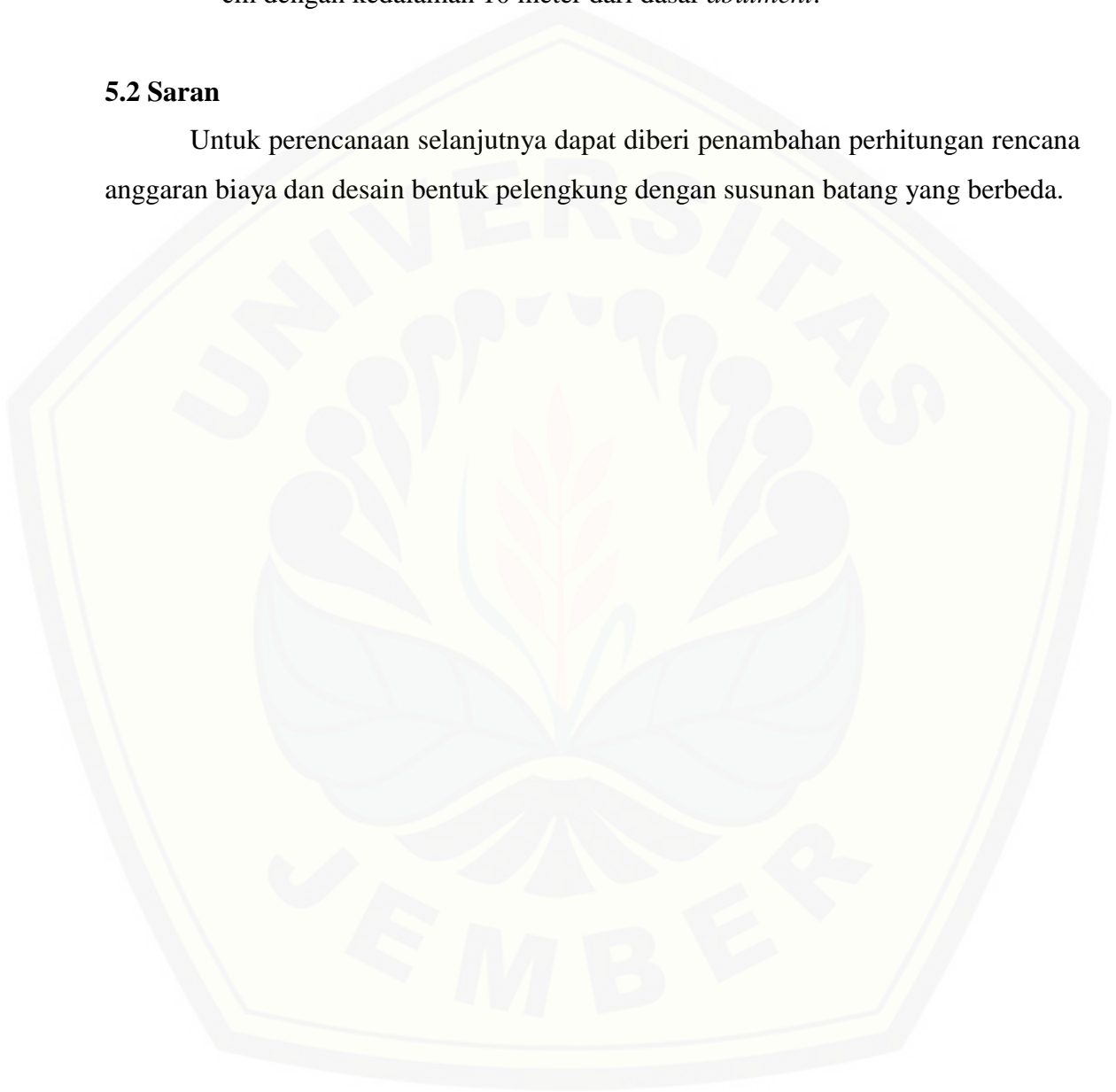
Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapat pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi lantai kendaraan jembatan lengkap dengan trotoar arah melintang adalah 9 meter untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur adalah 9,95 meter dan tinggi tampang busur adalah 1,95 meter.
2. Lantai kendaraan berupa balok komposit dengan dimensi profil untuk gelagar melintang adalah profil WF 900.300.16.28 dan gelagar memanjang adalah profil WF 400.400.16.24 dengan mutu baja BJ55. Mutu beton digunakan mutu beton $f_c' 25$ MPa.
3. Pada struktur rangka utama, struktur pelengkung atas menggunakan profil WF 400.400.16.24 dan pelengkung bawah menggunakan profil WF 400.400.18.28. Gelagar induk jembatan, batang penggantung dan batang vertikal menggunakan profil WF 400.400.16.24. Untuk batang diagonal 1 menggunakan profil WF 300.300.10.15 dan batang diagonal 2 menggunakan profil WF 400.400.15.15. Semua batang menggunakan mutu baja BJ55. Pada sambungan digunakan mutu baut A325, diameter baut 16 mm dan 22 mm dengan mutu pelat sambung BJ37 dan BJ41.
4. Struktur sekunder berupa ikatan angin atas dan bawah. Batang vertikal dan diagonal pada ikatan angin atas dan bawah menggunakan profil WF 300.300.10.15 dengan mutu baja BJ55. Sambungan menggunakan mutu baut A325, diameter baut 16 mm dengan mutu pelat sambung BJ50.
5. Perletakan jembatan menggunakan perletakan elastomer dengan dimensi 700.550.120.

6. Struktur bawah jembatan didesain dengan menggunakan dimensi abutment 3,5 x 11. Untuk pondasi direncanakan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 10 meter dari dasar *abutment*.

5.2 Saran

Untuk perencanaan selanjutnya dapat diberi penambahan perhitungan rencana anggaran biaya dan desain bentuk pelengkung dengan susunan batang yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Standar Nasional Indonesia. RSNI T-02-2005. *Pembebanan Untuk Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar Nasional Indonesia. SNI 2833-2008. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Departemen PU Bina Marga. 1992. *Bridge Management System (BMS)*.
- Standar Nasional Indonesia. SNI T-03-2005. *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Dien, Aristadi., 2006, *Analisis Sistem Rangka Baja Pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja*.
- Chen, Wai-Fah, Duan, Lian. 2000. *Bridge Engineering Handbook*. Boca Raton. London.
- Fikri, Havis 2011. *Perencanaan Jembatan Gedangan Ruas Jl. Punggul-Jl. Munjungan Kabupaten Trenggalek dengan Bangunan Atas Rangka Batang Berbentuk Busur*. Surabaya: Badan Penerbit Institut Teknologi Sepuluh November.
- [\(\[https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Jembatan\]\(https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Jembatan\)\)](https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Jembatan)
- [\(<https://id.wikipedia.org/wiki/Jembatan>\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Jembatan)
- Supriyadi, Bambang, dan Muntohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Predrikson, 2011, *Tugas II Konstruksi Bangunan II*.
- Carvalho, Estevao de. 2012. *Perencanaan Struktur Bawah Jembatan Welolo pada Ruas Jalan Viqueque – Same – Timor Leste*. Surabaya: Badan Penerbit Institut Teknologi Sepuluh November.

Manual Konstruksi dan Bangunan. 2011. *Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja*.

Direktorat Jenderal Bina Marga.

Jurnal 2TS11921. 2010. *Tinjauan Pustaka*. Universitas Atmajaya.

Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Pedoman*

Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Lampiran 1. Dokumentasi Keadaan Eksisting





Lampiran 2. Gambar Perencanaan

