SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA TIPE *THROUGH ARCH* (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SAMOTA)

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram

DISUSUN OLEH :
WIYA KINANDA
418110009

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

TAHUN 2022

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA TIPE *THROUGH ARCH* (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SAMOTA)

Disusun Oleh :

WIYA KINANDA

418110009

Mataram, 04 Agustus 2022

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Eng.	**Anwar Efendy, ST., MT**
NIDN : 0027107301	**NIDN. 0811079502**

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Mewakili Dekan
Wakil Dekan I

Fariz Primadi Hirsan, ST.,MT
NIDN 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT.

NIDN : 0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA TIPE *THROUGH ARCH* (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SAMOTA)

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : WIYA KINANDA

NM : 418110009

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari, sabtu, 06 Agustus 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Eng. ____________

Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT. ____________

Penguji III : Ir. Isfanari, ST., MT. ____________

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Mewakili, Wakil Dekan 1

Fariz Primadi Hirsan, ST.,MT

NIDN 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT.

NIDN : 0824017501

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul "Studi Perancangan Struktur Jembatan Menggunakan Busur Rangka Baja Tipe *Through Arch* (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Samota)". Merupakan hasil karya tulis asli yang saya ajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fatuktas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Semua sumber yang saya gunakan dalam penulisan skripsi tersebut telah saya cantumkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Program Studi Teknik Sipil, Fatuktas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Jika dikemudian hari terbukti bahwa karya saya tersebut bukti hasil karya tulis asli saya atau jiplakan dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku di Program Studi Teknik Sipil, Fatuktas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mataram, Agustus 2022

Pembuat Pernyataan,

Wiya Kinanda

NIM. 418110009

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT
Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : http://www.lib.ummat.ac.id E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WIYA KINANDA
NIM : 418110009
Tempat/Tgl Lahir : Keluncing, 07 Maret 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 087765851210
Email : wiyakinanda@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA TIPE THROUGH ARCH (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SAMOTA)

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 44%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya ***bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum*** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 31 Agustus 2022
Penulis

METERAI TEMPEL
9E6AJX973622223

Wiya Kinanda
NIM. 418110009

Mengetahui
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT
Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : http://www.lib.ummat.ac.id E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WIYA KIMANDA
NIM : 418110009
Tempat/Tgl Lahir : Keluncing, 07 Maret 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 089765851210
Jenis Penelitian : ☑ Skripsi ☐ KTI ☐ Tesis ☐ .....

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama ***tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta*** atas karya ilmiah saya berjudul:

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA TIPE THROUGH ARCH (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SAMOTA)

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 31 Agustus 2022
Penulis

METERAI TEMPEL 10000 45224AJX973622224

WIYA KIMANDA
NIM. 418110009

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904

MOTO HIDUP

"Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanku."

(Umar bin Khattab)

"Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya."

(Ali bin Abi Thalib)

"Start now, start where you are, start with fear, start with Pain, start with doubt, start with hand shaking, start with voice trembling, but start, start and don't stop. Start where you are, with what you have. Just start."

PRAKATA

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul "**STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA TIPE THROUGH ARCH (STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SAMOTA)**". Skripsi ini merupakan bagian dari salah satu kurikulum yang wajib diikuti bagi setiap mahasiswa guna memenuhi kewajiban dan penyelesaian tugas akhir untuk memperoleh derajat kesarjanaan S-1 pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Untuk itu perkenankanlah penulis menghaturkan ucapan dan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. H. Arsyad Abd. Gani, M.Pd. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng . M. Islamy Rusyda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng) selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Anwar Efendy, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Semua Dosen dan Pihak Sekertariat Fakultas Teknik UMMAT.

Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran penulis di masa depan. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat kedepannya.

Mataram, 04 Agustus 2022
Penyusun

Wiya Kinanda
NIM. 418110009

ABSTRAK

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang menghubungkan dua bagian ujung jalan yang terpisah oleh sungai, lembah, laut dan lainnya. Jembatan busur mempunyai bentuk struktur setengah lingkaran dengan abutment di kedua sisi jembatan. Jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja. Perencanaan lengkung akan mengalihkan beban yang diterima lantai jembatan menuju abutment. Jembatan dengan material baja lebih ekonomis, juga bersifat daktail yang dapat menahan deformasi yang besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik, dengan kelebihan utama yakni mampu menahan momen lentur dengan bentang jembatan 80 meter tanpa konstruksi pilar.

Pada tugas akhir ini, struktur atas jembatan samota akan direncanakan ulang menggunakan konstruksi jembatan busur rangka baja tipe *through arch* dengan bentang 80 m dan lebar 14 m. Struktur atas jembatan yang akan direncanakan ulang meliputi sandaran, tiang sandaran, trotoar, kerb, pelat lantai kendaraan, penggantung lantai kendaraan, gelagar jembatan, dan elastomer. Untuk analisa statistika akan menggunakan aplikasi SAP2000 V.14 sebagai aplikasi analisa struktur.

Dari hasil analisa maka didapatkan model perencanaan sebagai berikut : Perencanaan sandaran menggunakan pipa sandaran 3". Tiang sandaran menggunakan tulangan utama 4Ø10, tulangan sengkang 8Ø-80. Trotoar menggunakan tulangan memanjang D12-120 dan tulangan melintang D12-240. Kerb menggunakan tulangan utama 4D10, tulangan sengkang D8-100. Lantai kendaraan menggunakan tulangan memanjang D19-200, tulangan melintang D19-200. Gelagar memanjang: WF 500.300.12.20 dan gelagar melintang: WF 800.300.14.22. Hangger menggunakan kawat M76 dengan Ø72 mm. Busur batang tekan dan tarik: Box 650.320.19.19, batang vertikal: WF 400.400.45.70, batang diagonal: WF 450.300.11.18. Ikat angin busur dan ikat angin lantai kendaraan: WF 350.350.19.19. Sambungan baut dengan jumlah 5 buah diameter 16 mm. Elastomer menggunakan dimensi 750 x 750 mm, tebal elastomer 200 mm, jumlah lapisan 12 buah.

Kata kunci : Jembatan Busur Rangka Baja, SAP2000, profil box dan WF

ABSTRACT

A structure known as a bridge joins the two ends of a road that are separated by rivers, valleys, seas, and other natural features. The arc bridge has a construction that is semicircular and has abutments on both sides. Due to the working vertical stress, the arc bridge is capable of producing a horizontal reaction. The load that is applied to the bridge floor will be transferred to the abutment via an arch design. The greatest benefit of using steel for bridges is its ability to sustain bending moments with a bridge span of 80 meters without pillar construction. Steel is also more affordable and ductile, which allows it to withstand massive deformations without collapsing under tensile loads.

In this final project, the Samota Bridge's superstructure will be redesigned utilizing a steel truss arch bridge with a span of 80 meters and a width of 14 meters. Backrests, support posts, walkways, curbs, vehicle floor plates, vehicle floor hangers, bridge girders, and elastomers are all part of the superstructure of the bridge that will be redesigned. The SAP2000 V.14 program will be used as a structural analysis application for statistical analysis.

The planning model is derived from the analysis's findings in the manner described below: A 3" backrest pipe is used for backrest planning. The main reinforcement for the support posts is 410, and the stirrup reinforcement is 880. D12-120 longitudinal reinforcement and D12-240 transverse reinforcement are used in the pavement. Kerb utilizes D8-100 stirrup reinforcement and 4D10 main reinforcement. D19-200 longitudinal reinforcement and D19-200 transverse reinforcement are used in the vehicle floor. WF 500.300.12.20 for the longitudinal girder and WF 800.300.14.22 for the transverse girder. M76 wire measuring 72 mm is used in the hanger. Bow push and pull rods are located at Box 650.320.19.19; vertical bars are at WF 400.400.45.70; and diagonal bars are at WF 450.300.11.18. Vehicle floor ties and bow ties: WF 350.350.19.19. Bolt connection consisting of a total of 5 parts and having a 16 mm diameter. The elastomer has dimensions of 750 by 750 millimeters, a thickness of 200 millimeters, and 12 layers.

Keywords: *Steel Frame Arc Bridge, SAP2000, Box Profile and WF*

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM
KEPALA
UPT P3B
Humaira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

SAMPUL ..... **i**
HALAMAN JUDUL ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
LEMBAR PENGUJI ..... **iv**
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ..... **v**
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH ..... **vi**
MOTO HIDUP ..... **vii**
PRA KATA ..... **viii**
ABSTRAK ..... **ix**
ABSTRACT ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvi**
DAFTAR NOTASI ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang **1**
1.2 Rumusan Masalah **3**
1.3 Tujuan Penelitian **3**
1.4 Batasan Masalah **4**
1.5 Manfaat Penelitian **4**
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Tinjauan Pustaka **6**
2.2 Landasan Teori **7**
2.2.1 Pengertian Jembatan 7
2.2.2 Jembatan Busur 9
2.2.3 Jenis-jenis Jembatan Busur 9

2.2.4 Komponen Penyusun Jembatan Busur 11
2.3 Dasar-dasar Perencanaan Jembatan 15
2.4 Analisa Pembebanan Jembatan 15
2.4.1 Beban permanen 15
2.4.2 Beban lalu lintas 17
2.4.3 Gaya rem (TB) 20
2.4.4 Beban pejalan kaki (TP) 20
2.4.5 Beban angin 20
2.4.6 Beban gempa (EQ) 22
2.5 Kombinasi Pembebanan 25
2.6 Perencanaan Sandaran 25
2.7 Perencanaan Trotoar 26
2.8 Perencanaan Kerb 27
2.9 Perencanaan Lantai Kendaraan 27
2.10 Perencanaan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang 29
2.11 Perencanaan Rangka Utama 30
2.11.1 Batang tarik 30
2.11.2 Batang tekan 34
2.12 Sambungan 35
2.13 Lengkung Busur 36
2.14 Perencanaan Elastomer 37
2.15 Material Beton Penyusun Jembatan 41
2.15.1 Beton Bertulang 41
2.15.2 Baja Tulangan 41
2.15.3 Profil Baja 42
2.16 Program SAP 2000 44
BAB III METODE PERENCANAAN 46
3.1 Lokasi Perencanaan 46
3.2 Data Konstruksi Jembatan 46

3.3 Studi Literatur 48
3.4 Tahap Perencanaan 48
3.5 Flow Chart Perencanaan 49
BAB IV PEMBAHASAN 51
4.1 Perencanaan Sandaran, Tiang Sandaran, Trotoar, dan Kerb 51
4.1.1 Perencanaan Sandaran 51
4.1.2 Tiang Sandaran 53
4.1.3 Perencanaan Trotoar 58
4.1.4 Perencanaan Kerb 64
4.2 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan 69
4.2.1 Tebal Pelat Lantai 69
4.2.2 Pembebanan dan Momen Pelat Lantai 70
4.2.3 Penulangan Lantai Kendaraan 77
4.2.4 Kekuatan Pelat Lantai terhadap Geser 82
4.3 Analisa Pembebanan 84
4.3.1 Beban Sendiri (MS) 84
4.3.2 Beban Mati Tambahan (MA) 84
4.3.3 Beban Lalu Lintas 85
4.3.4 Gaya Rem (TB) 87
4.3.5 Beban Pejalan Kaki (TP) 88
4.3.6 Beban Angin (EW) 89
4.3.7 Beban Gempa (EQ) 92
4.4 Perencanaan Gelagar 96
4.4.1 Perencanaan Gelagar Memanjang 96
4.4.2 Perencanaan Gelagar Melintang 101
4.5 Perencanaan Penggantung Lantai Kendaraan 106
4.6 Perencanaan Busur Rangka Baja 108
4.6.1 Perencanaan Geometri Busur 108
4.6.2 Perencanaan Batang Utama 109

4.6.3 Perencanaan Batang Vertikal 111
4.6.4 Perencanaan Batang Diagonal 114
4.7 Perencanaan Ikat Angin 117
4.7.1 Perencanaan Ikat Angin Rangka Baja 117
4.7.2 Perencanaan Ikat Angin Rangka Baja 121
4.8 Perencanaan Sambungan.....124
4.9 Perencanaan Elastomer 126
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 129
5.1 Kesimpulan 129
5.2 Saran 130
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Isi untuk Beban Mati 16
Tabel 2.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri..... 17
Tabel 2.3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan 17
Tabel 2.4 Faktor Beban untuk Beban Lajur "D" 19
Tabel 2.5 Faktor Beban untuk Beban Lajur "T" 19
Tabel 2.6 Nilai V_0 Dan Z_0 Untuk Berbagai Varian Kondisi Permukaan Hulu 21
Tabel 2.7 Tekanan Angin Dasar.....21
Tabel 2.8 Tekanan Angin yang Bekerja pada Kendaraan.....22
Tabel 2.9 Zona Gempa.....24
Tabel 2.10 Faktor Modifikasi Respon *(R)* untuk Hubungan Antar Elemen Struktur .24
Tabel 2.11 Koefisien Reduksi Momen r_m 29
Tabel 2.12 Faktor *shear lag* 32
Tabel 2.13 Tipe-tipe baut 36
Tabel 4.1 Berat Sendiri dan Momen Trotoa r 59
Tabel 4.2 Gaya dan Momen Akibat Beban Hidup 61
Tabel 4.3 Rekapitulasi Momen Pelat Lantai 77
Tabel 4.4 Beban Mati Tambahan 85
Tabel 4.5 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Variasi Kondisi Permukaan Hulu 90
Tabel 4.6 Tekanan Angin Dasar.....90
Tabel 4.7 Zona Gempa.....94
Tabel 4.8 Faktor Modifikasi Respon (R) 94
Tabel 4.9 Panjang Bentang Penggantung 107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Through Arch Bridge 10
Gambar 2.2 Deck Arch Bridge..... 10
Gambar 2.3 A-Half-Through Arch Bridge..... 11
Gambar 2.4 Suspension Bridge 11
Gambar 2.5 Rangka Utama Jembatan.....12
Gambar 2.6 Penggantung Lantai Kendaraan /Hanger.....13
Gambar 2.7 Gelagar Melintang dan Gelagar Memanjang 13
Gambar 2.8 Batang Lengkung 14
Gambar 2.9 Potongan Melintang 14
Gambar 2.10 Beban Lajur “D”.....18
Gambar 2.11 Pembebanan Truk “T”.....19
Gambar 2.12 Bidang Beban roda dan Penyebaran Beban 28
Gambar 2.13 Baja Profil Penampang WF.....43
Gambar 2.14 Baja Profil Penampang Box 43
Gambar 3.1 Lokasi Jembatan..... 46
Gambar 3.2 Denah Exisiting Jembatan..... 47
Gambar 3.3 Potongan Exisiting Jembatan 47
Gambar 3.4 Flow Chat Perencanaan 50
Gambar 4.1 Desain Sandaran dan Trotoar 51
Gambar 4.2 Beban Horizontal pada Tiang Sandaran 54
Gambar 4.3 Detail Penulangan Tiang Sandaran Trotoar 58
Gambar 4.4 Pembebanan Berat Sendiri trotoar 59
Gambar 4.5 Pembebanan Beban Hidup Pejalan Kaki 60
Gambar 4.6 Detail Penulangan Trotoar 64
Gambar 4.7 Kerb 65
Gambar 4.8 Penulangan Kerb 69

Gambar 4.9 Pelat Lantai Kendaraan 69
Gambar 4.10 Desain Pelat Lantai 70
Gambar 4.11 Beban Mati untuk Perencanaan Pelat Lantai 71
Gambar 4.12 Grafik M. Pigeud 72
Gambar 4.13 Penyebaran Beban Roda Pelat Lantai 72
Gambar 4.14 Kondisi Beban Hidup Kombinasi I 73
Gambar 4.15 Kondisi Beban Hidup Kombinasi II 74
Gambar 4.16 Lintasan Kritis 83
Gambar 4.17 Berat Sendiri (MS) pada SAP2000 84
Gambar 4.18 Beban Lajur “D” 85
Gambar 4.19 Beban Garis Terpusat (BGT) 87
Gambar 4.20 Beban Terbagi Rata (BTR) 87
Gambar 4.21 Gaya Rem (TB) pada SAP2000 88
Gambar 4.22 Beban Pejalan Kaki (TP) pada SAP2000 89
Gambar 4.23 Beban Angin Struktur (EWs) pada SAP2000 91
Gambar 4.24 Beban Angin Kendaraan (EWl) pada SAP2000 92
Gambar 4.25 Beban Gempa Arah X pada SAP2000 95
Gambar 4.26 Beban Gempa Arah Y pada SAP2000 96

DAFTAR NOTASI

A = Luas penampang profil baja (mm)

Ab = Luas penampang baut (mm)

A_e = Luas bruto dari komponen struktur (mm2)

A_e = Luas netto efektif (mm2)

Ag = Luas baut nominal (mm)

d = diameter tulangan (mm)

E = Modulus elastisitas (Mpa)

E = Modulus elastisitas baja (200.000 MPa)

f = Tinggi busur jembatan (m)

f_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, (MPa)

h1 = Tinggi tiang sandaran (m)

h2 = Tinggi trotoar (cm)

h_o = Jarak antara titik berat sayap (mm)

I = Momen inersia (cm3)

J = Konstanta torsi, (mm)

L = Panjang bentang jembatan (m)

Mu = Momen ultimate (kgm)

P = Gaya (kN)

P_n = Kekuatan tekan desain (kN)

qu = Beban ultimate (kg/m)

q = Intensitas beban terbagi rata (BTR)

Rn = Kuat nominal (N/mm)

S = Jarak antara baut (mm)

S_x = Modulus penampang elstaisitas si sumbu x, (mm^3)

t_s = Tebal pelat lantai (mm)

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

V_B = Kecepatan angina rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

Vd = Kuat geser sambungan baut (N)

Vu = Gaya geser ultimate (kN)

V_0 = Kecepatan gesekan angina, yang merupakan karakteristik meteorology, sebagaimana ditentukan pada Table 2.6, untuk berbagai macam tipe permukaan dihulu jembatan (km/jam)

V_{10} = Kecepatan angina pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana (km/jam)

Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angina dihitung (Z > 10000 mm)

ϕ_c = Faktor desain berdasarkan desain factor beban dan ketahanan (DFBK)

Ω_c = Faktor desain berdasarkan desain kekuatan izin (DKI)

Φ = Faktor reduksi pembebanan

λ = Kompak

Ø = Diameter tulangan (mm)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang berada di bagian barat kepulauan Nusa Tenggara. NTB terdiri dari 8 Kabupaten dan 2 Kota, terbagi menjadi pulau Lombok dan pulau Sumbawa, dengan luas wilayah 20164,84 km^2, dan ibu kota provinsi berada di Kota Mataram. (Kanwil Badan Pertanahan Nasional Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2017). Dikutip dari Badan Pusat Statistik NTB tahun 2022, penduduk NTB mengalami peningkatan setiap tahunnya, dari tahun 2010 hingga 2020 peningkatannya mencapai 18,2%. Peningkatan penduduk perlu diikuti dengan pembangunan sarana dan prasarana yang memadai di NTB. Salah satu upaya dalam meningkatkan sarana dan prasarana di NTB khususnya Kabupaten Sumbawa adalah dengan pembangunan infrastruktur jembatan.

Jembatan merupakan bangunan yang menyambung dua bagian ujung jalan yang terpisah oleh sungai, lembah, laut, saluran irigasi, jalan kereta api dan lainnya. Dibeberapa negara jembatan juga menjadi salah satu objek wisata untuk meningkatkan perekonomian masyarakat. Jembatan pertama kali dibangun di Indonesia pada tahun 1980. Perkembangan jembatan begitu pesat di Indonesia, ini bisa dilihat dari berbagai jenis dan macam model jembatan. Berbagai jenis dan tipe jembatan sudah digunakan mulai dari jembatan beton, jembatan baja hingga jembatan pelengkung rangka baja.

Pada umumnya material utama jembatan adalah beton dan baja. Dasar dari pemilihan material yang dipakai antara lain informasi kondisi lapangan, material yang tersedia, akses menuju ke lokasi, sampai faktor-faktor alam yang kemungkinana terjadi. Penggunaan material beton ada keuntungannya karena ketersediaan dan proses produksi yang mudah, serta bisa dicetak menjadi banyak bentuk. Tetapi, kekurangan penggunaan beton pada konstruksi jembatan bentang panjang adalah menjadikan berat jembatan menjadi bertambah dan penggunaan yang tidak ekonomis. Penggunaan

material baja sebagai material utama memiliki kelebihan yang material struktur umum lainnya tidak miliki. Selanjutnya, apabila dilihat dari bentuk jembatannya, banyak penggunaan jembatan baja tipe lengkung atas (*through arch*). Hal ini karena baja tipe pelengkung mempunyai beberapa kelebihan antara lain bisa dipakai untuk konstruksi jembatan panjang, penggunaan pilar jembatan di sungai bisa dihilangkan, serta dengan adanya kesan monumental sehingga terdapat nilai lebih pada bentuk arsitekturnya.

Salah satu wujud pembangunan di Nusa Tenggara Barat khususnya pulau Sumbawa yakni dilakukan pembangunan dibidang infrastruktur, salah satunya insfrastruktur jalan-jembatan. Pembangunan jembatan berlokasi dijalan bypass samota, Labuan Sumbawa, Labuhan Badas, Kabupaten Sumbawa, dengan nama Jembatan Samota. Pembangunan Jembatan Samota adalah proyek jembatan yang teknologi atrukturnya pertama kali menggunakan pelengkung di Pulau Sumbawa, selain memiliki fungsi untuk bangunan penghubung Simpang Jalan Negara (SJN) Garuda dengan Tanjung Menangis serta menjadi salah satu ikon kabupaten dan menjadi tempat wisata baru di Sumbawa. Jembatan Samota melintasi Sungai Brang Biji, Labuhan Sumbawa. Nama "Samota" merupakan singkatan dari Teluk Saleh, Pulau Moyo, dan Gunung Tambora. Dimana tiga daerah tersebut menjadi kawasan segitiga eksotis Sumbawa.

Jembatan Samota dibangun di atas sungai Brang Biji dengan panjang 80 m dan lebar 14 m, dibangun pada tahun 2015 dan mulai beroperasi pada awal tahun 2018. Pada permodelan dan analisa struktur bangunan atas jembatan yang terbuat dari material beton bertulang ini menggunakan sistem pelengkung busur sebagai batang tekan atas beserta batang penggantung. Sedangkan pada batang tarik bawah digunakan balok beton pratekan post-tension. Pada jembatan ini digunakan gelagar memanjang dan gelagar melintang yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari lantai kendaraan menuju ke struktur pemikul utama yang berupa pelengkung busur dan batang tarik bawah. Sedangkan untuk struktur bangunan bawah digunakan dinding penahan tanah, beserta pilar dan abutmen yang juga didukung oleh tiang pancang. Perhitungan dan analisa

struktur jembatan ini dilakukan berdasarkan data-data perencanaan yang ada dan peraturan perencanaan struktur yang berlaku di Indonesia**.**

Pada penelitian ini, struktur atas jembatan samota akan direncanakan ulang menggunakan konstruksi jembatan busur rangka baja tipe *through arch* dengan bentang 80 m dan lebar 14 m. Bangunan atas jembatan yang akan direncanakan ulang meliputi sandaran, tiang sandaran, trotoar, kerb, pelat lantai kendaraan, penggantung lantai kendaraan, gelagar jembatan, dan Elastomer (bantalan jembatan). Jembatan busur rangka baja memiliki kelebihan utama yakni mampu menahan momen lentur. Selain itu juga material baja bersifat daktail yang mampu menahan deformasi besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik . Untuk analisa statistika akan menggunakan aplikasi SAP2000 V.14 sebagai aplikasi analisa struktur. Dimana SAP2000 V.14 bisa menghasilkan output berupa gaya dalam yang menjadi acuan dalam perhitungan. Tidak hanya itu beberapa acuan berupa peraturan jembatan yang digunakan dalam perancangan struktur jembatan busur rangka baja samota antara lain, RSNI T-02-2005, RSNI T-12-2004, SNI 03-1729-2002, SNI 1725:2016, SNI 2847:2013, SNI 2833-2015, dan Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang didapatkan berdasarkan latar belakang di atas, antara lain:

1. Bagaimana perencanaan bangunan atas jembatan busur rangka baja tipe *through arch* ?
2. Bagaimana permodelan dan analisis struktur jembatan busur rangka baja tipe *through arch* menggunakan program SAP 2000 V.14 ?
3. Berapa besar beban yang bekerja pada struktur bangunan atas jembatan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari perencanaan ulang jembatan busur samota menggunakan rangka baja tipe *through arch* ini sebagai berikut :

1. Untuk merencanaan bangunan atas jembatan busur rangka baja tipe *through arch*.
2. Untuk merencanakan permodelan dan analisis struktur jembatan busur rangka baja tipe *through arch* menggunakan program SAP 2000 V.14.
3. Untuk mengetahui besar beban yang bekerja pada struktur bangunan atas jembatan.

1.4 Batasan Masalah

Penyusunan tugas akhir ini dibatasi oleh batasan masalah agar pembahasan bisa difokuskan pada perencanaan struktur jembatan, mengenai batasan tersebut antara lain:

1. Perencanaan ini hanya membahas struktur atas jembatan tidak membahas bangunan bawah jembatan, perkerasan jalan, dan metode pekerjaan.
2. Perencanaan jembatan ini mengacu kepada RSNI T-02-2005, RSNI T-12-2004, SNI 03-1729-2002, SNI 1725:2016, SNI 2847:2013, SNI 2833-2015, dan Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015.
3. Analisa dilakukan dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 V.14. Perhitungan beban yang bekerja pada bangunan atas jembatan dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Excel. Menggambarkan permodelan jembatan menggunakan aplikasi Autocad.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Secara umum

   Memberikan refrensi atau panduan perhitungan struktur jembatan busur rangka baja bagi para engineering yang begelut dalam dunia konstruksi.
2. Bagi Penulis

   Diharapkan dapat memberikan manfaat berupa pembelajaran dalam perencanaan struktur jembatan khususnya Jembatan Busur Rangka Baja tipe *Through Arch*.

3. Bagi Pembaca

   Dari hasil perencanaan struktur Jembatan Busur Rangka Baja *Through Arch* diharapkan menjadi refrensi bagi pembaca dalam merencanakan Jembatan Busur Rangka Baja.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Jembatan busur merupakan struktur jembatan yang rangkanya berbentuk setengah lingkaran dimana kedua busur tersebut bertumpu langsung diatas abutmen, dan rangka busur tersebut dapat menyalurkan gaya vertikal yang bekerja pada jembatan menjadi gaya normal pada bagian-bagian struktur. Struktur busur pada jembatan lengkung berfungsi sebagai penahan sisi jembatan supaya tidak bergerak ke samping. Terdapat dua gaya yang bekerja pada jembatan busur antara lain gaya tarik dan gaya tekan.

Setiawan (2019), melakukan perencanaan ulang jembatan kesejahteraan menggunakan busur rangka baja tipe *through arch*. Dasar-dasar perencanaan jembatan menggunakan beberapa peraturan antara lain: RSNI T-02-2005, RSNI T-12-2004, SNI 03-1729-2002, SNI 1725:2016, SNI 2847:2013, SNI 2833-2015, dan Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program SAP2000.

Hidayat (2019), dalam penelitiannya terkait studi variasi tinggi busur pada perencanaan ulang jembatan Sardjito II terhadap pengaruh perilaku dan kekuatan through arch bridge, mengatakan baja tipe pelengkung bisa dipakai untuk bentang panjang, bisa mengurangi pilar jembatan di tengah sungai, nilai lebihnya pada bentuk arsitektural yang memberikan kesan fenomenal.

Kurniawan (2017), melakukan perencanaan ulang jembatan wanggu dengan struktur baja tipe pelengkung. Menggunakan profil busur besar yaitu Box 720.400.30.30 jembatan aman dengan gaya-gaya yang bekerja. Digunakan chamber untuk mereduksi lendutan yang terjadi pada struktur jembatan. Tinggi chamber yang digunakan sebesar 150 cm dengan lendutan yang terjadi pada struktur sebesar 17 cm sehingga struktur masih memenuhi batas layan akibat lendutan.

Laksono (2017), memodifikasi jembatan kalibambang menggunakan busur rangka baja. Menghitung beban yang bekerja agar mendapatkan profil box rangka utama jembatan merupakan proses perhitungan struktur pemikul utama dan pemikul sekunder. Digunakan mutu profil baja BJ-55 dan mutu beton f'_c 30 MPa.

Dalam Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja Oleh Dirjen Bina Marga (2011), dijelaskan bahwa jembatan pelengkung merupakan jembatan yang memiliki penggantung berbentuk setengah lingkaran dimana kedua busur tersebut bertumpu langsung di atas abutmen. Struktur busur pada jembatan lengkung berfungsi sebagai penahan bagian jembatan supaya tidak bergerak. Selanjutnya juga dapat mereduksi beban yang diterima oleh pelat lantai kendaraan jembatan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian jembatan

Jembatan adalah bangunan pelengkap jalan yang memiliki fungsi sebagai penghubung dua bagian jalan yang terpotong oleh hambatan misalnya, rel kereta api, saluran irigasi, sungai, danau, lembah, dan lain sebagainya. Sedangkan menurut Struyk dan Veen (1984), jembatan adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menyambung jalan melewati hambatan yang tidak sebidang dan lebih rendah. Hambatan ini umumnya berupa jalan air (sungai) atau jalan raya (lalu lintas biasa). Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan jembatan harus memperhitungkan fungsi, kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika arsitektural (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Umumnya semua jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan atas (super struktur) dan bangunan bawah (sub struktur). Struktur bagungan atas jembatan terdiri dari: lantai trotoar dan kendaraan, pipa sandaran, gelagar induk, gelagar melintang, gelagar memanjang, plat

simpul, pipa sandaran, peletakan/sandaran. Sedangkan untuk struktur bangunan bawah meliputi: abutmen, pilar dan pondasi.

Pada perkembangannya, jenis jembatan berdasarkan material penyusun, fungsi, lokasi, dan model struktur terus mengalami perubahan yang relevan berdasarkan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi yang semakin cepat. Berikut ini beberapa klasifikasi jembatan, antara lain:

1. Berdasarkan Jenis Material Penyusun
    a. Jembatan Kayu (*Log Bridge*)
    b. Jembatan Baja (*Steel Bridge*)
    c. Jembatan Beton Bertulang (*Concrete Bridge*)
    d. Jembatan Beton Pratekan (*Presstressed Concrete Bridge*)
    e. Jembatan Komposit (*Composite Bridge*)
2. Berdasarkan Fungsi
    a. Jembatan Jalan Raya (*Highway Bridge*)
    b. Jembatan Kereta Api (*Railway Bridge*)
    c. Jembatan Pejalan Kaki dan Penyebrangan (*Pedestrian Bridge*)
3. Berdasarkan Lokasi
    a. Jembatan di atas Sungai, Danau atau Laut
    b. Jembatan di atas Lembah
    c. Jembatan di atas Jalan Yang Ada (*Flyover*)
    d. Jembatan di atas Saluran Irigasi/Drainase (*Culvert*)
    e. Jembatan Dermaga (*Jetty*)
4. Berdasarkan Model Struktur
    a. Jembatan Pelat (*Slab Bridge*)
    b. Jembatan Pelat Berongga (*Voiided Slab bridge*)
    c. Jembatan Gelagar (*Girder Bridge*)
    d. Jembatan Rangka (*Truss Bridge*)
    e. Jembatan Busur (*Arch Bridge*)
    f. Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)
    g. Jembatan Kabel (*Cable Stayed*)
    h. Jembatan Kantilever (*Cantilever Bridge*)

5. Berdasarkan Bentang
    a. Bentang pendek (*Small Span Bridge*)
    b. Bentang sedang (*Medium Span Bridge*)
    c. Bentang menengah (*Large Span Bridge*)
    d. Bentang panjang (*Extra Large Span Bridge*)

2.2.2 Jembatan busur (*arch bridge*)

Secara umum, jembatan busur merupakan jembatan dengan bentuk lengkung atau setengah parabola dengan abutment pada kedua sisi jembatan. Struktur pelengkung merupakan rangka utama jembatan yang berfungsi untuk menahan semua gaya yang bekerja pada jembatan.

Karena beban kerja vertikal, struktur jembatan busur dapat memberikan gaya reaksi horizontal. Desain lengkung memindahkan beban yang diterima oleh lantai kendaraan ke abutment, mencegah bagian-bagian jembatan bergerak ke samping. Lebih lanjut, lengkung setengah parabola dirancang untuk memungkinkan struktur menerima momen lentur lebih efisien daripada balok paralel (Triyoga, 2017).

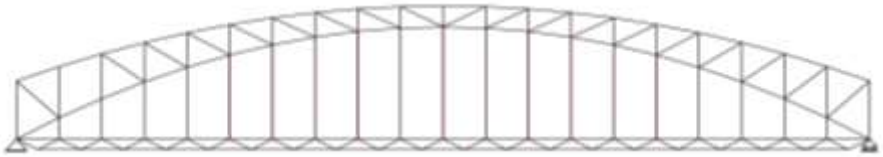
Jembatan busur mengunggulkan batang pelengkung dan hanger antar busur jembatan dan jelagar jembatan akan menanggung beban. Demi menurunkan momen tekuk di bangunan bentang panjang dapat digunakan lengkungannya. Bila lengkungan mempunyai bentuk setengah parabola dan terbebani akibat beban vertikal terbagi merata secara horizontal, lalu analisa hanger dengan mengikuti gaya mampatan yang ditahan oleh lengkungan (Hibbeler, 2002).

2.2.3 Jenis-jenis jembatan busur

Jembatan busur terbagi atas beberapa jenis misalnya, berdasarkan perletakannya, berdasarkan sifat gaya horizontal, berdasarkan jenis gelagar pemikul utama, dan berdasarkan kedudukan lantai kendaraan. Menurut letak lantai kendaraan, terdapat beberapa model umum jembatan busur ynag digunakan antara lain :

1. *Through arch bridge*

Jembatan pelengkung dimana posisi lantainya berada di *springline* busur. Gaya dari jembatan ditransmisikan ke busur melalui batang pengikat melalui gantungan. Jembatan busur tipe *through arch* dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.

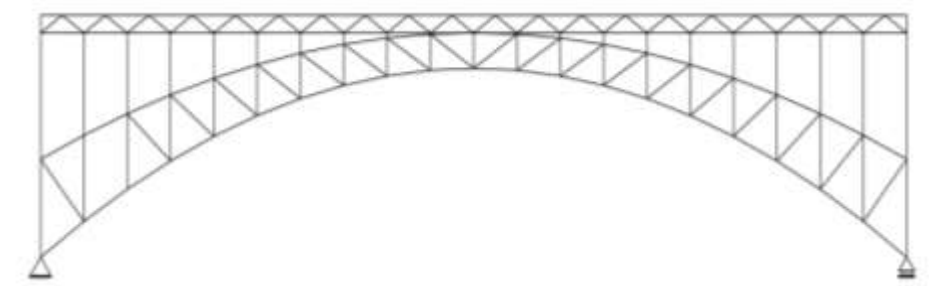


Gambar 2.1 Through Arch Bridge

Sumber: Rufino Da Silva Ximenes, hal: 05, 2016

2. *Deck arch bridge*

Jembatan pelengkung dimana posisi lantainya berada dibagian paling atas busur dan secara langsung memikul beban lalu lintas. Jembatan busur tipe *deck arch* dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.

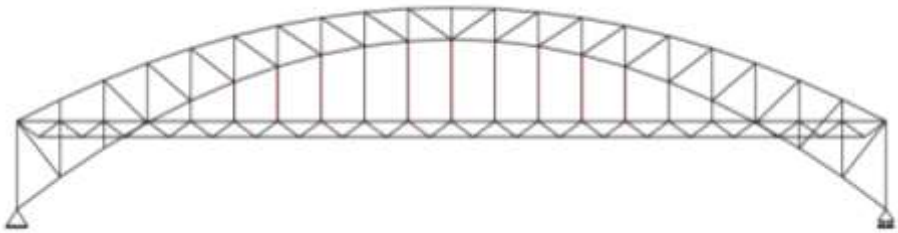


Gambar 2.2 Deck Arch Bridge

Sumber: Rufino Da Silva Ximenes, hal: 06, 2016

3. *A half – through arch bridge*

Jembatan pelengkung dimana posisi lantai kendaraannya terletak di antara bagian busur jembatan dan *springline*, atau di tengah. Jembatan busur tipe *A Half – Through arch* dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.

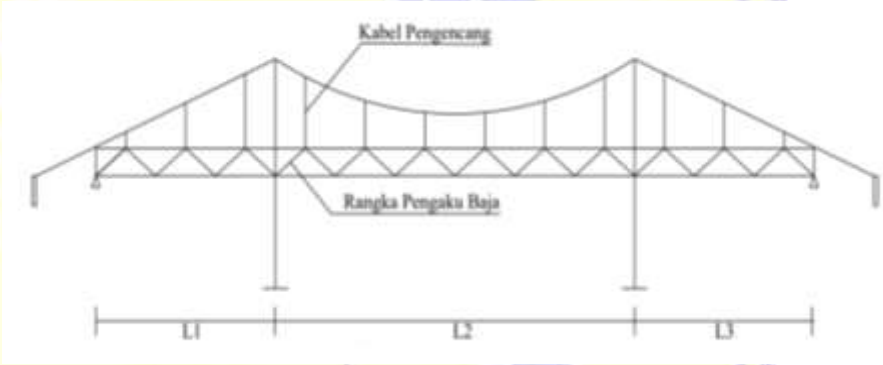


Gambar 2.3 A Half – Through Arch Bridge

Sumber: Rufino Da Silva Ximenes, hal: 06, 2016

4. *Suspension bridge*

Bangunan utama dari jembatan ini merupakan kabel yang membentang di atas menara danatau tiang penegar, *hanger*, balok-balok penegar gelagar, angker. Jembatan busur tipe *Suspension* dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Suspension Bridge

Sumber: Rufino Da Silva Ximenes, hal: 06, 2016

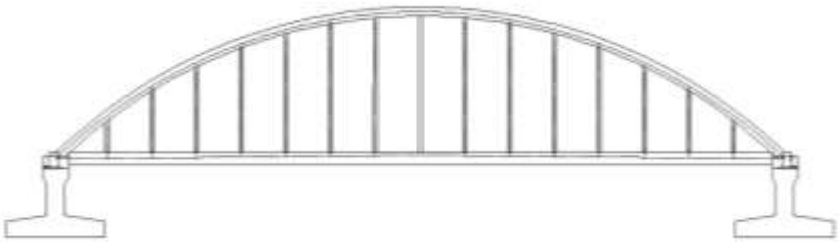
2.2.4 Komponen Struktur Penyusun Jembatan Busur

Bangunan atas jembatan merupakan komponen jembatan yang menyalurkan beban gelagar ke beban yang diletakkan secara horizontal, meliputi:

1. Rangka utama (Rangka busur)

Rangka utama adalah penopang seluruh beban jembatan, antara lain beban mati dan akord atas, akord bawah dan akord miring. Dengan keunggulan utama jembatan pelengkung, yaitu adanya gaya tekan yang mendominasi gaya yang bekerja pada jembatan pelengkung, dan dengan semakin majunya teknologi material beton komposit dan

baja, penggunaan material tersebut dapat mengurangi berat jembatan (Chen. WaiFah, Duan, Lian. Bridge Engineering Handbook. London. 2000). Rangka utama dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Rangka Utama Jembatan

Sumber: Gambar Rencana

2. Ikat angin (Ikat lateral)

   Ikat lateral adalah rangkaian profil baja dengan fungsi sebagai penahan beban lateral akibat beban angina pada jembataan. Letak ikat angina pada jembataan ada di bagian atas, bagian tengah danatau bagian bawaah dari jembataan tersebut.

3. Lantai kendaraan

   Sebagai pembatas lapisan perkerasan, secara langsung memikul beban lalu lintasa yang melintasi jembataan. Rakitan ini adalah salah satu yang mengambil beban secara langsung dan mentransfer merata diseluruh lantai bangunan dibawah.

4. Penggantung lantai kendaraan / *hanger*

   Gantungan lantai kendaraan digunakan untuk menopang balok di antara dua tumpuan dan mentransfer beban ke rangka busur. Pemilihan memiliki efek yang berbeda pada perilaku struktur, terutama pada penampang rangka dan balok lengkung. Selain itu, mempengaruhi metode pelaksanaan, biaya dan arsitektur jembatan. Besarnya gaya tarik pada tie rod disesuaikan dengan beban yang bekerja pada jembatan. Sifat-sifat kabel baja yang berhubungan dengan struktur jembatan memiliki penampang yang seragam/seragam pada seluruh bentang, tidak dapat menahan momen dan tekanan, gaya dalam yang berperan selalu berupa tegangan aksial, pada jembatan tie rod bertindak sebagai

gantungan untuk lantai kendaraan, sehingga sepanjang beban horizontal menerima beban titik ganda. Penggantung lantai kendaraan dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.

Gambar 2.6 Penggantung Lantai Kendaraan / *Hanger*

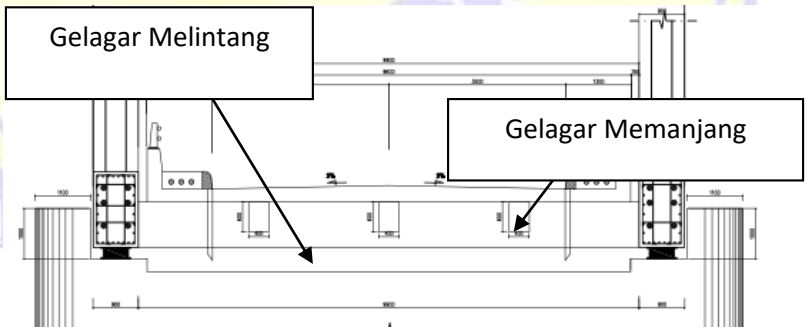
Sumber: Gambar Rencana

5. Gelagar memanjang

Gelagar memanjang adalah tumpuan arah memanjang plat lantai kendaraan. Bagian ini merupakan bagunann penahan langsung beban dari plat lanatai kendaraaan.

6. Gelagar melintang (diafragma)

Diafragma digunakan untuk mengikat beberapa balok utama menjadi satu kesatuan sehingga tidak terjadi perpindahan antar balok utama. Posisi diafragma melintang pada arah jembatan sebagai penghubung balok utama (Supriyadi, 1997). Gelagar melintang atau diafragma dan gelagar memanjang dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



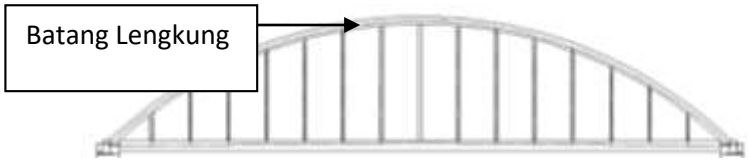
Gambar 2.7 Gelagar Melintang dan gelagar Memanjang

Sumber: Dinas PUPR, 2017

7. Batang lengkung (Busur)

Busur adalah bagiaan strukrtur utama karena seluuruh beban di sepaanjang jembatana dipukul oleh busur. Selanjutnya busur juga

dapat mengubah gaya dari beban verttikal menajadi beban horizontaal, menjadikannya jembatan untuk keuntungannya sendiri. Gambar batang lengkung dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Batang Lengkung

Sumber: Gambar Rencana

Untuk menghitung tinggi busur dapat digunakan persamaan 2.1 dibawah ini :

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad \text{..... (2.1)}$$

Keterangan :

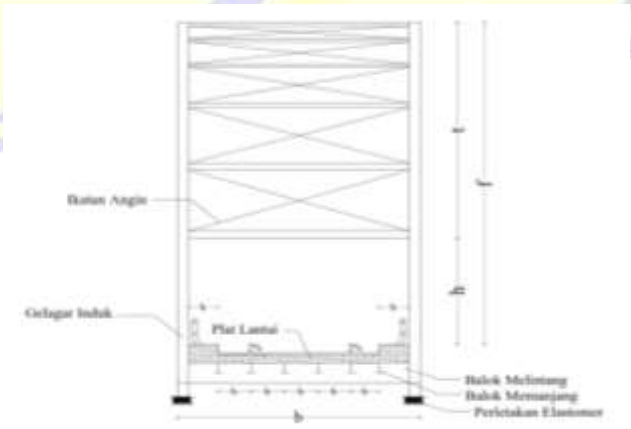
f = Tinggi busur jembatan (m)

L = Panjang bentang jembatan (m)

8. Bantalan karet (Elastomer)

Bantalan Elastomer terdiri daari karet alaam atau kareet sintetis yang memiliki fungsi untntuk menyalurkan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah (SNI 3967:2013).

Berikut potongan melintang jembatan yang memperlihatkan ikatan angina, gelagar induk, balok melintang, balok memanjang dan perletakan elastomer seperti gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Potongan Melintang

Sumber: Ghello Dkk, 2020

2.3 Dasar-dasar Perencanaan Jembatan

Struktur baja mengalami perkembangan yang cepat, serta perbedaan aturan di setiap negara. Perencanaan serta perhitungannnya sama hanya saja peraturannya berbeda. Pada perencanaan tugas akhir ini mengacu pada beberapa peraturan antara lain :

1. Perencanaan struktur beton untuk jembatan (RSNI T-12-2004).
2. Perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-02-2005).
3. Tata cata perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03-1729-2002).
4. Pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016).
5. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013).
6. Perencanaan jembatan terhadap ketahanan gempa (SNI 2833-2015).
7. Perancangan bantalan elastomer (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015).

2.4 Analisa Pembebanan Jembatan

Dalam perencanaan jembatana perlu diperahatikan adalah beban yang terjadii pada jembatana. Beban ini akan mempengaruhi ukuran struktur jembatan dan jumlah tulangan yang dibutuhkan. Pembebanan perancangan jembatana ini mengacu pada SNI 1725:2016, data pembebaanan terdiri dari :

2.4.1 Beban permanen

Menurut SNI 1725:2016, massa setiap bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang ditunjukkan dalam gambar serta berat jenis bahan yang digunakan. Berat setiap bagian bangunan adalah massa dikaliakan perceepatan gravitasi (g). Berikut beban permanen bisa dilihat pada Tabel 2.1 dibawah.

Tabel 2.1 – Berat Isi Untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat Isi (kN/m3)	Kecepatan Massa (kN/m3)
1.	Lapisan permukaan beraspal (*bituminous wearing surfaces*)	22,0	2245
2.	Besi tuang (*cast iron*)	71,0	7240
3.	Timbunan tanah dipadatkan (*compacted sand, silt or clay*)	17,2	1755
4.	Kerikil dipadatkan (*rolled gravel, macadam or ballast*)	18,8 – 22,7	1920 – 2315
5.	Beton aspal (*asphalt concrete*)	22,0 – 25,0	1250 – 2000
6.	Beton ringan (*low density*)	22,0	2245
7.	Beton $f'c < 35$ Mpa	22,0 – 25,00	2320
	$35 < f'c < 105$ Mpa	22 +0,022 $f'c$	2240+2,29 $f'c$
8.	Baja (*steel*)	78,5	7850
9.	Kayu (ringan)	7,8	800
10.	Kayu keras (*hard wood*)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725:2016

1. Beban sendiri (MS)

   Berat sendiri merupakan berat dari struktur jembatana itu sendiri serta bagian struktur lain yang dipikulna, termasuk beban faktor yang merupakan berat matrial dan komponnen jembatan yang merupkan bagian struktur utama, ditambah dengan berat elemen nonstruktural yang diangggap tetap. Adapun factor beban digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah.

2. Beban mati tambahan/Utilitas (MA)

   Beban mati tambahan merupakan berat semua material yang membentuk beban jembatan merupakan elemen non-struktural yang besarnya bervariasi selama umur jembatan. Dalam beberapa kasus, nilai faktor beban mati tambahan berbeda dari yang ditentukan dalam Tabel 2.3 – Faktor beban untuk beban mati tambahan.

Tabel 2.2 – Faktor Beban Untuk Berat Sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{Ms})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^{S})		Keadaan Batas Ultimate (γ_{MS}^{U})	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,0	1,10	0,90
	Alumunium	1,0	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,0	1,20	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,30	0,75
	Kayu	1,0	1,40	0,70

Sumber : SNI 1725:2016

Tabel 2.3 – Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{Ms})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^{S})		Keadaan Batas Ultimate (γ_{MA}^{U})	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,0 (1)	2,00	0,70
	Khusus (terlevasi)	1,0	1,40	0,80
Catatan (1) : Faktor beban layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

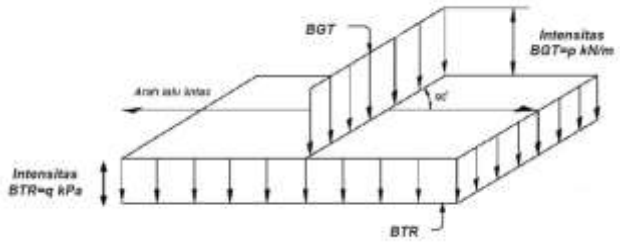
Sumber: SNI 1725:2016

2.4.2 Beban lalu lintas

Menurut SNI 1725:2016 pasal 8.1, beban lalu lintas untuk desain jembatan dipikul oleh beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur "D" bekerja di seluruh lebar lajur dan memiliki efek pada jembatan yang setara dengan armada sebenarnya. Jumlaha totaal beban lajur "D" yang aktif bergantung pada lebar lajur itu sendiri. Muatan truk "T" merupakan kendaraan tugas berat dengan taman di beberapa lokasi di jalan masuk desain. Setiap taman terdiri dari dua area kontak beban yang dirancang untuk mensimulasikan dampak roda berat. Hanya satu truk "T" yang boleh digunakan per jalur lalu lintas desain. Pada umumnya beban “D” akan menjadi beban yang menentukan untuk perhitungan jembatan bentang menengah dan panjang, sedangkan beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

1. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Beban Lajur “D”

Sumber: SNI 1725:2016

Beban terbagi rata (BTR) memiliki intesitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti persamaan 2.2 dan 2.3 dibawah ini:

Jika L ≤ 30 m : q = 9,0 kPa ..... (2.2)

Jika L ≥ 60 m : q = $\left(0{,}5\,\frac{15}{L}\right) kPa$ ..... (2.3)

Keterangan :

q= intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L= panjang total jembatan yang dibebani (m)

Beban garis terpusat (BGT) kekuatan p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas di jembatan. Besarnya kekuatan p adalah 49,0 kN/m. Untuk memperoleh momen lentur negatif maksimum pada jembatan kontinu, BGT kedua yang sama harus ditempatkan pada posisi melintang jembatana pada bentang lain. Faktor beban yang akan digunakan untuk beban lajur “D” dapat digunakan pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 - Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”

Tipe beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TD})	
		Keadaaan Batas Layan (γ_{TD}^{S})	Keadaaan Batas Layan (γ_{TD}^{T})
Transien	Beton	1,0	1,8
	Boks Girder Baja	1,0	2,0

Sumber : SNI 1725:2016

2. Beban truk “T”

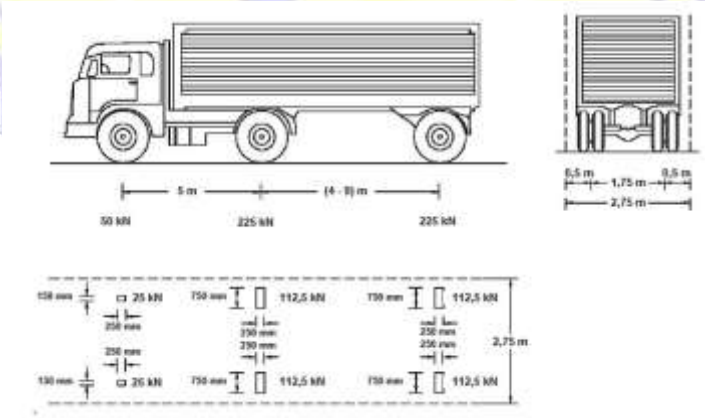
Selain beban “D” terhadapat beban lalu lintas lain yakni beban truk “T”. Beban truk “T” tidak bisa dipakai secara bersama dengan beban “D”. Beban truk bisa dipakai untuk menghitung struktur lanatai. Mengenai factor beban untuk beban “T” bisa dilihat pada Tabel 2.5 dibawah.

Tabel 2.5 - Faktor Beban Untuk Beban Lajur “T”

Tipe beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TD})	
		Keadaaan Batas Layan (γ_{TT}^{S})	Keadaaan Batas Ultimate (γ_{TT}^{T})
Transien	Beton	1,0	1,8
	Boks Girder Baja	1,0	2,0

Sumber : SNI 1725:2016

Besarnya pembbanan truk “T” bisa dilihat pada gamabar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Sumber : SNI 1725:2016

2.4.3 Gaya rem (TB)

Menurut SNI 1725:2016 pasal 8.7 gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

1. 25% dari berat garden truk desain.
2. 5% dari berat truk rencana ditambahkan dengan BTR.

Gaya rem harus diletakkan disemua lajur dengan arah lalulintas yang sama, diperkirakan bekerja secara horizontal dengan jarak 1,8 m diatas permukaan jaalan pada setiap arah longitudinl dan dipilih yang paling menetukan.

2.4.4 Beban pejalan kaki (TP)

Trotoar diatas 60 cm harus diperhitungkan untuk memikul beban perjalan kaki (intensitas 5 kPa), diasumsikan bekerja bersaman dengan beban kendaraan ditiap lajur.

2.4.5 Beban angin

Tekanan angin diperkirakan disebabkan oleh kecepatan angin rencana (Vs) dari 90 sampai 126 km/jam. Harus diasumsikan bahwa beban angin terdistribusi secara merata di atas permukaan penerima angin. Area yang dipertimbangkan adalah semua komponen, termasuk sistem lantai yang tegak lurus dengan arah angin. Orientasi ini harus diubah untuk mendapatkan efek dari komponen-komponennya. Area yang tidak berkontribusi bisa diabaikan dalam perencanaan. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan ketinggian 10.000 mm lebih tinggi dari permukaan tanah atau air, kecepatan angin rencana V_{DZ} harus dihitung menurut rumus 2.4 sebagai berikut :

$$V_{DZ} = 2{,}5\, V_0 \left[\frac{V_{10}}{V_B}\right] In \left[\frac{Z}{Z_0}\right] \quad \text{.....(2.4)}$$

Keterangan :

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

V_{10} = Kecepatan angina pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana (km/jam)

V_B = Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angina dihitung (Z > 10000 mm)

V_0 = Kecepatan gesekan angina, yang merupakan karakteristik meteorology (km/jam)

Z_0 = Panjang gesekan dihulu jembatan yang merupakan karakteristik meteorology, ditentukan pada Tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 - Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Varian Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13.2	17.6	19.3
Z_0 (km/jam)	70	1000	2500

Sumber : SNI 1725:2016

1. Beban angin struktur (E_{WS})

Jika wajar dalam kondisi lokal, perencana dapat menggunakan kecepatan angin desain dasar yang berbeda untuk kombinasi beban yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan dalam Persamaan 2.5 berikut ini :

$$V_{DZ} = P_B \left[\frac{V_{DZ}}{V_B}\right]^2 \quad \text{..... (2.5)}$$

Keterangan :

P_B = Tekanan angin dasar seperti yang ditentukan pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 – Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (Mpa)	Angin hisap (Mpa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0.0024	0.0012
Balok	0.0024	N/A
Permukaan datar	0.0024	N/A

Sumber : SNI 1725:2016

2. Beban angin pada kendaraan (E_{WL})

Tekanan angin rencana harus diberikan pada struktur jembatan dan juga pada kendaraan yang melewati jembatan. Jembatan harus dirancang untuk menahan tekanan angin pada kendaraan, di mana tekanan harus diasumsikan sebagai tekanan kontinu 1,46 N/mm, berjalan vertikal dan 1,8 m di atas permukaan jalan. Sebagai tambahan dari ketentuan pasal ini, jika angin yang bekerja tidak tegak lurus terhadap struktur, komponen berbagai sudut serang yang bekerja tegak lurus atau sejajar dengan kendaraan dapat diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.8 dibawah.

Tabel 2.8 – Tekanan Angin yang Bekerja pada Kendaraan

Sudut	Komponen tegak lurus	Komponen sejajar
Derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

Sumber : SNI 1725:2015

2.4.6 Beban gempa (EQ)

Perencanaan jembatan terhadap beban gempa merupakan bagian yang penting dalam rangka perencanaan konstruksi jembatan. Dalam perencanaan beban gempa digunakan acuan SNI 2833-2016.

1. Pengaruh gempa

Jembatan harus dirancang Memiliki kemungkinan runtuh yang rendah, tetapi dengan potensi kerusakan besar dan gangguan layanan akibat gempa bumi, peluang lebih dari 7% dalam 75 tahun. Beban gempa dianggap gaya horizontal dan ditentukan berdasarkan hasil kali faktor respon elastis (Csm) dan berat ekivalen struktur, kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi respon (Rd) sesuai Persamaan 2.6 di bawah ini:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} x W_t \quad (2.6)$$

Keterangan :

E_Q = Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Koefisein respons elastik

R = Faktor modifikasi respons

W_t = Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

2. Prosedur spesifikasi situs

Profil responsif dirancang dan dapat dilakukan di mana saja dengan persetujuan pemilik pekerjaan. Tujuan dari analisis probabilistik gerakan tanah spesifik lokasi adalah untuk menghasilkan spektrum percepatan respons, dengan mempertimbangkan kemungkinan bahwa nilai spektrum selama rentang periode tertentu melebihi 7% dalam 75 tahun.

3. Koefisien respon gempa statik

- Untuk Periode lebih kecil dari T_0 koefisien respons gempa static (C_{sm}) didapatkan dari persamaan 2.7 berikut ini:

  $$C_{sm} = (S_{sD} - A_s)\frac{T}{T_0} + A_s \quad \text{..... (2.7)}$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s, respons spketral, C_{sm} adalah sama dengan S_{os} .
- Untuk perode lebih besar daari Ts, koefisien respon gempa ellasstik (Csm) didapatkan dari persamaan 2.8 berikut :

  $$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \text{.....(2.8)}$$

Keterangan :

S_{DS} = nilai spectra permukaan tanah pada peride pendek (t = 0,2 detik)

T_0 = 0,2 Ts

$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

4. Kategori kinerja seismik

Setiap jembatan harus ditetapkan ke salah satu dari empat zona seismik berdasarkan pemenuhan spektrum percepatan periodik (SD1) 1 detik. Tabel 2.9 Kategori ini menjelaskan perubahan risiko seismik dan digunakan untuk menentukan metode analisis, panjang bresing minimum, detail desain kolom, dan prosedur desain pondasi dan jembatan.

Tabel 2.9 – Zona Gempa

Koefisien percepatan (SD1)	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0{,}15$	1
$0{,}15 < S_{D1} \leq 0.30$	2
$0{,}30 < S_{D1} \leq 0{,}50$	3
$S_{D1} > 0{,}50$	4

Sumber : SNI 2833:2016

5. Faktor modifikasi respon

Hubungan antara gaya gempa rencana pada struktur bawah dan elemen struktur ditentukan dengan membagi gaya gempa elastis dengan faktor koreksi respon (R). Sebagai alternatif untuk menggunakan faktor-R pada Tabel 2.10 untuk hubungan struktural yang terhubung secara integral antara struktur atau elemen struktural (misalnya hubungan kolom-ke-kaki), kolom komposit karena plastisisasi kolom atau asosiasi dapat direncanakan.

Tabel 2.10 – Faktor Modifikasi Respon (*R*) Untuk Hubungan Anatar Elemen Struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori Kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan uai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber : SNI 2833:2016

2.5 Kombinasi Pembebanan

Jembatan harus direncanakan sesuai dengan keadaan batas yang disyaratkan untuk mencapai target pembangunan, keamanan, dan aspek layan, dengan memperhatikan kemudian inspeksi, faktor ekonomi, dan estetika. Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut :

1. 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah y.
2. 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah x.

Sehingga apabila diaplikasikan dengan memperhitungkan variasi arah maka kombinasi gaya gempa menurut SNI 2833-2016 sebagai berikut :

1. $DL + \gamma_{EQ}\, LL + EQx \pm 0{,}3\, EQy$
2. $DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQy \pm 0{,}3\, EQx$

Keterangan :

DL = beban mati yang bekerja (kN)

$\gamma_{EQ}\, LL$ = faktor beban hidup kondisi gempa

γ_{EQ} = 0,5 (jembatan sangat penting)

γ_{EQ} = 0,3 (jembatan penting)

γ_{EQ} = 0 (jembatan lainnya)

LL = beban hidup yang bekerja (kN)

EQx = beban gempa yang bekerja pada arah x

EQy = beban gempa yang bekerja pada arah y

2.6 Perencanaan Sandaran

Sandaran pada jembatan berguna sebagai pembatas atau pengaman pejalan kaki yang melintas diatas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar jembatan. Perencanaan sandaran disesuaikan dengan peraturan. Untuk merencanakan sandaran dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Pembebanan

   Berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 12.5, beban yang bekerja pada sandaran adalah berupa gaya horizontal dan vertikal sebesar w = 0,75 kN/m dan bekerja pada ketinggian 100 cm dari lantai trotoar.

2. Kekompakan profil dapat dilihat pada persmaan 2.9, persamaan 2.10, dan persamaan 2.11 di bawah ini. (SNI 2833-2016)

   $\frac{D}{t}$ ..... (2.9)

   $\lambda_p = 0{,}07\frac{E}{fy}$ ..... (2.10)

   $\lambda_r = 0{,}31\frac{E}{fy}$ ..... (2.11)

   Dimana :

   D = Diameter pipa (inch)

   t = Tebal pipa (mm)

   λ_p = Kompak

   λ_r = Tak Kompak

3. Menentukan momen nominal pada persmaan 2.12 berikut. (SNI 2833-2016)

   $Mf = Z_x \cdot fy$ ..... (2.12)

   Keterangan :

   Mf = Momen nominal (Nmm)

   fy = Tegangan leleh baja (*fy*)

2.7 Perencanaan Trotoar

Ini merupakan bagian dari pembangunan jembatan eksisting di kedua sisi jalur lalu lintas. Jalan setapak ini berfungsi sebagai jalan setapak dan terbuat dari beton hancur yang menyatu dan homogen dengan lantai kendaraan sekaligus berfungsi sebagai balok yang diperkeras untuk lantai kendaraan. Perencanaan perkerasan berdasarkan SNI 1729:2015 menetapkan bahwa semua komponen perkerasan di atas 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan kekuatan 5 kPa.

2.8 Perencanaan Kerb

Kerb didesain mampu menahan beban hidup horizontal terbagi rata sebesar 500 kg/m pada tepid an ketinggian 25 cm diatas permukan lantai kendaraan.

2.9 Perencanaan Lantai Kendaraan

Plat lantai kendaraan ialah suatu bagian dari struktur jembatan yang memikul beban roda kendaran yang melewati jembatan tersebut. Plat lantai direncanakan sebagai plat lentur satuarah dimana hanya ditumpu pada kedua sisinya dan perbandingan panjanganya dua kali lebih dari lebarnya (Ly/Lx ≥ 2).

1. Perencanaan tebal pelat lantai kendaraan

   Pelat lantai memiliki fungsi sebagai jalaan kendaraaan paada jembataan dengan tebal minimum ts sesuai dengan SNI T-12-2004 pada persamaan 2.13 dan persamaan 2.14 sebagai berikut :

   $t_s \geq 200$ mm ..... (2.13)

   $t_s \geq (100 + 40\ L)$ mm ..... (2.14)

   Dengan :

   t_s = tebal pelat lantai (mm)

   L = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)

2. Pembebanan pelat lantai kendaraan

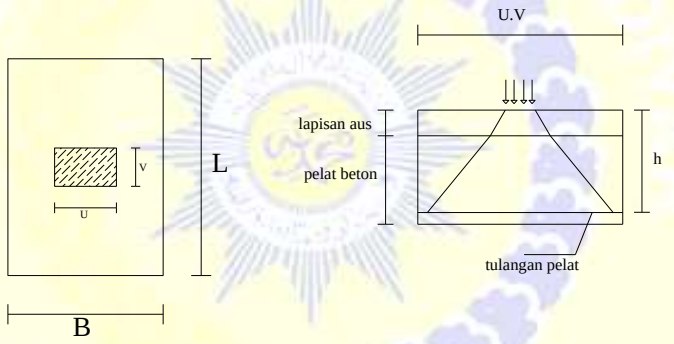
   Beban yang bekerja pada pelat lantai umunya diperhitungkan beban gravitasi yaitu beban mati dan/atau beban hidup. Lebar pelat di gunakan asumsi permeter (1 m).

3. Perencanaan struktur lantai kendaraan

   Dalam analisis struktur jembatan beban kelompok beban terpusat, beban didistribusikan di atas struktur jembatan utama (struktur utama jembatan), balok memanjang utama, dan balok melintang. Selain itu, distribusi beban digabungkan dengan distribusi tegangan lokal (local stress distribution) pada lantai kendaraan yang disebabkan oleh beban roda kendaraan. Distribusi tegangan ini umumnya terbatas pada lantai

kendaraan yang memanjang antara balok memanjang dan balok melintang, yang mempersulit kondisi batas lantai kendaraan karena defleksi keseluruhan struktur jembatan yang masing-masing memiliki nilai defleksi yang berbeda. Untuk menyederhanakan kondisi batas ini dari segi analisa struktur, biasanya pelat lantai kendaraan dianggap bertumpuan sederhana yang tidak melendut fsn diberikan suatu factor tertentu untuk memperhitungkan kontinuitas pelat atas tumpuannya. Pengasumsian ini dipergunakan oleh M. Pigeaud dalam membuat metode analisis struktit lantai kendaraan pada jembatan.

Metode M. Pigeaud didasarkan pada penyelesaian persamaan Lagrangian untuk pelat tipis dengan defleksi kecil, untuk setiap rasio aspek pelat dan rasio sisi bidang beban ke sisi pelat yang sesuai. Notasi yang dipergunakan metode ini diperlihatkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Bidang Beban Roda Dan Penyebaran Beban

Sumber: Siswanto, 2004

Beban roda diasumsikan disebarkan 45 sampai ke tulangan pelat. Menurut usulan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan 1992 nilai u dan v ditentukan melalui persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 sebagai berikut :

$$u = 500 + 2h \quad (2.15)$$

$$v = 200 + 2h \quad (2.16)$$

Dimana :

u = Asumsi panjang biang beban roda (mm)

v = Asumsi lebar bidang beban roda (mm)

h = Tinggi penyebaran beban roda (mm)

Menentukan reduksi momen lentur berdasarkan kondisi perletakan keempat sisinya, r_{mx} untuk pelat yang bertumpuan jepit atau pelat bersifat menerus pada keempat sisinya, nilai M_x dan M_y direduksi sebesar 20% sedangkan kondisi perletakan yang lain ditentukan berdasarkan letak pelat seperti disajikan tabel 2.11.

Tabel 2.11 Koefisien Reduksi Momen r_m

Letak pelat umum	Letak pelat khusus	r_m
Batang tengah	Pelat dalam	0,70
	Pelat tepi	0,85
Tumpuan	Pelat tumpuan ujung	0,25
	Pelat tumpuan penultimate	0,95
	Pelat tumpuan dalam	0,90

Sumber : Siswanto, 2004

Adanya koefisien reduksi momen mengakibatkan persamaan 2.20 dan persamaan 2.21 menjadi :

$M_x = r_m P\ (m_1 + 0{,}15m_2)$ ..... (2.20)

$My = r_m P\ (m_2 + 0{,}15m_1)$ ..... (2.21)

Beban yang bekerja pada pelat lantai umunya diperhitungkan beban gravitasi yaitu beban mati dan/atau beban hidup. Lebar pelat di gunakan asumsi permeter (1 m).

2.10 Perencanaan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Dalam perencanaan gelagar memanjang atau melintang, komponen struktur gelagar dianggap sebagai batang lentur yang kemudian dianalisa berdasarkan SNI 03-1729-2002 sebagai berikut :

1. Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu kuat (sumbu-x), dan dianlisa dengan metode elastis harus memenuhi, persamaan 2.22 berikut:

$M_{ux} \leq \phi M_n$ ..... (2.22)

Keterangan :

M_{ux} = momen terfaktor terhadap sumbu-x yang dihitung berdasarkan analisa elastis

Φ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

2. Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk local
   a. Momen lentur leleh pada perasamaan (2.23) berikut.

      $M_y = fy$. S ..... (2.23)

      Keterangan :

      fy = Tegangan leleh baja (Mpa)

      S = Modulus penampang elastis

   b. Momen lentur plastis pada persamaan 2.24 berikut :

      $Mp = fy$. Z ..... (2.24)

      Keterangan :

      fy = Tegangan leleh baja (Mpa)

      Z = Modulus penampang plastis

3. Batas kelangsingan

   Untuk batang-batang yang direncanakan terhadap struktur yang memikul beban lentur, ditentukan berdasarkan perbandingan maksiumum lebar terhadap tebal dibawah ini (SNI 03-1729-2002, Tabel 7.5-1) :

   a. Perbandingan lebar terhadap tebal (λ) → *b/t*
   b. Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal λp (kompak) → 1.680 / $\sqrt{fy}$

2.11 Perencanaan Rangka Baja

2.11.1 Batang Tarik

Batang tarik baja ulet tanpa lubang atau ulir dapat menahan beban hancur yang lebih besar dari total luas penampang Ag kali tegangan leleh. Ini karena pengerasan regangan. Batang tarik yang dibebani sampai pengerasan regangan akan diperpanjang sepenuhnya sebelum terjadi keruntuhan. Ini merupakan keuntungan dan kerugian, karena deformasi

besar dapat menyebabkan runtuhnya elemen dan struktur. Untuk batang pengikat berlubang, bagian jaring yang melalui lubang kemungkinan besar akan gagal. Beban runtuh ini mungkin jauh lebih kecil daripada beban yang dibutuhkan untuk melelehkan total penampang (bukan melalui lubang). Perhatikan bahwa bagian batang yang berongga biasanya lebih pendek dari panjang batang. Meskipun pengerasan regangan dapat dicapai dengan cepat pada penampang netto batang, pelelehan tidak selamanya dapat menentukan kondisi batas, maka perubahan panjang akibat leleh di bagian kecil pada batang bisa diabaikan.

Menurut SNI 1729:2015 pasal D2 kekutan tarik desain, $\emptyset_t P_n$ dan kekutan tarik tersedia, P_n / Ω_t dari komponen struktur tarik harus diambil nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

1. Untuk leleh tarik pada penampang bruto dilihat pada persamaan 2.25 berikut:

   $P_n = F_y A_g$ ..... (2.25)

   $\emptyset_t$ = 1,67

   Ω_t = 0,90

2. Untuk keruntuhan tarik pada penampang netto dilihat pada persamaan 2.26 berikut:

   $P_n = F_u A_e$ ..... (2.26)

   $\emptyset_t$ = 0,75

   Ω_t = 2,00

   Keterangan :

   A_e = Luas netto efektif (mm2)

   A_e= Luas bruto dari komponen struktur (mm2)

   f_y= Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

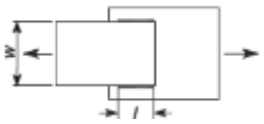
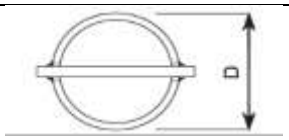
   Ω_t = Faktor ketahanan untuk tarik

Bila komponen struktur tanpa lubang sepenuhnya disambung dengan las, luas neto efektif yang digunakan pada persamaan 2.27 harus seperti ditentukan dalam berdasarkan persamaan dibawah ini :

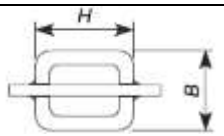
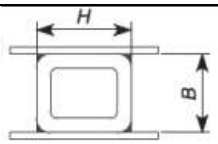
$A_e = A_n U$ ..... (2.27)

Dimana U adalah faktor *shear lag*. Faktor Shear Lag dapat dilihat pada tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Faktor *shear lag*

Kasus	Deskripsi Elemen	Faktor Shear Lag, U	Contoh
1	Semua komponen struktur tarik dimana beban Tarik disalurkan secara langsung ke setiap dari elemen profil melintang melalui sarana penyambung atau las-las (kecuali seperti dalam kasus 4,5, dan 6)	U = 1,0	
2	Semua komponen struktur tarik, kecuali pelat dan PSB, dimana beban tarik disalurkan ke beberapa tetapi tidak semua dari elemen profil melintang melalui sarana penyambung atau las longitudinal atau melalui las longitudinal dalam kombinasi dengan las transversal. (Secara alternative, untuk W, M, S dan HP, kasus 7 dapat digunakan. Untuk baja siku, Kasus 8 dapat digunakan)	$U = 1 - \overline{X}\,//$	
3	Semua komponen struktur tarik dimana beban tarik hanya disalurkan melalui las transversal ke beberapa tetapi tidak semua dari elemen profil melintang.	U = 1,0 Dan A_n = luas dari elemen yang disambung langsung	
4	Pelat dimana beban Tarik disalurkan melalui las longitudinal.	$I \geq 2w \ldots U = 1,0$ $2w > I \geq 1,5w \ldots U = 0,87$ $1,5w > I \geq w \ldots U = 0,75$	
5	PSB Bundar dengan sebuah pelat buhul konsentris tunggal.	$I \geq 1,3D \ldots U = 1,0$ $D \leq I < 1,3D \ldots U = 1 - \overline{X}//$ $\overline{X} = D/\pi$	

Tabel 2.12 Faktor *shear lag* (Lanjutan)

Kasus	Deskripsi Elemen		Faktor Shear Lag, U	Contoh
6	PSB Persegi	Dengan sebuah pelat buhul konsentris tunggal	$I \geq H \ldots U = 1 - \overline{X}//$ $\overline{X} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$	
		Dengan dua sisi pelat buhul	$I \geq H \ldots U = 1 - \overline{X}//$ $\overline{X} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	
7	Bentuk W, M, S atau HP atau T memotong dari bentuk-bentuk ini (Jika U dihitung dalam kasus 2, nilai yang lebih besar diizinkan untuk digunakan).	Dengan sayap disambungkan dengan 3 atau lebih sarana penyambung per baris di arah pembebanan	$b_f \geq \frac{2}{3d} \ldots U = 0{,}90$ $b_f \geq \frac{2}{3d} \ldots U = 0{,}85$	—
		Dengan badan disambungkan dengan 4 atau lebih sarana penyambung per baris di arah pembebanan	U = 0,70	—
8	Siku tunggal dan ganda (Jika U dihitung dalam Kasus 2, nilai yang lebih besar diizinkan untuk digunakan).	Dengan 4 atau lebih sarana penyambung per baris di arah pembebanan	U = 0,80	—
		Dengan 3 sarana penyambung per baris di arah pembebanan (Dengan lebih sedikit dari 3 sarana penyambung per baris di arah pembebanan, gunakan Kasus 2).	U = 0,60	—

Sumber : SNI 1729:2015

2.11.2 Batang Tekan

Ketika suatu beban mencoba untuk menekan atau memperpendek suatu bagian, tegangan yang dihasilkan disebut tegangan tekan, dan bagian tersebut disebut bagian dalam kompresi. Ada beberapa jenis komponen struktur tekan, dengan kolom yang paling terkenal. Jenis lainnya adalah rangka untuk rangka atap, batang pengikat, profil dan sayap tekan untuk penampang balok komposit, dan elemen yang memikul beban dan momen tekan. Kolom adalah elemen vertikal yang dimensi panjangnya jauh lebih besar daripada ketebalannya. Rintisan yang dikenai gaya tekan disebut juga struts atau batang tekan.

Secara umum, kegagalan komponen struktur tekan diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu tekuk lentur, tekuk lokal, dan tekuk torsional. Adapun ragam tekuk tersebut sebagai berikut :

1. Tekuk lentur juga dikenal sebagai tekuk Euler, adalah jenis kegagalan tekuk yang paling umum dan dibahas secara rinci dalam bab ini. Elemen bengkok akan menjadi tidak stabil.
2. Tekuk lokal terjadi ketika bagian penampang tertentu dari kolom tertekuk karena terlalu tipis sebelum tekuk jenis lain terjadi. Tahanan kolom terhadap tekuk lokal diukur dengan perbandingan lebar dengan tebal penampang.
3. Tekuk torsional bisa terjadi di kolom dengan pengaturan penampang tertentu. Kolom tersebut akan runtuh karena tekuk torsional atau kombinasi tekuk torsional dan tekuk lentur.

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal E1 kekuatan tekan desain dan kekuatan tekan tersedia bisa dihitung berdasarkn persamaaan 2.28 dan persmaan 2.29 dibawah :

$\phi_c P_n$ ..... (2.28)

P_n / Ω_c ..... (2.29)

Dengan :

ϕ_c= 0,9 (DFBK)

Ω_c= 1,67 (DKI)

Keterangan :

P_n = kekuatan tekan desain

ϕ_c= factor desain berdasrkan desain factor beban dan ketahann (DFBK)

Ω_c= faktor desain beradsarkan desain kekatan izin (DKI)

2.12 Sambungan

Menurut SNI 1729:2015 bab B3. (6) elemen sambungan harus dirancang ssuai dengan gaya dan deformasi yang digunakan dalam desain knsisten dengn kinerja sambunga yang direncaakan tersebut juga asumsi yag dignakan paada analisa struktur.

Jenis sambunga ini harus bisa menyalurkan gaya yang bekerja pada satu komponen ke komponen lainnya.

1. Sambungan Las

   Pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam dengan cara memanaskan bahan tersebut pada suhu yang sesuai dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa bahan pengisi sehingga bahan tersebut meleleh.

2. Sambungan Baut

   Selain pengelasan, alat penyambung yang sangat populer adalah baut, terutama baut yang berkualitas tinggi. Baut berkekuatan tinggi telah mengubah penggunaan paku keling sebagai pengencang karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan paku keling, seperti tegangan kerja yang lebih rendah, kemampuan menahan gaya yang lebih besar, dan biaya konstruksi yang lebih rendah secara keseluruhan.

   Sambungan baut mutu tinggi bisa direncanakan sebagai sambunga jenis friksi (tanpa slip) dan atau sebagai sambungan tipe tmpu. Syarat baut memikul tahana nominial menurut persyaratan LRFD harus memenuhi persamaan 2.35 dibawah ini :

   $R_u \leq \phi \, . R_n$ .....(2.35)

Dengan R_n merupakan tahanan nominal baut sementara itu ϕ merupakan factor redukis yang diambl sebesar 0,75. Nilai R_n berbeda pada setiap tipe sambungan.

Adapun tipe-tipe baut yag diguakan untuk sambungan bisa dilihat pada tabel 2.13 sebagai berikt :

Tabel 2.13 Tipe-tipe baut

Tipe Baut	**Diameter (mm)**	**Proof Stress (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 : Agus Setiawan, 2002

2.13 Lengkung Busur

Dalam perencanaan jembatan degan struktur yang baik, lantai kendaraan berada di bawah busur, menurut Struyk & Soemargono (1990). Jembatan, direncanakan pada persamaan 2.36 dibawah ini :

f = 1/5 L sampai 1/8 L

h = 1/25L sampai 1/45L (2.36)

apabila jembatan yang kecil tidak terdapat portal ahkir dalam bidang vertikal ahkir, direncanakan berdasarakan persamaan 2.37 dan persamaan 2.38 dibawah :

H = 1/12L

f = 1/6L sampai dengan 1/8L

h = 1/33L ..... (2.37)

jika ada portal akhir :

f =1/20L > H

h =1/33L ..... (2.38)

Dimana :

f = tinggi lengkung busur

L = Panjang Bentang

Panjang penggantung dihitung dengan perhitungan pendekatan persaman sumubu geometric dilihat pada persamaan (2.39), (2.40) dan (2.41) dibawah ini.

Persamaan Parabola :

$$Y_n = \frac{4.f.X.(L-X)}{L^2} \quad \text{..... (2.39)}$$

$$Y_n' = f - y_n \quad \text{..... (2.40)}$$

Panjang tiap segmen :

$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' + Y_{n-1})^2 + \Delta X^2} \quad \text{..... (2.41)}$$

2.14 Perencanaan Elastomer

Desain bantalan elastomer tipe laminasi yang diperkuat pelat baja perlu menyeimbangkan kekakuan untuk mendukung beban tekan yang besar dan mengakomodasi translasi dan rotasi. Untuk bantalan karet dirancang menggunakan ketentuan dalam Pedoman Desain Bantalan Elastis untuk Bantalan Jembatan (2015). Keseimbangan ini dipertahankan dengan menggunakan keseimbangan elastomer yang relatif fleksibel dengan modulus geser (G) antara 0,6 Mpa dan 1,3 Mpa. Ketebalan bantalan tergantung pada jumlah gerakan yang diperlukan. Regangan geser translasi harus dbatasi kurang dari 0,5 mm/mm agar mencegah guling dan kelelahan. Ketebala total elastomer harus dirancang menjadi dua kali translasi desain. Untuk memastikn stabilitas, keteblan total elastomer tidak bisa lebihi dari L/3 dan/atau W/3.

Lapisan elastomer tidak boleh dimiringkan. Seluruh lapisan internal didalam elastomer harus memeliki ketebalan yang sama, dan lapisan karet penutup tidak boleh lebih dari 70% ketebalan lapisan internal layer. Perencana harus memutuskan beban apa saja yang harus diterima oleh bantalan elastomer, salah satunya adalah beban lateral. Jika beban lateral pada bentangan elastomer terlalu besar, terutama dibandingan dengan beban vertical, sebuah system terpisah dapat digunakan untuk menahan beban lateral, yaitu dengan memasang baut.

Beban yang diperhitungkan untuk dipikul oleh bantalan adalah beban hidup ditambah beban statis desain. Didalam memperhitungan beban-beban tersebut berdasarka luas area elastomer yang memikul beban harus diubah menjadi tegangan rata-rata seperti rumus pada persamaan 2.42 dan persamaan 2.43 berikut ini :

$$\sigma_s = \frac{P_{DL}+P_{LL}}{A} \quad \text{..... (2.42)}$$

$$\sigma_L = \frac{P_{LL}}{A} \quad \text{..... (2.43)}$$

Keterangan :

σ_s= Tegangan rata-rata akibat beban total (Mpa)

σ_L= Tegangan rata-rata akibat hidup (Mpa)

P_{DL}= Beban mati rencana (N)

P_{LL}= Beban hidup rencana (N)

A= Luas keseluruhan (bonded surface area) (mm^2)

Kekakuan bantalan karet saat permukaan anti slip dimuat. Ini tergantung pada faktor bentuk (S). Faktor bentuk (S) adalah perbandingan luas daerah terkompresi dengan luas pembengkakan bebas (free swelling area). Faktor bentuk lapisan elastomer tanpa lubang dihitung pada persmaan 2.44, persmaan 2.45 dan persmaan 2.46 sebagai berikut :

$$S = \frac{A}{l_p h_{rl}} \quad \text{..... (2.44)}$$

$$l_p = 2\ (L + W) \quad \text{..... (2.45)}$$

$$A = L.W \quad \text{.....(2.46)}$$

Keterangan :

S = bentuk faktor

A = luas keseluruhn (*bonded surface area*), (mm^2)

L_p = keliling elastomer, termasuk lubang (*bonded survance primeter*) (mm)

h_{ri} = ketebalan efektif karet pada lapisan antara (iinternal layer) (mm)

l = panjang efektif keseluruhan elastomer (mm)

b = lebar efektif keseluruhan elastomer (mm)

Faktor bentuk (S) harus berada dalam batas pada persamaan 2.47 dan persamaan 2.48 berikut ini :

Untuk bantalan polos $1 < S \leq 4$……...(2.47)

Untuk bantalan tipe berlapis $4 , S \leq 12$……..(2.48)

Hal penting untuk dipertimbangkan juga ialah, ketika elastomer terlepas dari pelat penguatnya. Untuk bantalan yang mengalami deformasi geser, hal ini dapat dikontrol dengan membatasi tegangan tekan maksimum akibat beban gabungan pada elastomer menjadi 7,0 MPa. Jika elastomer lepas dari pelat penguatnya dpat dicegah denga menggabungkan bataasan yang dipernuhi berdasarkan persamaan 2.49 dan 2.50.

$\sigma_s \leq 7.0$ MPa .....(2.49)

$\sigma_s \leq 1.0$ GS.....(2.50)

Keterangan :

G = modulus geser elastomer (MPa)

S = faktor bentuk

σ_s = tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)

Untuk bantalan karet bantalan yang mengalami deformasi geser bertahap, tegangan dapat ditingkatkan sebesar 10%. Rotasi dapat terjadi pada bantalan karet dan harus dianggap sebagai efek terbesar dari penurunan keselarasan dan rotasi berikutnya dari ujung balok karena beban yang diterapkan dan gerakan yang dihasilkan. Pemisahan (separation) antara ujung bantalan dan struktur pendukung harus dicegah selama rotasi karena pemisahan menciptakan tegangan tarik pada elastomer dan berpotensi menyebabkan robek (delaminasi). Pemisahan dicegah dengan menggabungkan kendala tekan dan rotasi yang dipenuhi menurut Persamaan 10 dan Persamaan 11. Dapat dihitung bahwa toleransi rotasi yang diperbolehkan untuk operasi menurut AASHTO LRFD 4h edisi 2007 adalah 0,005 radian bisa dihitung berdasarkn persamaaan 2.51 dan 2.52 dibawah.

$\sigma_s \geq 0{,}5$ G. S $\left(\frac{L}{h_{rL}}\right)^2 \frac{\emptyset_{S,X}}{n}$ ..... (2.51)

$\sigma_s \geq 0{,}5\ G.\ S \left(\frac{W}{h_{rl}}\right)^2 \frac{\emptyset_{S,X}}{n}$.....(2.52)

Keterangan :

n = jumlah lapisan internal karet

G = modulus geser elastomer (MPa)

$Ø_{S,X}$ = maksimum perputaran pada setiap sumbu (rad)

S = faktor bentuk

h_{ri} = ketebalan lapisan internal (mm)

W = lebar dari bantalan elastomer (tagak lurus terhadap sumbu memanjang jemabtan) (mm).

L = panjang dari bantalan elastomer (sejajar dengan sumbu memanjang jembatan) (mm)

Tegangan tarik berkembang di pelat baja karena menahan gerakan karet. Tegangan tarik ini menentukan ketebalan yang dibutuhkan, yang harus ditentukan menurut Persamaan 2.53 berkut:

$h_s \geq \frac{3h_{max}\emptyset_S}{f_y}$..... (2.53)

untuk perhitngan ketahanan fisik berdasarkan AASHTO LRFD 4^h Ed 2007 pasal 6.6.1.2.5, kebutuhan pelat ditentukan berdasarkan persamaan 2.54 berikut :

$h_s \geq \frac{2h_{max}\emptyset_L}{\Delta f_{TH}}$ ..... (2.54)

Keterangan :

h_{max} = ketebalan maksimum lapisan elastomer pasa bantalan elastomer (mm)

h_s = ketebalan lapisan plat pada elastomer berlapis plat (mm)

f_y = batas ulur dari pelat bbaja yang digunakan (MPa)

F_{TH}= batas fisik (*constant amplitude fatique threshold*) yang digunakan (MPa)

σ_s = tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)

σ_L = tegangan rata-rata akibat beban pergerakan horizontal (MPa)

Jika beban geser yang dipertimbangkan diserap oleh bantalan deformasi dengan batas kekuatan lebih besar dari 1/5 beban vertikal minimum akibat beban permanen, bantalan harus diamankan terhadap perpindahan horizontal. Sifat fisik elastomer yang digunakan sebagai bahan pembawa dapat diuji untuk menentukan kesesuaian sesuai dengan spesifikasi SNI 3967:2008.

2.15 Material Penyusun Jembatan

2.15.1 Beton bertulang

Menurut Nawi, Edrward (2010) Beton kuat dalam tekan tetapi lemah dalam tarik. Keberadaan pengaku ini sering digunakan untuk memperkuat daerah tekan penampang balok.

Untuk menghitung suatu balk, kita harus menghitung angka tulangan maksimum yang diizinkan yaitu 0,75ρb. Untuk penampang segiempat hanya ditulangi pada sisi tertarik (Nawi, Edrward : 2010). Sedangkan menurut SNI 2847:2013 pasal 12.3.3 Rasio tulangan maksimum dapat dihitung melalui persamaan 2.55 berikut.

$$\rho b = \frac{0.85 \cdot f'c}{fy} \cdot \frac{600}{(600 + fy)} \cdot \beta 1 \quad \text{.....(2.55)}$$

Dengan :

ρb = rasio tulangan balance

0,85 = faktor reduksi tulangan

f'c = kuat tekan beton (Mpa)

fy = kuat tarik baja (Mpa)

2.15.2 Baja tulangan

Tulangan beton terdiri dari batang, kabel dan wire mesh baja yang dilas, semuanya dirakit sesuai dengan standar ASTM. Sifat-sifat yang paling penting dari rebar adalah (Nawi, Edward: 2010):

1. Modulus Young, E
2. Kekuatan leleh, *fy*

3. Kekuatan batas, *fu*
4. Mutu baja yang direntukan
5. Ukuran atau diameter batang atau karet

Untuk meningkatkan daya rekat antara beton dan baja, permukaan baja diulir sesuai dengan spesifikasi ASTM. Untuk memenuhi syarat sebagai batang berulir, formasi ulir harus memenuhi spesifikasi ASTM A16-76. Analisis tegangan berkaitan dengan perilaku benda di bawah beban dan sering disebut mekanika padat. Kekuatan material atau mekanika material, karena peran utamanya adalah pada sifat-sifat material. Tujuan utama dari analisis tegangan adalah untuk menentukan tegangan sisa dan regangan pada komponen.

Kekuatan luluh dan tegangan putus suatu material juga disebut kekuatan luluh dan kekuatan pamungkas. Kekuatan adalah istilah umum yang mengacu pada kemampuan suatu struktur untuk menahan beban. Sebagai contoh, kekuatan luluh balok adalah jumlah beban yang dibutuhkan balok untuk luluh, dan kekuatan ultimit rangka batang adalah beban maksimum yang dapat dipikulnya, beban putus. Namun, ketika melakukan uji tarik pada material, elastisitas didefinisikan dalam hal tegangan spesimen, bukan beban total yang diterapkan pada spesimen. Oleh karena itu, kekuatan suatu material biasanya dinyatakan dalam bentuk tegangan.

2.15.3 Profil Baja

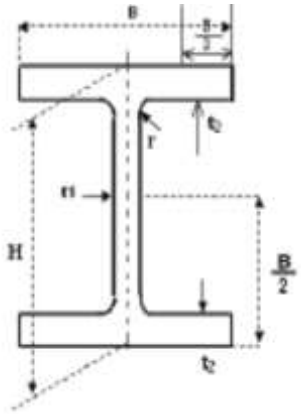
1. Profil WF (*Wide Flange*)

   WF (Wide Flange) adalah balok baja dengan tinggi badan lebih tinggi dari flange. Kadang-kadang disebut IMF karena bentuknya menyerupai huruf I. Penampang WF dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah.

2. Profil Box

   Baja profil Box adalah tabung struktural berongga yang dilas dan dibentuk dingin dari strip baja canai panas, sesuai dengan spesifikasi standar ASTM: A500-65, dengan beberapa batasan yang

lebih ketat untuk toleransi tertentu. Penampang Box dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah.



Gambar 2.13 Baja Profil Penampang WF

Keterangan :

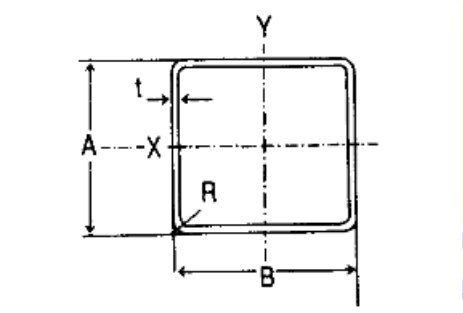
H adalah tinggi badan

B adalah lebar sayap

t1 adalah tebal badan

t2 adalah tebal kaki sayap

r adalah radius sudut



Gambar 2.14 Baja Profil Penampang Box

Keterangan :

Y adalah tinggi badan

B adalah lebar sayap

t adalah tebal badan

r adalah radius sudut

Untuk perencanaan ulang jembatan samota direncanakan menggunakan beberapa profil baja sebagai berikut:

1. Gelagar memanjang = WF 500.300.12.20
2. Gelagar melintang = WF 800.300.14.22
3. Batang vertikal = WF 400.400.45.70
4. Batang diagonal = WF 450.300.11.18
5. Ikat angin = WF 350.350.19.19
6. Busur rangka = BOX 650.320.28.28

2.16 Program SAP 2000

Program SAP merupakan salah satu software yang paling populer di dunia teknik sipil, khususnya di bidang statika. Analisis yang dapat dilakukan dengan SAP 2000 meliputi analisis statis, analisis dinamis, dan analisis elemen hingga. Analisis model struktural dapat dilakukan dalam 2D dan 3D. Selain itu, SAP 2000 menawarkan beberapa menu desain untuk struktur beton dan baja untuk desain dan tidak mengecualikan penggunaan bahan konstruksi lainnya. SAP2000 tidak membatasi kemampuan analitis Anda, sehingga dapat diterapkan bahkan pada bentuk yang paling kompleks sekalipun. Ini juga mencakup analisis struktural jembatan beban seluler dan kemampuan analisis riwayat waktu, yang dapat disesuaikan untuk kondisi lokal tertentu. Untuk perencanaan struktur, SAP2000 memiliki fungsionalitas yang lengkap baik untuk perencanaan konstruksi baja maupun beton. Desain baja struktural dilengkapi dengan dimensi dan geometri masukan yang dilengkapi data yang dapat diterapkan ke beberapa kode desain. Hal yang sama berlaku untuk desain struktur beton dengan perhitungan tulangan yang diperlukan. Item tertentu dapat dikelompokkan bersama untuk perencanaan yang lebih mudah. Tampilan data yang dihitung untuk setiap item dapat ditampilkan langsung dengan mengklik item tersebut.

Output yang dihasilkan dapat dilihat baik dalam model struktural, diagram, atau format spreadsheet, tergantung pada analisis dan persyaratan desain Anda. Kekuatan internal yang dihasilkan dari perhitungan statis dalam program SAP 2000 meliputi:

1. Gaya Normal / axial (P)
2. Gaya geser / lintang pada bidang 1-2 / shear (V2)
3. Gaya geser / lintang pada bidang 1-3 / shear (V3)
4. Momen puntir / torsion (T)
5. Momen pada bidang 1-3 / momen terhadap sumbu 2 (M2)
6. Momen pada bidang 1-2 / momen terhadap sumbu 3 (M3)

BAB III
METODELOGI PERENCANAAN

3.1 Lokasi Perencanaan

Pada studi perencanan jembatan ini berlokasi di jalan bypass samota, Labuan Sumbawa, Labuhan Badas, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, Lokasi studi kasus dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.

Gambar 3.1 Lokasi Jembatan

Sumber: Google maps

3.2 Data Konstruksi Jembatan

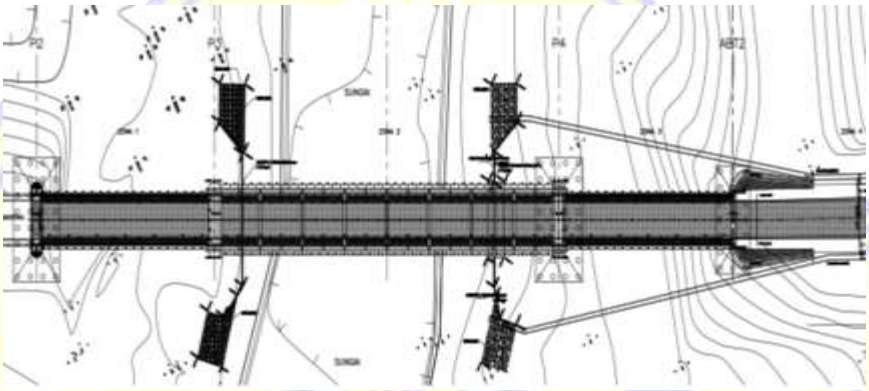
Data Umum Jembatan adalah sebagai berikut:

1. Bagian Atas
    - Nama Jembatan : Jembatan Samota
    - Panjang Bentang : 80 m
    - Lebar Jembatan : 14 m (termasuk trotoar; 1,0 + 12 + 1,0 m)
    - Tinggi Jembatan : 16 m
    - Material Struktur : Beton
    - Tipe Struktur : Jembatan Busur
    - Tipe Lintasan : Sungai
    - Kelas Jembatan : Kelas A

- Jumlah Jalur / Lajur : 2 Jalur / 4 Lajur
- Lebar Trotoar : 1,0 m
- Tebal Plat Lantai : 25 cm

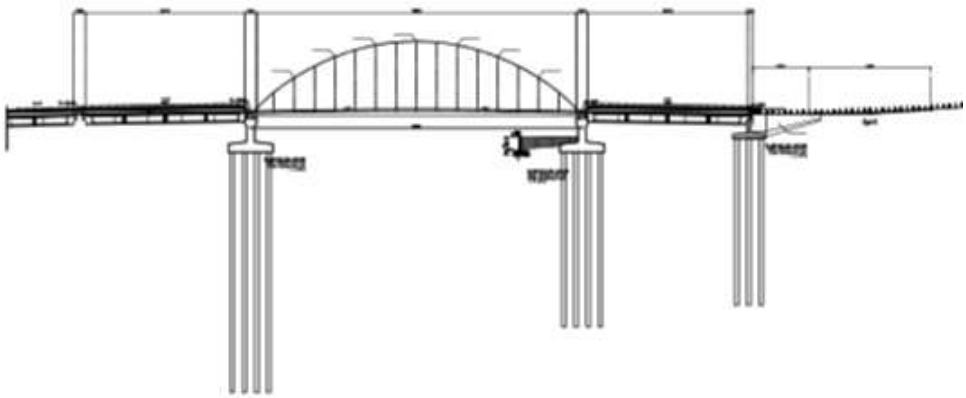
2. Bagian Bawah
   - Pondasi : Pondasi Dalam
   - Material : Bor Pile

Adapun gambar Existing dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.2 Denah Exisiting Jembatan

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Provinsi NTB, 2017



Gambar 3.3 Potongan Exisiting Jembatan

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Dan perumahan Rakyat Provinsi NTB, 2017

Dalam tugas akhir ini jembatan samota akan direncanakan ulang dengan data-data sebagai berikut ini:

- Nama Jembatan : Jembatan Samota
- Jenis Jembatan : Jembatan Busur Rangka Baja Tipe *Through Arch*
- Panjang Bentang : 80 meter
- Lebar Jembatan : 14 meter (termasuk bahu jalan/trotoar)
- Tinggi Jembatan : 16 meter
- Material Struktur : Baja

3.3 Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan dalam merencanakan suatu jembatan sehingga mendapatkan hasil penelitian dengan dasar yang tepat dan dapat dipertanggung jawabkan dengan memperolehnya dari buku-buku dan peraturan yang berkaitan.

3.4 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan ulang struktur atas jembatan samota sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data terkait perencanaan berupa data umum jembatan.
2. Menentukan jenis, mutu, material, dan dimensi struktur atas jembatan. Dalam menentukan jenis, mutu, material, dan dimensi struktur atas jembatan mengacu pada standar peraturan-peraturan yang digunakan.
3. Menentukan desain layout jembatan.
4. Perencanaan struktur atas jembatan yang meliputi perhitungan pembebanan yang bekerja pada jembatan berdasarkan SNI 1725-2016.
5. Analisa kekuatan struktur menggunakan program SAP2000.

   Urutan dan tahapan pemodelan struktur dimasukkan sesuai dengan gambar rencana, material, pembebanan dimasukkan sesuai spesifikasi dan material yang digunakan. Input data material dalam

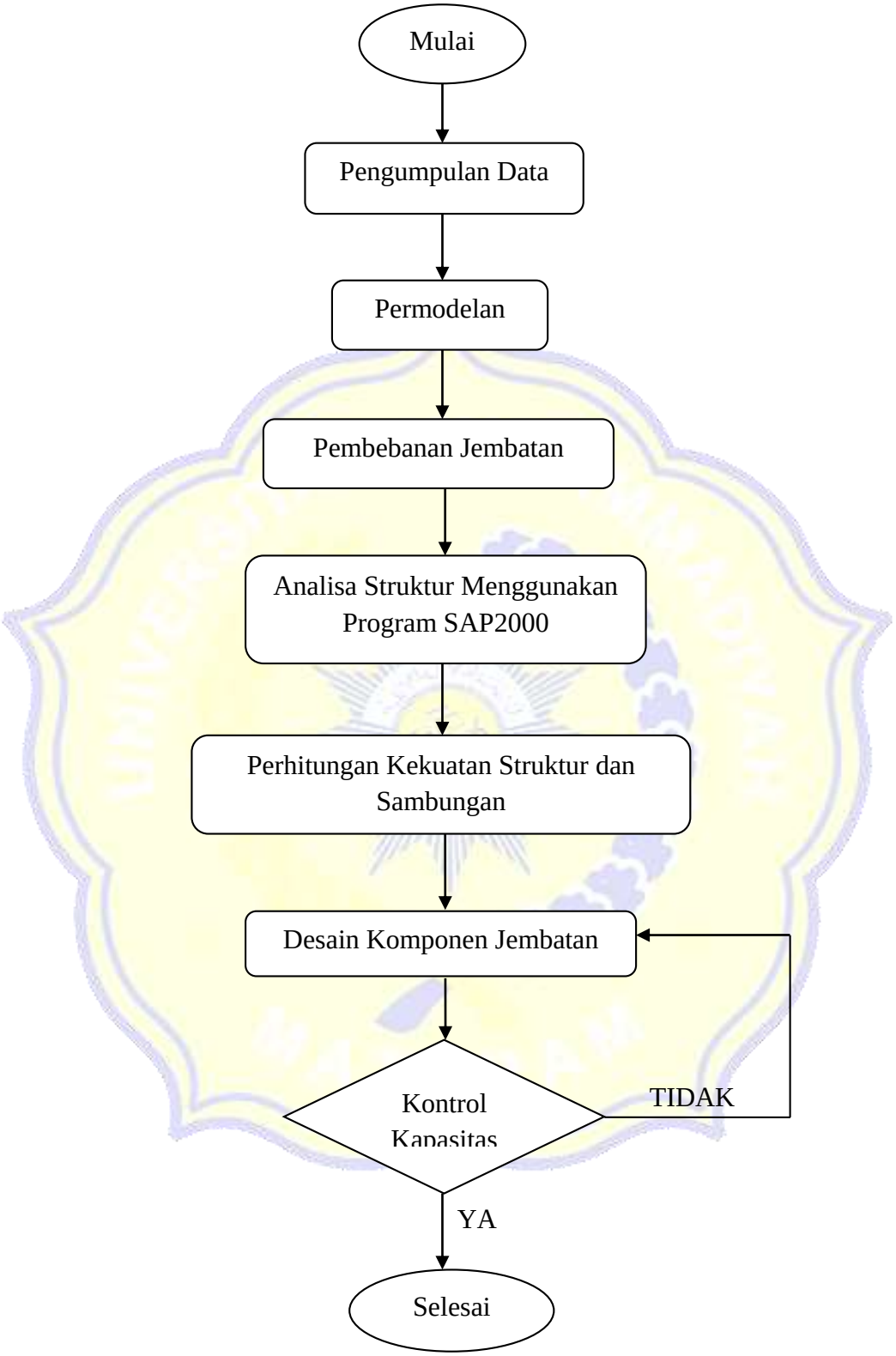
pemodelan program SAP2000 adalah material baja serta tulangannya. Sedangkan untuk input beban terdiri dari beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W), dan beban gempa (E). Kemudian input kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 2883-2016. Selanjutnya analisa kekuatan struktur meliputi analisa sebagai berikut :

a. Analisa batang tarik
b. Analisa batang tekan
c. Analisa terhadap lentur
d. Analisa terhadap gaya geser
e. Analisa sambungan

6. Membuat gambar detail struktur menggunakan program AutoCad 2007.

3.5 Flow Chat Perencanaan

Pelaksanaan perencanaan mulai dari penentuan dimensi struktur atas sampai tahap akhir perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.4 Flow chat perencanaan dibawah ini.



Gambar 3.4 Flow Chat Perencanaan