PROYEK AKHIR TERAPAN – RC 096599

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN PULOREJO-BLOOTO DENGAN SISTEM BUSUR BOX BAJA DI KOTA MOJOKERTO

LUKI DIA UTARININGRUM
NRP. 3115040504

Dosen Pembimbing 1
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc, Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

Dosen Pembimbing 2
AFIF NAVIR REVANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LJ TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016

PROYEK AKHIR TERAPAN – RC 096599

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN PULOREJO-BLOOTO DENGAN SISTEM BUSUR BOX BAJA DI KOTA MOJOKERTO

LUKI DIA UTARININGRUM
NRP. 3115040504

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc, Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

Dosen Pembimbing 2
AFIF NAVIR REVANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LJ TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016

FINAL PROJECT APPLIED – RC 096599

STRUCTURE MODIFICATION OF PULOREJO-BLOOTO BRIDGE IN MOJOKERTO WITH STEEL BOX ARC SYSTEM

LUKI DIA UTARININGRUM
NRP. 3115040504

Counsellor Lecturer 1
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc, Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

Counsellor Lecturer 2
AFIF NAVIR REVANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016

FINAL PROJECT APPLIED – RC 096599

STRUCTURE MODIFICATION OF PULOREJO-BLOOTO BRIDGE IN MOJOKERTO WITH STEEL BOX ARC SYSTEM

LUKI DIA UTARININGRUM
NRP. 3115040504

Counsellor Lecturer 1
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc, Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

Counsellor Lecturer 2
AFIF NAVIR REVANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Lanjut Jenjang DIV Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Juli 2016

Disusun Oleh :

Mahasiswa

Luki Dia Utariningrum
NRP. 3115040504

Disetujui oleh pembimbing proyek akhir :

29 JUL 2016

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Prof.Ir.M.Sigit D., M.Eng.Sc, Ph.D	**Afif Navir Revani, ST, MT**
NIP. 19630726 198903 1 003	**NIP. 19840919 201504 1 001**

LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMUAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : LUKI DIA UTARININGRUM

Nrp : 3115040504

Jurusan / Fak. : L.J D4 TEKNIK SIPIL / FTSP

Alamat Kontak : JL. KELUD IX/18 WATES MOJOKERTO

a. Email : lukidia3@gmail.com
b. Telp/HP : 0857 3687 2299

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif *(Non-Exclusif Royalti Free Right)*** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN PULOREJO – BLOOTO DENGAN SISTEM BUSUR BOX BAJA DI KOTA MOJOKERTO

Dengan Hal Bebas Royalti Non-Ekslusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal :
Yang menyatakan, 29 Juli 2016

Dosen Pembimbing 1

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D

NIP 196507261989031003

Dosen pembimbing 2

Zaid Navir Revani, ST., MT

NIP 19840919 201504 1 001

Luki Dia U

Nrp 3115040504

KETERANGAN:
Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.
Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN PULOREJO-BLOOTO DENGAN SISTEM BUSUR BOX BAJA DI KOTA MOJOKERTO

Nama Mahasiswa : Luki Dia Utariningrum
NRP : 3115040504
Jurusan : Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing 1 : Prof.Ir.M.Sigit D.,M.EngSc, Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Afif Navir Revani, ST., MT

ABSTRAK

Dalam perancangan dan perencanaan struktur jembatan, kekuatan struktur merupakan hal utama yang harus diperhatikan dalam mendesain suatu jembatan. Struktur yang kuat dapat menjadi tolok ukur bagaimana kelayakan jembatan untuk digunakan. Pada perencanaan jembatan ini, akan dibahas mengenai perencanaan struktur atas yang akan dihitung sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (RSNI T-02-2005), perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005), perencanaan struktur beton untuk jembatan (RSNI T-12-2004), dan peraturan gempa untuk jembatan (RSNI 2833-201X). serta akan dibahas mengenai metode pelakasanaan pada pembangunan jembatan pulorejo-blooto secara singkat.

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan struktur jembatan menggunakan sistem busur box baja. Struktur yang akan direncanakan adalah jembatan yang terletak di wilayah kelurahan Prajurit Kulon Kota Mojokerto, jembatan ini yang akan nanti nya menghubungkan dua wilayah yaitu desa Pulorejo dan desa Blotoo. Kelebihan menggunakan metode ini, antara lain jembatan mampu mengurangi kebutuhan pilar, dan estetika bentuk fisik pada jembatan menjadi nilai tambahan dalam modifikasi jembatan

tersebut. Untuk keperluan Tugas Akhir Terapan diprogram studi Lanjut Jenjang D4 Teknik Sipil ini, jembatan direncanakan dengan bentang sepanjang 130 meter. Diharapkan dengan menggunakan Sistem busur Box baja ini dapat diaplikasikan dan bermanfaat bagi diri sendiri sesuai dengan standar peraturan yang ada.

Kata Kunci : Jembatan Busur, Box Baja

STRUCTURE MODIFICATION OF PULOREJO-BLOOTO BRIDGE IN MOJOKERTO WITH STEEL BOX ARC SYSTEM

Name : **Luki Dia Utariningrum**
Register Number : **3115040504**
Faculty : **Diploma IV LJ Teknik Sipil FTSP ITS**
Counsellor Lecturer 1 : **Prof.Ir.M.Sigit D.,M.EngSc, Ph.D**
Counsellor Lecturer 2 : **Afif Navir Revani, ST., MT**

ABSTRACT

In the design and planning of the bridge structure, the strength of the structure is the main thing that must be considered in designing a bridge. A strong structure to be a measurement of how the feasibility of the bridge to be used. In planning this bridge, will discuss the planning of the structure on which will be calculated according to the standard loading on the bridge (RSNI T-02-2005), planning of steel structures for bridges (RSNI T-03-2005), the planning of concrete structures for bridges (RSNI T-12-2004), and the regulations of the earthquake to the bridge (RSNI 2833-201X). and will discuss the method of exercising on the construction of the bridge Pulorejo-blooto briefly.

In this final project will be planned bridge structure using steel box arc system. The structure to be planned is a bridge located in the village Soldiers Kulon Mojokerto, this bridge which will later connect the two regions of his village and the village Puloorejo Blotoo. Advantages of using this method, among others, reduce the need for bridge pillars, and the aesthetics of the bridge into the physical form of value added in the modification of the bridge. For the purposes of the study Final programmed Applied Civil Engineering Advanced Study D4 is, the bridge is planned with a 130 meter span. The system is expected to use a steel box arc

system is applicable and beneficial to themselves according to the standard rules.

Keywords : Bridge Arc, Box Steel

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR NOTASI xvi
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Maksud dan Tujuan 3
1.5 Manfaat 4
1.6 Data Perencanaan 4
BAB II 9
TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Umum 9
2.2 Elemen – Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur 10
2.3 Pembebanan Pada jembatan 15
2.4 Perencanaan Struktur Jembatan 22
2.5 Struktur Box Baja 35
2.6 Metode Pelaksanaan Pekerjaan 37

2.7 Pemilihan Alat Berat 38
BAB III 41
DATA DAN ANALISA 41
3.1 Outline Penyusunan Laporan 41
3.2 Data perencanaan 42
3.3 Preliminary desain 42
3.4 Analisa pembebanan 47
3.5 Flowchart dan Jadwal 56
BAB IV 59
PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA 59
4.1 Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan 59
4.1.1 Perencanaan Dimensi Pelat…….. 59
4.1.2 Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan…… 60
4.1.3 Perhitungan Momen…….. .61
4.1.4 Perhitungan Penulangan…….. 61
4.1.5 Perhitungan Tiang dan Pipa Sandaran……...67
4.1.6 Perhitungan Kolom Sandaran…….. 69
4.2 Perencanaan Balok Memanjang 71
4.2.1 Perencanaan Balok Memanjang…… 71
4.2.2 Hasil analisa perhitungan momen……. 74
4.2.3 Analisa kapasitas penampang balok memanjang….. 75
4.2.4 Kontrol kapasitas geser……. 78
4.2.5 Interaksi geser dan lentur……. 79
4.2.6 Kontrol lendutan…… 79

4.2.7 Kontrol Kapasitas Lentur (Sesudah Komposit)…….80
4.2.8 Shear Connector balok memanjang…….. 83
4.3 Perencanaan Balok Melintang 88
4.3.1 Perencanaan Balok Melintang……. 88
4.3.2 Hasil analisa perhitungan momen……. 89
4.3.3 Analisa kapasitas penampang balok melintang…….93
4.3.4 Kontrol kapasitas geser……. 96
4.3.5 Interaksi geser dan lentur……. 98
4.3.6 Kontrol lendutan…….. 98
4.3.7 Kontrol Kapasitas Lentur (Sesudah Komposit)…….99
4.3.8 Shear Connector balok melintang……. 101
4.4 Perencanaan Batang Penggantung 106
4.5 Perencanaan Konstruksi Busur 111
BAB V 130
PERENCANAANSTRUKTUR SEKUNDER 131
5.1 Ikatan Angin Atas 131
5.2 Ikatan Angin Bawah 142
5.3 Perencanaan Sambungan 148
5.3.1 Sambungan Gelagar Melintang – Gelagar Memanjang…. 148
5.3.2 Sambungan Busur Batang Atas……150
5.3.3 Sambungan Busur Batang Bawah……. 151
5.3.4 Sambungan Busur dan Gelagar Melintang……153
5.4 Perencanaan Perletakan 155
5.4.1 Perencanaan Perletakan Sendi…….. 155
BAB VI 163

METODE PELAKSANAAN..... 163
BAB VII..... 169
KESIMPULAN..... 169
DAFTAR PUSTAKA 171

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor beban akibat gaya rem 18
Tabel 2.2 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki ... 19
Tabel 2.3 Temperatur jembatan rata-rata nominal 20
Tabel 2.4 Sifat dan bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur ... 20
Tabel 2.5 Koefisien seret Cw 22
Tabel 2.6 Kecepatan angin rencana Vw 22
Tabel 2.7 Ukuran minimum las sudut 33
Tabel 3.1 Panjang Penggantung 44
Tabel 3.2 Panjang Penggantung 44
Tabel 3.3 Faktor beban 47
Tabel 3.4 Kombinasi Pembebanan 47
Tabel 4.1 Rekapitulasi pembebanan gelagar memanjang 74
Tabel 4.2 Panjang Penggantung 106
Tabel 4.3 Gaya yang terjadi pada batang penggantung 107
Tabel 4.4 Pembebanan Busur 112
Tabel 5.1 Muller – Breslau 155
Tabel 6.1 Gaya Kabel Penarik Jembatan 167
Tabel 6.2 Gaya Kabel Penahan Temporary Tower 168

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Kegiatan 4
Gambar 1.2 Peta Lokasi Proyek..... 5
Gambar 1.3 Tampak Samping Eksisting 6
Gambar 1.4 Tampak Samping Eksisting 6
Gambar 1.5 Tampak Melintang Abutment Eksisting 7
Gambar 1.6 Tampak Melintang Eksisting 7
Gambar 2.1 Elemen struktur jembatan busur 10
Gambar 2.2 Tipe ” Deck Arch ” 11
Gambar 2.3 Jogakura Ohashi Bridge di Jepang..... 11
Gambar 2.4 Tipe “ Through Arch ” 11
Gambar 2.5 Jembatan Martadipura dalam masa pembangunan ... 12
Gambar 2.6 Tipe ” A Half – Through Arch “ 12
Gambar 2.7 Bayonne Bridge di Kota New York Amerika Serikat13
Gambar 2.8 Beban Lajur” D “ 16
Gambar 2.9 Pembebanan truk "T" (500 kN)..... 17
Gambar 2.10 Gaya Rem per lajur 2,75m(KBU) 18
Gambar 2.11 Pembebanan untuk pejalan kaki..... 19
Gambar 2.12 Analisis Posisi Roda Kendaraan 26
Gambar 2.13 Penyebaran beban akibat roda kendaraan 26
Gambar 2.14 Robekan baut terhadap pelat sambung..... 32
Gambar 2.15 Jenis perletakan sendi dapat dibuat dari kontruksi baja..... 34
Gambar 2.16 Jenis perletakan rol dapat dibuat dari kontruksi baja34
Gambar 2.17 Contoh Profil Box 35

Gambar 2.18 Crane 38
Gambar 2.19 Dump truck 39
Gambar 2.20 Concrete Pump 39
Gambar 2.21 Concrete Mixer 40
Gambar 2.22 Tandem Roller 40
Gambar 2.23 Asphalt finisher 40
Gambar 3.1 Gaya rem per lajur 2,75 m (KBU) 49
Gambar 3.2 Data tanah untuk menentukan jenis tanah 51
Gambar 3.3 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah .. 53
Gambar 4.1 Potongan Melintang Pelat Lantai Kendaraan 59
Gambar 4.2 Momen Balok Menerus Potongan Melintang 61
Gambar 4.3 Gaya yang bekerja pada kerb 64
Gambar 4.5 Profil Balok Memanjang 71
Gambar 4.6 Pembebanan pada beban mati 72
Gambar 4.7 Pembebanan UDL dan KEL pada gelagar memanjang 73
Gambar 4.8 Pembebanan Truk 73
Gambar 4.9 Distribusi gaya pada penampang 81
Gambar 4.10 Jembatan komposit 84
Gambar 4.11 Diagram tegangan plastis 85
Gambar 4.12 Konektor Stud 86
Gambar 4.13 Jarak antara konektor stud 87
Gambar 4.14 Profil Balok Melintang 88
Gambar 4.15 Pembebanan gelagar melintang 90
Gambar 4.16 Pembebanan akibat beban UDL dan KEL 91
Gambar 4.17 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 1) 92
Gambar 4.18 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 2) 93

Gambar 4.19 Beban merata geser sebelum komposit 96
Gambar 4.20 Beban merata geser setelah komposit 96
Gambar 4.21 Gaya geser akibat UDL dan KEL tidak simetris..... 97
Gambar 4.22 Distribusi gaya pada penampang 100
Gambar 4.23 Jembatan komposit..... 102
Gambar 4.24 Diagram tegangan plastis gelagar melintang 103
Gambar 4.25 Konektor Stud 105
Gambar 4.26 Jarak antara konektor stud..... 105
Gambar 4.27 Konstruksi Pemikul Utama 106
Gambar 5.1 Ikatan angin atas..... 131
Gambar 5.2 Ikatan angin bawah 142
Gambar 5.3 Detail perletakan sendi..... 156
Gambar 5.4 Detail perletakan pen sendi dan letak baut angker... 159
Gambar 5.5 Perletakan rol 161
Gambar 6.1 Pemasangan segmen 1 164
Gambar 6.2 Pemasangan segmen 2 164
Gambar 6.3 Pemasangan segmen 2 165
Gambar 6.4 Pemasangan segmen 4-13 165
Gambar 6.5 Pemasangan deck jembatan 166
Gambar 6.6 Pekerjaan Finishing..... 166

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR NOTASI

b = pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter, (mm)
l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)
ts = tebal slab/pelat
γ = berat jenis
q_D = beban mati
q_L = beban hidup
M_D = Momen akibat beban mati
M_L = Momen akibat beban hidup
Mu = momen ultimate
fc' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
fy = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang
ρ_{max} = Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min} = Rasio tulangan tarik minimum
φ = Faktor reduksi kekuatan
ϕ_b = Faktor reduksi kuat lentur
ϕ_f = Faktor reduksi kekuatan saat fraktur
ϕR_n = kuat rencana
Ec = Modulus elastisitas beton (Mpa)
E = Modulus elastisitas baja (Mpa)
f_{CR} = tegangan kritis
G = Modulus geser baja, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)
h = tinggi bersih pelat sayap profil baja (mm)
I = Momen inersia (mm^4)
Iw = konstanta warping, (mm_6)
Iy = Momen inersia pada sumbu-y (mm4)
J = konstanta torsi (mm_4)
I_e = Faktor keutamaan gempa
L = panjang bentang diantara dua pengekang lateral terhadap displacement lateral dari sayap tekan, atau diantara dua pengekang untuk menahan potongan terhadap twist, dinyatakan dalam milimeter, (mm)
m = Jumlah bidang geser
Mn = Kuat lentur nominal (Nmm)

M_A = momen absolut pada ¼ bentang
M_B = momen absolut pada ½ bentang
M_C = momen absolut pada ¾ bentang
Mp = momen lentur yang meyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis, dinyatakan dalam newton milimeter (N-mm).
Mr = momen batas tekuk
S = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
tw = tebal pelat badan profil baja, dinyatakan dalam (mm)
tf = tebal pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter, (mm).
Vu = gaya geser terfaktor, dinyatakan dalam newton, (N);
Vn = kuat geser nominal pelat badan (N).
λ = Kelangsingan
λ_p = Batas maksimum untuk penampang kompak
λ_r = Batas maksimum untuk penampang tak-kompak

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya Negara maju seperti Indonesia tidak akan jauh dari sebuah pembangunan yang bersifat berkelanjutan, tahap demi tahap dalam membangun suatu daerah satu dengan daerah lainnya akan menjadi poin utama untuk mengkases seluruh wilayah yang ada di Indonesia. Jembatan merupakan salah satu prasarana yang yang memiliki fungsi sebagai penghubung jalur transportasi baik dalam kota maupun daerah seperti pedesaan. Untuk melayani kebutuhan masyarakat agar wilayah tersebut lebih berkembang, maka Pemerintah Kota Mojokerto Dinas Pekerjaan Umum (PU) membangun jembatan baru yang rencananya akan menghubungkan desa Pulorejo dengan desa Bluto, kedua desa tersebut berada di Kota Mojokerto Provinsi Jawa Timur.

Dengan meninjau pentingnya dalam merencanakan jembatan tersebut, harapan kedepan dapat berfungsi secara maksimal terutama menjadi penghubung desa Pulorejo dengan desa Bluto Kota Mojokerto. Rencana pembangunan jembatan Pulorejo-bluto yang melewati sungai tersebut memiliki panjang total 130m. Jembatan ini direncanakan memiliki 2 pilar dan 3 segmen, yaitu segmen 1 dengan panjang bentang antar tumpuan sebesar 40m, segmen 2 dengan panjang bentang antar tumpuan sebesar 50m, dan pada segmen 3 dengan jarak antar tumpuan sebesar 40m. Proyek ini diharapkan mampu meminimalisir kemacetan di wilayah Kota Mojokoerto dan mampu menghubungkan kedua wilayah sehingga dapat menjadi jalur alternatif antar wilayah tersebut. Untuk mendapatkan suatu desain jembatan yang baik dan memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan pembebanan jembatan. Adapun acuan peraturan yang digunakan adalah BMS *(Bridge Design Manual)*, RSNI T-02-2005 standar pembebanan untuk jembatan. Perlu

diperhatikan dalam perencanaan serta perancangan yang baik sehingga diperoleh jembatan yang kokoh dan aman dalam bidang transportasi, maka perlu didesain demensi serta kebutuhan tulangan plat, balok, tiang sandaran, pilar, abutmen dan bagian jembatan lainnya yang sesuai dengan peraturan bembebanan yang berlaku. Pada Tugas akhir ini akan dimodifikasi menjadi jembatan busur box baja dengan lantai tepat di springline busurnya (*Through Arch)*. Metode jembatan box baja digunakan untuk bentang panjang, termasuk jembatan pulorejo-bluto ini, serta mampu mengurangi kebutuhan pilar jembatan, dan estetika bentuk fisik pada jembatan menjadi nilai tambahan dalam modifikasi jembatan tersebut. Untuk keperluan Tugas Akhir Terapan diprogram studi Lanjut Jenjang D4 Teknik Sipil ini, jembatan direncanakan dengan bentang sepanjang 130 meter dan direncanakan lantai kendaraan dibawah, karena melihat fungsi sebagai penghubung dan berada di atas sungai brantas sehingga pangkal busur tidak akan mengenai Muka Air Banjir (MAB). Dan jembatan ini direncanakan dengan penampang box baja sebagai pemikul utamanya mengingat bentang jembatan ini cukup panjang.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam judul "Modifikasi Struktur Jembatan Pulorejo-Bluto Dengan Sistem Busur Box Baja di Kota Mojokerto" permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan
2. Bagaimana menentukan profil baja pada jembatan*(preliminary desain)*
3. Bagaimana merencanakan struktur atas pada jembatan
4. Bagaimana mengaplikasikan kedalam gambar teknik yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada jembatan

5. Bagaimana metode pelaksanaan dalam perencanaan busur box baja

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang akan dibahas pada Tugas Akhir dengan judul "Modifikasi Struktur Jembatan Pulorejo-Blooto Dengan Sistem Busur Box Baja di Kota Mojokerto" adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan ini hanya membahas struktural atas dan tidak membahas struktur bawah
2. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan
3. Analisis beban gempa menggunakan respons spectrum RSNI 2833-201X, dengan merencanakan gempa 500 tahun
4. Gambar rencana berdasarkan hasil perhitungan dalam tugas akhir
5. Tidak membahas RAB pada tugas akhir ini.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud disusunnya tugas akhir agar dapat memberikan manfaat untuk diri sendiri agar lebih memahami teori yang telah diperoleh selama perkuliahan mengenai perencanaan jembatan dengan menggunakan sistem busur baja.

Tujuan dari penyusunan tugas akhir "Modifikasi Struktur Jembatan Pulorejo-Blooto Dengan Sistem Busur Box Baja di Kota Mojokerto" ini adalah:

1. Dapat merencanakan jembatan dengan ketentuan pada SNI yang nantinya diaplikasikan ke dalam gambar teknik sesuai dengan struktur yang akan direncanakan
2. Dapat mengetahui metode pelaksanaan pada pembangunan perencanaan struktur jembatan tersebut.

1.5 Manfaat

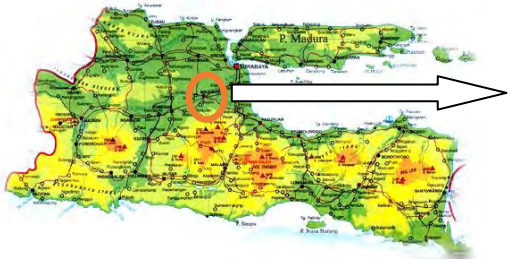
Manfaat dari penyusunan tugas akhir antara lain :
Mendapatkan desain struktur jembatan dengan menggunakan Metode Sistem Busur Box Baja serta metode pelasanaannya,

1.6 Data Perencanaan

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

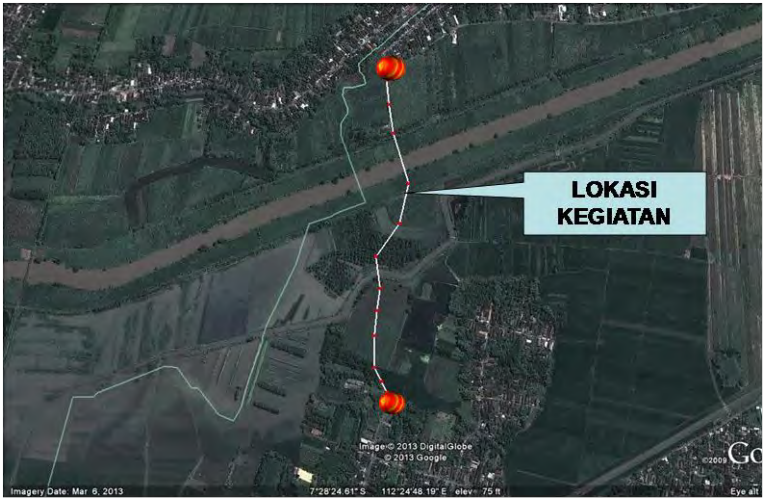
Data-data perencanaan yang diperlukan akan diuraikan berikut ini :

- Lokasi Proyek
  a. Gambar Lokasi Peta Jawa Timur



Gambar 1.1 Peta Lokasi Kegiatan

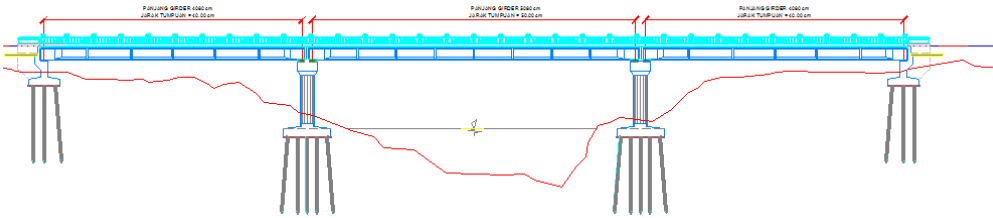
b. Gambar Lokasi Kegiatan



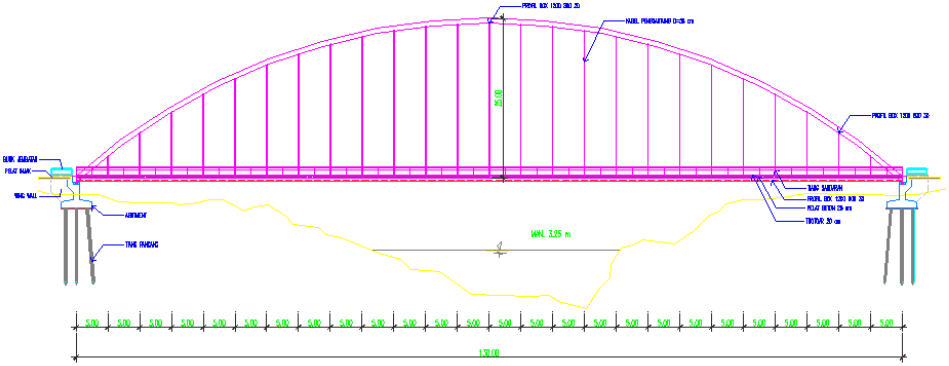
Gambar 1.2 Peta Lokasi Proyek

- Data Umum Jembatan
  - Nama Proyek
    Perencanaan Teknis Pembangunan Jembatan Pulorejo - Blooto Kota Mojokerto
  - Pemilik Proyek
    Pemerintahan Kota Mojokerto Dinas Pekerjaan Umum(PU)
  - Lokasi : Kota Mojokerto
  - Bentang Jembatan : 130 meter
  - Bangunan Atas : Busur Box Baja
- Data Bahan yang digunakan pada jembatan adalah sebagai berikut:
  - Mutu beton (f_c') : 35 Mpa

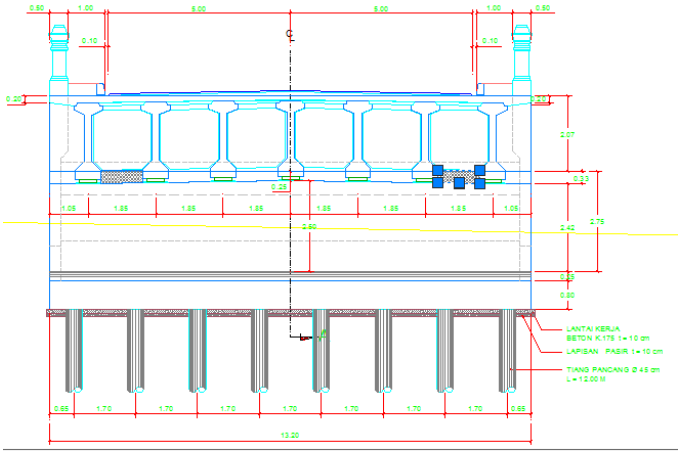
- Mutu Tulangan lentur (f_y) : 360 Mpa
- Mutu Profil Baja BJ 55 dengan:
  Tegangan Leleh (f_y) : 410 Mpa
  Tegangan Putus (f_u) : 550 Mpa



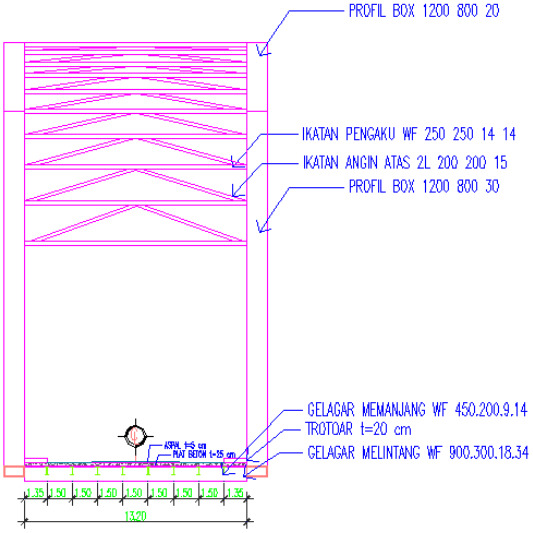
Gambar 1.3 Tampak Samping Eksisting



Gambar 1.4 Tampak Samping Eksisting



Gambar 1.5 Tampak Melintang Abutment Eksisting



Gambar 1.6 Tampak Melintang Eksisting

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Definisi jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain(jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Sehingga memungkinkan kendaraan, seperti kereta api maupun pejalan kaki untuk melintas dengan lancar dan aman.

Bab ini membahas stuktur atas dan merencanakan metode pelaksanaan anggaran dan biaya pelaksanaan struktur bangunan atas pada jembatanbusur box baja sehingga dapat di perhitungkan biaya yang akan di butuhkan dalam mendesain struktur bangunan jembatan ini.

Jembatan-jembatan dapat dibagi-bagi dalam golongan-golongan seperti berikut:

1. Jembatan-jembatan Tetap
2. Jembatan-jembatan dapat digerakkan

Kedua golongan dipergunakan untuk lalulintas kereta api dan lalu lintas biasa.

Golongan 1 dibagi-bagi dalam:

- Jembatan Kayu
- Jembatan Baja
  - Jembatan yang sederhana
  - Jembatan-jembatan gelagar kembar
  - Jembatan palengkung/Busur
  - Jembatan gantung
- Jembatan dari beton bertulang
- Jembatan Batu

Golongan 2 dibagi-bagi dalam:

- Jembatan-jembatan angkat
- Jembatan-jembatan baskul
- Jembatan lipat strauss
- Jembatan angkat

- Jembatan berroda
- Jembatan gojah atau ponts transbordeur

Pada Jembatan Pulorejo-Blooto di Kota Mojokerto akan dimodifikasi dengan menggunakan sistem busur box baja. Pada modifikasi ini jembatan direncanakan dengan bentang sepanjang 130 meter dan direncanakan lantai kendaraan dibawah, karena melihat fungsi sebagai penghubung antar wilayah yang melintasi sungai brantas, sehingga pangkal busur tidak akan mengenai Muka Air Banjir (MAB).

2.2 Elemen – Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur

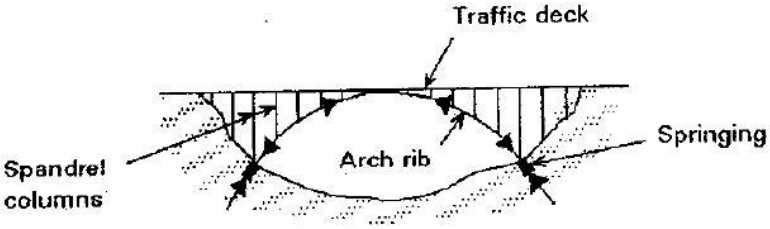
Gambar 2.1 Elemen struktur jembatan busur

2.2.1 Struktur Primer

2.2.1.1 Deck Girder atau Lantai Jembatan

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan yang menahan langsung beban lalu lintas yang melewati jembatan itu. Komponen ini merupakan komponen yang menahan suatu beban yang langsung dan ditransferkan secara merata keseluruh lantai. Berdasarkan lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis yang umum dipakai yaitu:

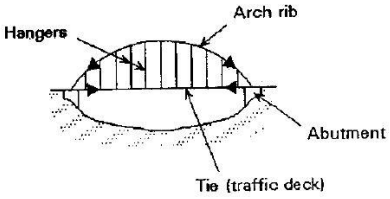
- *Deck Arch*
  Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu – lintas secara langsung dan berada di bagian paling atas busur.



Gambar 2.2 Tipe " Deck Arch "

Gambar 2.3 Jogakura Ohashi Bridge di Jepang

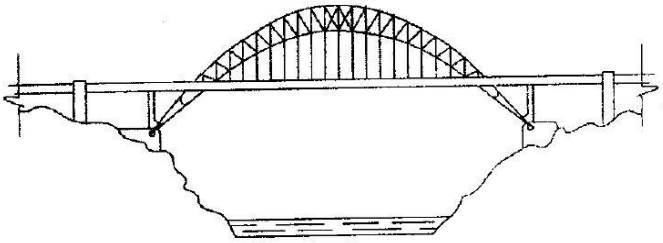
- *Through Arch*
  Merupakan jenis lainnya, dimana letak lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya.



Gambar 2.4 Tipe " Through Arch "

Gambar 2.5 Jembatan Martadipura dalam masa pembangunan

- *A Half – Through Arch*
  Dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah.



Gambar 2.6 Tipe " A Half – Through Arch "

Gambar 2.7 Bayonne Bridge di Kota New York Amerika Serikat

2.2.1.2 Batang Lengkung

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.

2.2.1.3 Gelagar Memanjang

Komponen ini merupakan suatu bagian struktur yang menahan beban langsung dari pelat lantai kendaraan yang letaknya memanjang arah jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai.

2.2.1.4 Gelagar Melintang

Komponen ini berfungsi mengikat beberapa balok(Gelagar memanjang) agar menjadi suatu kesatuan supaya tidak terjadi pergeseran antar gelagar induk(Gelagar memanjang), komponen ini letaknya melintang arah jembatan yang mengikat balok-balok gelagar induk (Gelagar Memanjang).

2.2.1.5 Batang Penggantung/ Hanger

Komponen penghubung antara dek/lantai jembatan ke rangka utama yang berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke rangka utama/busur.

2.2.2 **Struktur Sekunder**

2.2.2.1 Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada bangunan atas.

2.2.2.2 Ikatan Rem

Ikatan rem berfungsi untuk memikul gaya rem yang bekerja pada lantai kendaraan.

2.2.2.3 Sambungan

konstruksi terdiri dari beberapa bagian, yang mana bagian yang satu dengan yang lain akan dihubungkan. Salah satu cara untuk menghubungkan suku bagian bagian tersebut adalah dengan cara memberikan sambungan

Macam-macam sambungan:

1. Sambungan Keling

   Sambungan keling adalah sambungan yang digunakan untuk menyambung plat dan batang profil. Untuk membuat sambungan ini digunakan paku keling yang dibuat di pabrik khusus dengan kepala terpasang yang dilantak.

2. Sambungan Baut

   alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali. Bentuk uliran batang baut untuk baja bangunan pada umumnya ulir segi tiga (ulir tajam) sesuai fungsinya yaitu sebagai baut pengikat. Sedangkan bentuk ulir segi empat (ulir tumpul) umumnya untuk baut-baut penggerak \ atau pemindah tenaga misalnya dongkrak atau alat-alat permesinan yang lain

3. Sambungan Las

   Mengelas adalah menyambung dua bagian logam dengan cara memanaskan sampai suhu lebur dengan memakai bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi. Sistem sambungan las ini termasuk jenis sambungan tetap dimana pada konstruksi dan alat permesinan

2.2.2.4 Perletakan

Komponen ini terletak menumpu pada abutmen dan pilar yang berfungsi menyalurkan semua beban langsung jembatan ke abutmen dan diteruskan ke bagian pondasi.

2.3 Pembebanan Pada jembatan

Pembebanan pada perencanaan jembatan mengacu pada peraturan Teknik jembatan dan *Bridge Design Manual (*BMS 1992) dan RSNI 2005. Jenis-jenis pembebanan antara lain:

2.3.1 Beban Tetap

- Beban Sendiri

  Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen structural, ditambah dengan elemen non structural yang dianggap tetap. Berikut ini merupakan berat isi dan kerapatan massa untuk berat sendiri dari bermacam-macam bahan.

- Beban Mati Tambahan

  Beban Mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non structural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

2.3.2 Beban Lalu-Lintas

Beban lalu lints untuk perencanaan jembatan terdiri dari beban lajur “D” dan beban truck “T”. Padabeban lajur bekerja ada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pada jembatan yang ekivalen dengan suatu iring-iringan

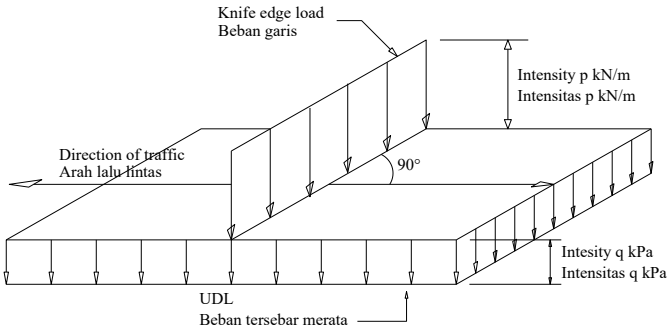
kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truck "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu-lintas rencana. Tiap as terdiri dari 2 bidang kotak pembebanan yang dimaksud sebagai semulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truck"T" diterapkan per lajur lalu lulntas rencana.

Secara umum beban "D"akan menentukan dalam perhitungan yang mempunyai bentang muai dari sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" dugunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

- Beban Lajur "D"

  Beban lajur terdiri dari beban tersebar merata (UDL)yang digabung dengan beban garis (KELL).



Gambar 2.8 Beban Lajur" D "

Besarnya beban merata adalah sebesar:

- Untuk L $\leq$ 30 m
  q = 9.0 kPa .....(2.3-1)
- Untuk L > 30 m
  q = 9.0 (0.5 + 15/L) kPa.....(2.3-2)
  Dimana panjang yang dibebani L adalah panjang total UDL yang bekerja pada jembatan.

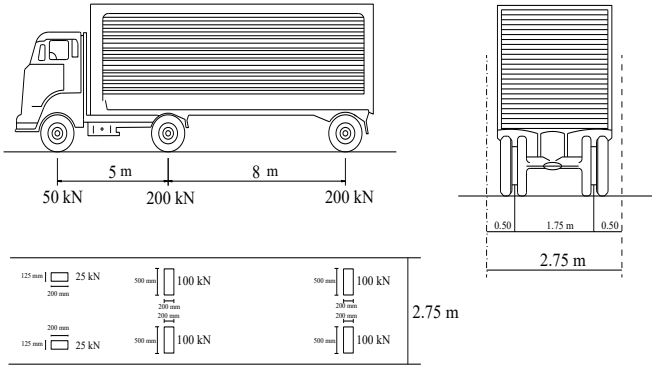
Besarnya beban garis adalah sebesar:

- P=49 kN/m ..... (2.3-3)
- Beban KELL dapat dijumlahkan dengan beban UDL
  Beban KELL harus dikalikan dengan Faktor Dynamic Load Allowance (DLA).

- Beban Truck “T”

Beban truk memiliki beban merata dibidang kontak antara roda dengan permukaan lantai dengan jarak antar as yaitu 6 m sesuai jarak titik simpul jembatan, beban truk memiliki dua bidang kontak dengan jarak selebar dengan jarak antar gelagar yaitu.

Factor beban dinamis (FBD) diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diseluruh permukaan tanah.

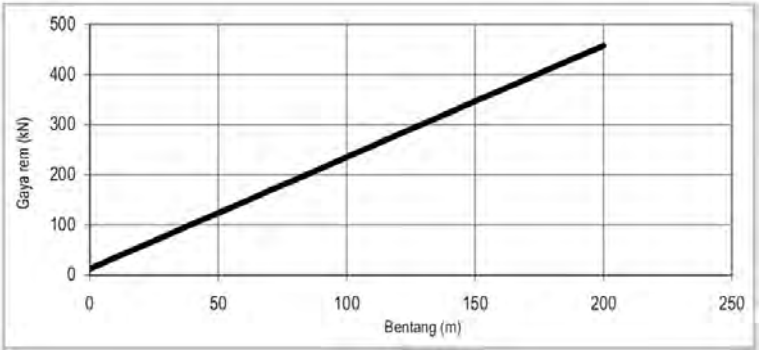


Gambar 2.9 Pembebanan truk "T" (500 kN)

- Gaya Rem

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai

dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m.



Gambar 2.10 Gaya Rem per lajur 2,75m(KBU)

Tabel 2.1 Faktor beban akibat gaya rem

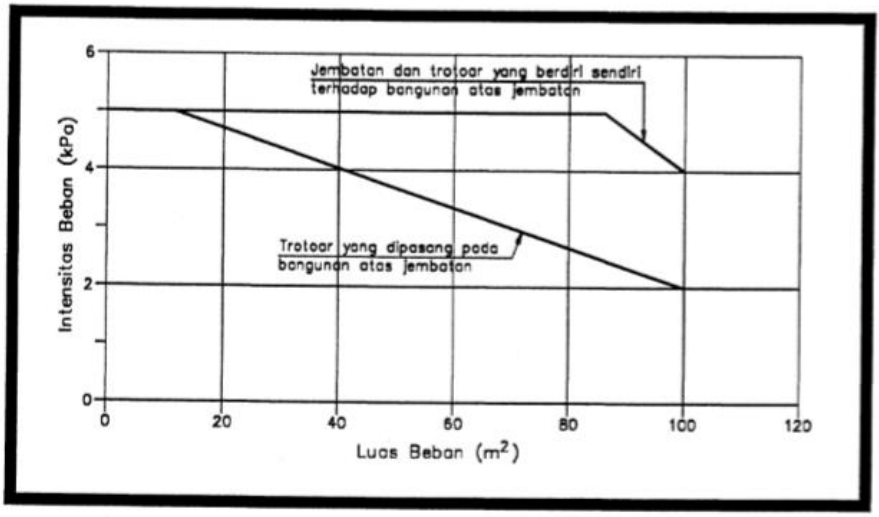
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TB;}$	$K_{U;TB;}$
Transien	1,0	1,8

- Beban Pejalan Kaki
  - Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kpa.
  - Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m^2 dari luas yang dibebani seperti pada Gambar 2.7.

- Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.

Tabel 2.2 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;;TP;}$	$K_{U;;TP;}$
Transien	1,0	1,8



Gambar 2.11 Pembebanan untuk pejalan kaki

2.3.3 **Beban Lingkungan**

Beban lingkungan dapat terjadi karena pengaruh temperatur, angin, gempa dan lain-lainnya.

- Pengaruh Temperatur

  Pengaruh temperatur dibagi menjadi:

- Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai dan untuk menghitung akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut.
- Perbedaan temperatur disebabkan oleh, pemanasan langsung dari sinar matahar di waktu siang pada bagian atas permukaan lantai dan pelepasan kembali radiasi dari seluruh permukaan jembatan diwaktu malam.

Tabel 2.3 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum(1)	Temperatur jembatan rata-rata maximum
Lantai beton diatas gelagaratau box beton	15ºC	40ºC
Lantai beton diatas gelagar boks atau rangka baja	15ºC	40ºC
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks, atau rangka baja	15ºC	40ºC
CATATAN (1): Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5ºC untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500m diatas permukaan laut.		

Tabel 2.4 Sifat dan bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien Perpanjangan akibat suhu	Modulus Elastisitas (Mpa)
Baja	12×10^{-6} per ºC	200.000

Beton: Kuat tekan <30 Mpa Kuat tekan > 30 Mpa	 10×10^{-6} per ºC 11×10^{-6} per ºC	 25.000 34.000
Aluminium	24×10^{-6} per ºC	70.000

- Beban Angin
  - Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:
    $Tew = 0{,}0006\ cw\ (v_w)^2\ Ab$ ..... (2.4-4)
    Dimana:
    Vw = kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau
    Cw = koefisien seret
    Ab = luas koefisien samping jembatan (m^2)
  - Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam Tabel 2.4
  - Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.
  - Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas, Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:
    $Tew = 0{,}0012\ Cw\ (Vw)^2\ Ab\ [kN]$ ..... (2.3-5)
    Dimana nilai Cw = 1,2

Tabel 2.5 Koefisien seret Cw

Tipe Jembatan	C_W
Bangunan atas masif: (1), (2) b/d = 1.0 b/d = 2.0 $b/d \geq 6.0$	 2.1 (3) 1.5 (3) 1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif CATATAN (2) Untuk harga antara dari b / d bisa diinterpolasi linier CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

Tabel 2.6 Kecepatan angin rencana Vw

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

2.4 Perencanaan Struktur Jembatan

Perencanaan Struktur Jembatan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu Struktur Utama/Primer, Struktur Sekunder, dan Struktur Bawah.

2.4.1 Struktur Utama/Primer

Konstruksi pemikul utama merupakan bagian terakhir dari konstruksi bagian jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan. Bentuk konstruksi utama yang dipilih adalah konstruksi busur. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola.

- Perencanaan Lengkung Busur

  Untuk memperoleh bentuk yang baik, dimana lantai kendaraan berada dibawah busur, sesuai Buku Ir. H. J.

Struyk, Prof. Ir. K. H. C.W. Van Der Veen, dan Soemargono.1990. Jembatan, direncanakan :
Tinggi Lengkung busur (f)
Rumus :

f = 1/5L sampai 1/8L ..... (2.4.-1)

h = 1/25L sampai 1/45L ..... (2.4.-2)

di mana, L adalah panjang bentang

- Konstruksi Busur

Konstruksi pemikul utama yang berbentuk busur ini mempunyai keuntungan yaitu dengan adanya bentuk busur akan terjadi pengurangan momen di lapangan akibat gaya reaksi horizontal dan gaya normal pada penampang busur relatif lebih berperan daripada gaya momen, sehingga bentuk busur ini cukup relatif untuk bentang yang panjang. Penampang busur direncanakan memakai konstruksi box baja.

Panjang penggantung dicari dengan menggunakan perhitungan pendekatan persamaan sumbu geometrik.

Persamaan Parabola :

$$Y_n = \frac{4.f.X.(L-X)}{L^2} \quad \text{..... (2.4-3)}$$

$$Y_n' = f - Y_n \quad \text{..... (2.4-4)}$$

Panjang tiap segmen box :

$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' - Y_{n-1}')^2 + \Delta X^2} \quad \text{..... (2.4-5)}$$

Berat tiap segmen box :

$$g_n = A_n.\Delta S_n.\gamma_{baja} \quad \text{..... (2.4-6)}$$

- Perencanaan Pelat
  - Tebal minimum pelat lantai
    sesuai ***Standar Nasional Indonesia T-12-2004 pasal 5.5.2*** adalah :
    ts ≥ 200 mm ..... (2.4-7)
    ts ≥ (100 + 40 l) mm ..... (2.4-8)

dengan pengertian:
l : bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)

- Penulangan Plat Lantai.
  Tulangan minimum pelat lantai harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama menurut ***Standar Nasional Indonesia T-12-2004 pasal 5.5.3*** adalah sebagai berikut:
  Pelat lantai yang ditumpu kolom :

$$\frac{A_s}{b\,d} = \frac{1{,}25}{f_y} \quad \text{.....(2.4-9)}$$

Pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding:

$$\frac{A_s}{b\,d} = \frac{1{,}0}{f_y} \quad \text{.....(2.4-10)}$$

Pelat telapak :

$$\frac{A_s}{b\,d} = \frac{1{,}0}{f_y} \quad \text{.....(2.4-11)}$$

Rasio penulangan pelat

$$\rho_{\min} = \frac{1{,}4}{f_y} \quad \text{.....(2.4-12)}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0{,}85 \times f_{c'} \times \beta_1}{f_y}\left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \quad \text{.....(2.4-13)}$$

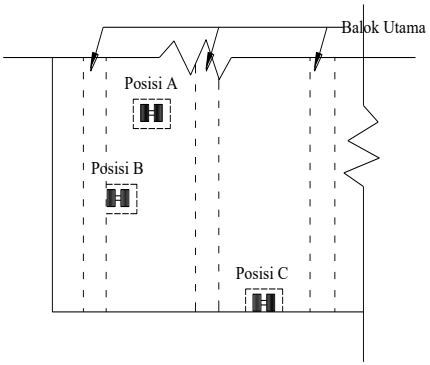
$$\rho_{\max} = 0{,}75 \times \rho_{balance} \quad \text{.....(2.4-14)}$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85\,.\,fc'} \quad \text{.....(2.4-15)}$$

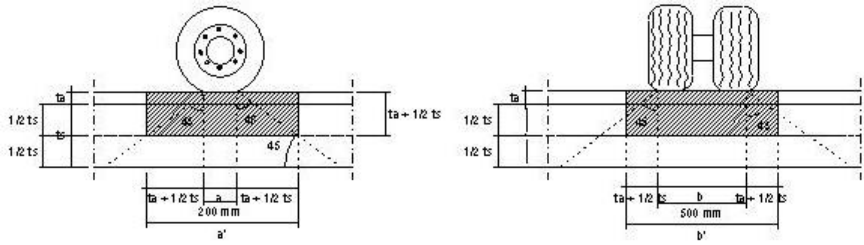
$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\,x\,m\,x\,Rn}{fy}}\right) \quad \text{.....(2.4-16)}$$

$$As = \rho x\, b\, x\, d \quad \text{.....(2.4-17)}$$

- Kontrol jarak spasi tulangan
  Sesuai dengan SNI 2847:2013, spasi tulangan pada penampang kritis harus memenuhi persamaan 2.3.3.7 (SNI 2847:2013 pasal 13.3.2)
  $S_{max} \leq 2 \times h$ ..... (2.4-18)
- Kontrol tulangan susut dan suhu SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1 yaitu tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014.
- Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.2 yaitu tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450.
  $S_{max} \leq 5 \times h$atau $\leq 450\ mm$ ..... (2.4-19)
- Kontrol Geser Pons
  Kontrol geser pons berkaitan dengan penentuan tebal pelat lantai kendaraan. Perencanaan pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus harus mempunyai tebal minimum. Analisis dimensi yang digunakan pelat pada bentang tepi dan bentang tengah adalah sama karena jarak bentang pelat antara pusat tumpuan sama. Dalam menentukan tebal pelat yang dipakai maka dilakukan kontrol terhadap geser pons akibat pembebanan roda pada posisi yang berbeda (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14).



Gambar 2.12 Analisis Posisi Roda Kendaraan



Gambar 2.13 Penyebaran beban akibat roda kendaraan

Kuat geser yang diterima pelat (V)

$K_{TT}^{U} \times 100 \times (1 + 0{,}3)$ .....(2.4-20)

Luas bidang kritis geser pons (Ak)

$2 \times (a' + b') \times ts$ .....(2.4-21)

Kemampuan geser pelat

$= Ak \times tegangan\ geser\ beton$.....(2.4-22)

Kemampuan geser beton harus lebih besar daripada geser yang terjadi.

➢ Balok Memanjang dan Melintang

- Kontrol Dimensi Balok

  Balok–balok direncanakan untuk menahan gaya-gaya momen dan geser. Pengelompokkan balok-balok didasarkan pada kebutuhan tahanan gaya momen dan geser maksimal hasil dari kombinasi beban dari output program SAP

- Perhitungan Kekuatan

  Semua pelat badan yang mempunyai a/h>3,0 harus dianggap tidak diperkaku, dengan h adalah tinggi panel yang terbesar di bentang tersebut.

  $\frac{a}{h} > 3{,}0$ ..... (2.4-23)

  (RSNI T-03-2005 pasal 7.7.4)

  Syarat yang harus dipenuhi untuk balok dengan pengaku, maka sesuai dengan RSNI T-03-2005 rumus pasal 7.7.4

  $(\frac{h}{t_w}) \leq 7{,}07\sqrt{\frac{E}{f_y}}$ ..... (2.4-24)

- Kuat nominal lentur penampang tekuk lokal

  Momen nominal penampang untuk :

  ❖ Penampang compact $\lambda \leq \lambda p$

  $\rightarrow Mn = Mp$ ..... (2.4-25)

  (RSNI T-03-2005 pasal 7.2.3)

  ❖ Penampang non-compact $\lambda p \leq \lambda \leq \lambda r$

  $\rightarrow Mn = Mp-(Mp-Mr)\frac{(\lambda-\lambda p)}{(\lambda r-\lambda p)}$ ..... (2.4-26)

  (RSNI T-03-2005 pasal 7.2.4)

  ❖ Penampang compact $\lambda \geq \lambda r$

  $\rightarrow Mn = Mr(\lambda r/\lambda)^2$ ..... (2.4-27)

  (RSNI T-03-2005 pasal 7.2.5)

- Cek Pengaruh tekuk lokal pada sayap:
  - ❖ Cek Kelangsingan sayap

    $\lambda = \frac{bf}{tf}$ .....(2.4-28)

    $\lambda p = \frac{500}{\sqrt{fy}}$ .....(2.4-29)

    $\lambda r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}}$ .....(2.4-30)
  - ❖ Cek Kelangsingan badan

    $\lambda = \frac{h}{t_w}$ .....(2.4-31)

    $\lambda p = \frac{1680}{\sqrt{fy}}$ .....(2.4-32)

    $\lambda r = \frac{2550}{\sqrt{fy}}$ .....(2.4-33)
- Cek Momen nominal pengaruh tekuk lateral
  - ❖ Bentang Pendek $L \leq L_p$

    $\rightarrow Mn = Mp$ .....(2.4-34)

    (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.3)
  - ❖ Bentang Menengah $L_p \leq L \leq Lr$

    $\rightarrow Mn = C_b[M_r + (M_p - M_r)\frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)}] \leq M_p$ .... (2.4-35)

    (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.4)
  - ❖ Bentang Panjang $L \geq L_r$

    $\rightarrow Mn = M_{cr} \leq M_p$ .....(2.4-36)

    (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.5)

  Dimana:

  $L_p = 1{,}76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ .....(2.4-37)

  $f_L = f_y - f_r$ .....(2.4-38)

  $L_r = r_y [\frac{X_2}{f_L}] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}}$ .....(2.4-39)

- Menentukan Tahanan Momen Lentur
  Momen nominal diambil yang terkecil menentukan
  $M_u \leq \phi . M_n$ (2.4-40)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.1.4)

- Menentukan Tahanan Geser
  Tahanan geser nominal plat badan dihitung sebagai :

  ❖ Untuk nilai
  $(\frac{h}{t_w}) \leq 1{,}10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$; $K_n = 5 + \frac{5}{(\frac{a}{h})^2}$ .... (2.4-41)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.2a)

  Tahanan geser plastis
  $V_n = 0{,}6 . f_y . A_w$ ..... (2.4-42)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.3)

  ❖ Untuk nilai
  $1{,}10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq (\frac{h}{t_w}) \leq 1{,}37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$ ... (2.4-43)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.2b)

  Tahanan geser elasto plastis
  $V_n = 0{,}6 . f_y . A_w [1{,}10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}] \frac{1}{(\frac{h}{t_w})}$ ..... (2.4-44)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.4)

  ❖ Untuk nilai
  $1{,}37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq (\frac{h}{t_w})$ ..... (2.4-45)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.2c)

  Tahanan geser elastis
  $V_n = \frac{0{,}9 . A_w . K_n . E}{(\frac{h}{t_w})^2}$ ..... (2.4-46)

  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.5)

Syarat yang harus dipenuhi:

$V_u \leq \phi \, . \, V_n$ .....(2.4-47)

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.1)

- Interaksi Geser dan Lentur
  Elemen yang memikul kombinasi geserdan lentur harus melakukan kontrol sbb :

$$\frac{M_u}{\phi_b . M_n} + 0{,}625 \; \frac{V_u}{\phi f \, . Vn} \leq 1{,}375 \qquad (2.4\text{-}48)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.9.3)

- Kontrol Lendutan
  $(5L^2)[Ms - 0{,}1(Ma+Mb)]/(48EI)$ (2.4-49)
  Dimana:
  Ms = Momen di tengah lapangan
  Ma =Momen Tumpuan
  Mb = Momen Tumpuan
  Batas Lendutan Maksimum
  L/800 .....(2.4-50)

(RSNI T-03-2005 ps.4.7.2)

2.4.2 Struktur Sekunder

- Tiang Sandaran
  Beban yang bekerja adalah gaya angin, dan beban sandaran manusia. Sandaran pada jembatan berguna sebagai pembatas atau pengaman pejalan kaki yang melintas di atas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar jembatan. Perencanaan sandaran disesuaikan dengan **Standar Nasional Indonesia T-02-2005 pasal 12.5**, sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan yang bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang vertikal dan horisontal dengan masing-masing beban sebesar W* = 0.75 kN/m.
- Kerb

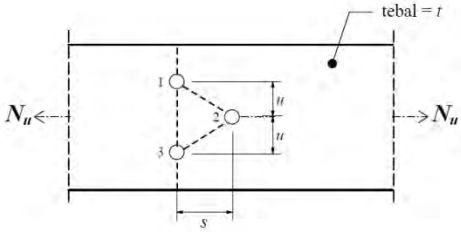
Beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 kN/m yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan dengan arah horisontal
(Standar Nasional Indonesia T-02-2005 pasal 12.1).

- Sambungan
  - Sambungan Baut
    Sambungan baut mengacu pada SNI 03-1729-2002 pasal 13.2 tentang perencanaan baut
    Kekuatan satu baut ditinjau dari :
    - Kekuatan Geser
      $V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u^b A_b$ ..... (2.4-51)
      (SNI 03-1729-2002 Pasal 13.2.2.1)
    - Kekuatan Tumpu
      $R_d = \phi_f R_n = 2{,}4\ \phi_f d_b t_p f_u$ ..... (2.4-52)
      (SNI 03-1729-2002 Pasal 13.2.2.4)
    - Kekuatan Tarik
      $T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0{,}75 f_u^b A_b$ ..... (2.4-53)
      (SNI 03-1729-2002 Pasal 13.2.2.2)

    Keterangan:
    ϕ_f = 0,75
    A_b = Luas penampang baut
    r_1 = 0,50 (baut tanpa ulir)
    = 0,40 (baut dengan ulir
    d_b = diameter baut
    t_p = Tebal plat
    f_u = Tegangan tarik putus

    Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, *Ru* harus memenuhi :
    $Ru \leq \varphi Rn$ ..... (2.4-54)
    (SNI 03-1729-2002 Pasal 13.2.2)
    Keterangan:
    Φ = adalah faktor reduksi kekuatan
    Rn = adalah kuat nominal baut(berdasarkan nilai kekuatan geser, tarik, tumpu diambil nilai terkecil)

❖ Tinjauan Plat



Gambar 2.14 Robekan baut terhadap pelat sambung
Sumber : SNI 03-1729-2002 Pasal 10.2.1

Potongan 1-3: $A_{nt} = A_g - ndt$ .....(2.4-55)

Potongan 1-2-3: $A_{nt} = A_g - ndt + \sum \frac{s^2 t}{4u}$ ...(2.4-56)

(SNI 03-1729-2002 Pasal 10.2.1)

Keterangan:

Ag = luas penampang bruto, mm2
t = tebal penampang, mm
d = diameter lubang, mm
n = banyaknya lubang dalam garis potongan
s = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur
u =jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur

- Sambungan Las
  Tebal las minimum las sudut, t_w

Tabel 2.7 Ukuran minimum las sudut

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

Sumber : SNI 03-1729-2002 Pasal 13.5.3

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, *Ru* harus memenuhi:

$R_u \leq \varphi\ R_{nw}$ ..... (2.4-57)

- Berdasarkan bahan las :
  $\phi f\ R_{nw} = 0{,}75 t_t\ (0{,}6\ f_{uw})$ ..... (2.4-58)
- Berdasarkan bahan dasar :
  $\phi f\ R_{nw} = 0{,}75 t_t\ (0{,}6\ f_u)$ ..... (2.4-59)

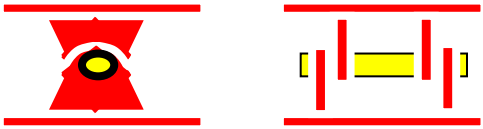
(SNI 03-1729-2002 Pasal 13.5.3.10)

Keterangan:

ϕf = 0,75 faktor reduksi kekuatan saat fraktur
f_{uw} = tegangan tarik putus logam las, (Mpa)
f_u = tegangan tarik putus bahan dasar, (Mpa)
t_t = adalah tebal rencana las, (mm)

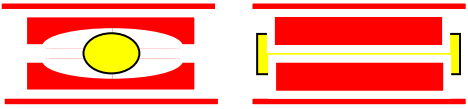
- Perletakan Tumpuan
  Kontruksi perletakan harus dapat meneruskan gaya vertikal maupun horizontal yang bekerja pada jembatan kepada pondasi jembatan, untuk jenis perletakan yang sering dipakai pada jembatan antara lain :

- Perletakan Sendi
  Untuk perletakan jenis sendi dipakai bila tumpuan jembatan menahan gaya vertikal dan horizontal dan tidak menahan momen sehingga rotasi pada tumpuan jenis ini dapat terjadi.



Gambar 2.15 Jenis perletakan sendi dapat dibuat dari kontruksi baja

- Perletakan Rol
  Untuk perletakan jenis sendi dipakai bila tumpuan jembatan menahan gaya vertikal dan tidak menahan momen dan gaya horizontal sehingga rotasi dan perubahan posisi tumpuan bidang horizontal pada tumpuan jenis ini dapat terjadi.

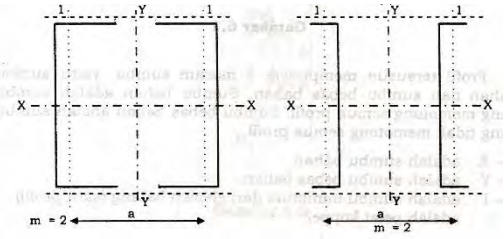


Gambar 2.16 Jenis perletakan rol dapat dibuat dari kontruksi baja

2.5 Struktur Box Baja

Sesuai Buku Ir. Ir. Oentoeng .1999. Konstruksi baja, direncanakan :

- Pada kolom atau batang tekan yang panjang dengan beban yang berat (misalnya pada rangka jembatan), pemakaian profil tunggal tidaklah hemat karena lebih berat daripada profil box pada umumnya.
- Pada profil box, jarak antar profil dapat diatur, sehingga momen inertia (I) terhadap semua sumbu dapat memenuhi kebutuhan. Agar ekonomis dapat diatur sedemikian rupa sehingga didapat I. = Iy.,
- Profil tersusun dari profil-profil yang kecil, tipis dan ringan, tetapi dapat menghasilkan I yang besar



Gambar 2.17 Contoh Profil Box

- Profil box mempunyai 2 macam sumbu, yaitu sumbu bahan dan sumbu bebas bahan. Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua profil. Sumbu bebas bahan adalah sumbu yang tidak memotong semua profil.

  X – X adalah sumbu bahan
  Y – Y adalah sumbu bebas bahan
  1 – 1 adalah sumbu minimum dari elemen batang
  ------ adalah plat kopel.

- Pada profil tersusun yang mempunyai sumbu bebas bahan, supaya batang-batang yang disusun dapat bekerja sama, tempat-tempat tertentu harus dihubungkan satu sama lain dengan pelat koppel, sehingga:

Untuk profil box berlaku: $I_y = 2[I_{y1}+A, (0,5 a)^2]$

- Untuk batang tersusun hares ditinjau kestabilannya terhadap kedua sumbu bebas bahan, sebagai berikut:
  Terhadap sumbu bahan (x –x) Kelangsingannya adalah

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x}$$

Terhadap sumbu bebas bahan (y - y) Kelangsingannya

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0{,}5\ m\ \lambda_1^2}$$

λ_{iy} = kelangsingan ideal

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} \qquad \text{dan} \qquad \lambda_1 = \frac{L_1}{i_{min}}$$

m = jumlah batang tunggal yang membentuk batang tersusun

L_{k},, = panjang tekuk batang tersusun pada arah 1 sumbu Y-Y

iy = jari-jari kelembaman dari batang tersusun pada arah $\perp$ sumbu Y - Y

L_i = jarak antara tengah-tengah pelat koppel pada arah batang

I min = jari-jari kelembaman batang tunggal terhadap sumbu yang memberikan harga terkecil (sumbu 1-1)

Jarak L_1 yang sebenarnya ialah L_l', tetapi karena adanya paku keling/baut baru kemudian untuk memudahkan diambil L_1 adalah jarak antara tengah-tengah pelat koppel. $L_1 \geq L_l$' (lebih aman)

2.6 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan
   - Pembuatan Jalan kerja
   - Pembuatan lokasi untuk unloading material
2. Pekerjaan Pemberhihan Lahan/Lokasi
   - Pengukuran
   - Pembuatan lokasi untuk direksi keet
3. Mobilisasi
   - Mobilisasi Material
   - Mobilisasi Alat berat
   - Mobilisasi Tega Kerja dll
4. Pelaksanaan Pekerjaan bangunan Bawah
   - Pekerjaan Pondasi
     Pekerjaan Pembesian
     Pekerjaan Pengecoran
   - Pekerjaan Pile Cap
     Pekerjaan Pembesian
     Pemasangan Bekisting
     Pekerjaan Pengecoran
   - Pekerjaan Pilar
     Pekerjaan Pembesian
     Pemasangan Bekisting
     Pekerjaan Pengecoran
     Pekerjaan kepala pilar
   - Pekerjaan Abutmen
   - Pekerjaan Wingwall
5. Pekerjaan Bangunan Atas
   Struktur Primer
   - Pekerjaan Pemasangan Elemen Pelengkung
   - Pekerjaan pemasangan bracing
   - Pekerjaan pemasangan gelagar memanjang dan melintang
   - Pekerjaan Pemasangan Hanger
   - Pekerjaan slab jembatan
     Pekerjaan pembesian

Pekerjaan pengecoran slab

Struktur Sekunder

- Pekerjaan Ikatan angin
- Pekerjaan sambungan
- Pekerjaan kerb, trotoar dll

6. Pekerjaan Finishing
   - Pekerjaan pengaspalan
   - Pekerjaan Pemasangan hand raill
   - Pekerjaan pemasangan marka jalan
   - Pekerjaan pemasangan pipa, lampu dll.

2.7 Pemilihan Alat Berat

2.7.1 Crane

Crane termasuk di dalam kategori alat pengangkut material karena alat ini dapat mengangkut material secara vertikal dan kemudian memindahkannya secara horizontal pada jarak jangkau yang relatif kecil. Alat ini berfungsi untuk memindahkan gelagar memanjang dan gelagar melintang yang sudah dirakit sebelum di naikkan di atas tumpuan.

Gambar 2.18 Crane

2.7.2 Dump Truck

Dump truck adalah truk yang isinya dapat dikosongkan tanpa penanganan. Dump truk biasa digunakan untuk mengangkut barang semacam pasir, kerikil atau tanah untuk keperluan konstruksi

Gambar 2.19 Dump truck

2.7.3 Concrete pump

Concrete pump truck adalah truk yang dilengkapi dengan pompa dan lengan (*boom*) untuk memompa campuran beton *ready mix* ke tempat-tempat yang sulit dijangkau. Untuk pengecoran lantai yang lebih tinggi dari panjang lengan *concrete pump truck* dapat dilakukan dengan cara disambung dengan pipa secara vertikal sehingga mencapai ketinggian yang diinginkan.

Gambar 2.20 Concrete Pump

2.7.4 Concrete mixer

Alat ini dipakai untuk mengubah batuan dan mineral alam menjadi suatu bentuk dan ukuran yang diinginkan. Hasil dari alat ini misalnya adalah batuan bergradasi, semen, beton, dan aspal. Yang termasuk didalam alat ini adalah *crusher* dan *concrete mixer truck*.

Gambar 2.21 Concrete Mixer

2.7.5 Tandem Roller

Alat untuk memadatkan timbunan atau tanah yang akan diratakan sehingga tanah atau timbunan menjadi padat. biasanya alat digunakan pembuatan jalan, baik untuk jalan tanah dan jalan dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku.

Gambar 2.22 Tandem Roller

2.7.6 Asphalt Finisher

Asphalt finisher adalah alat untuk menghamparkan campuran aspal yang dihasilkan dari alat produksi aspal.

Gambar 2.23 Asphalt finisher

BAB III
DATA DAN ANALISA

3.1 Outline Penyusunan Laporan

BAB I : PENDAHULUAN
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA
BAB III : DATA DAN ANALISA
- 3.1 Outline Penyusunan Laporan
- 3.2 Data Perencanaan
- 3.3 Preliminary Disain
- 3.4 Analisa Pembebanan
- 3.5 Flowchart

BAB IV : PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA/PRIMER
- 4.1 Perencanaan Plat lantai kendaraan
- 4.2 Perencanaan balok memanjang
- 4.3 Perencanaan balok melintang
- 4.4 Perencanaan batang penggantung
- 4.5 Perencanaan konstruksi busur

BAB V : PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER
- 5.1 Perencanaan Ikatan Angin Atas
- 5.2 Perencanaan Ikatan Angin Bawah
- 5.3 Perencanaan Sambungan
- 5.4 Perencanaan Perletakan

BAB VI : METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BAB VII : PENUTUP

3.2 Data perencanaan

- Data Jembatan:
  - Nama jembatan : Jembatan Pulorejo-Blooto
  - Lokasi Jembatan : Kota Mojokerto
  - Panjang bentang : 130 meter
  - Lebar lantai kendaraan : 10,5 meter
  - Lebar trotoar : 1,35 m + 1,35m
  - Lebar total : 13,2 meter
  - Jenis Konstruksi : Jembatan Busur (direncanakan)
  - Bangunan Atas : Busur Box Baja (direncanakan)
  - Lokasi Jembatan : ≤ 5 km dari pantai (direncanakan)
  - Data Tanah : (terlampir)
- Data Bahan yang digunakan pada jembatan adalah sebagai berikut:
  - Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
  - Mutu Tulangan lentur (f_y) : 360 Mpa
  - Mutu Tulangan geser (f_{ys}) : 360 Mpa
  - Modulus Elastisitas beton : 13.606 Mpa
  - Mutu Profil Baja : BJ 55
  - Tegangan Leleh (f_y) : 410 Mpa
  - Tegangan Putus (f_u) : 550 Mpa
  - Modulus Elastisitas baja : 20.000 Mpa

3.3 Preliminary desain

Preliminary desain yang diperlukan agar aman dengan cara sebagai berikut:

- Struktur Utama/Primer
  1. Perencanaan Plat lantai kendaraan (SNI T-12-2004):
     - ts ≥ 200 mm
     - ts ≥ 100 + 40.l mm

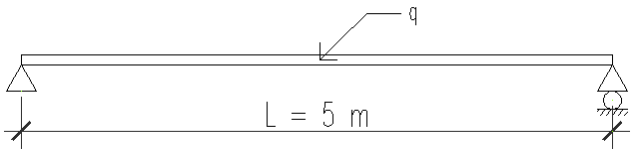
dengan pengertian:
l : bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter), maka:

- ts $\geq 100 + 40.l$ mm
  $\geq 100 + (40.1{,}75)$ mm
  ≥ 170 mm

Sehingga :

- tebal plat (ts) yang digunakan 250 mm
- tebal aspal 50 mm

2. Perencanaan balok memanjang dan melintang



Mu $\leq \Phi$ Mn

$\frac{1}{8} . q . L^2 \leq Zx . fy$

3. Perencanaan batang penggantung
   L = 130 m
   f = 1/5 L sampai 1/8 L
   = 1/5.130m sampai 1/8.130m
   = 26 sampai 16,25
   f = 25 m
   x = 5 m (Jarak gelagar melintang)

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

Dimana Yn = Panjang Penggantung

Tabel 3.1 Panjang Penggantung

AS	X	Yn
1	0	0,00
2	5	3,70
3	10	7,10
4	15	10,21
5	20	13,02
6	25	15,53
7	30	17,75
8	35	19,67
9	40	21,30
10	45	22,63
11	50	23,67
12	55	24,41
13	60	24,85
14	65	25,00
15	70	24,85

AS	X	Yn
16	75	24,41
17	80	23,67
18	85	22,63
19	90	21,30
20	95	19,67
21	100	17,75
22	105	15,53
23	110	13,02
24	115	10,21
25	120	7,10
26	125	3,70
27	130	0,00

4. Perencanaan batang lengkung
   Menggunakan rumus trigonometri

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

Tabel 3.2 Panjang Penggantung

Titik	Segmen	X (m)	Y (m)	Δ Sn (m)
1		0	0	
	1 - 2			6,219

2		5	3,698	
	2 - 3			6,048
3		10	7,101	
	3 - 4			5,886
4		15	10,207	
	4 - 5			5,736
5		20	13,018	
	5 - 6			5,597
6		25	15,533	
	6 - 7			5,470
7		30	17,751	
	7 - 8			5,357
8		35	19,675	
	8 - 9			5,258
9		40	21,302	
	9 - 10			5,174
10		45	22,633	
	10 - 11			5,106
11		50	23,669	
	11 - 12			5,054
12		55	24,408	
	12 - 13			5,020
13		60	24,852	
	13-14			5,002
14		65	25,000	
	14-15			5,002
15		70	24,852	
	15-16			5,020
16		75	24,408	

	16-17			5,054
17		80	23,669	
	17-18			5,106
18		85	22,633	
	18-19			5,174
19		90	21,302	
	19-20			5,258
20		95	19,675	
	20-21			5,357
21		100	17,751	
	21-22			5,470
22		105	15,533	
	22-23			5,597
23		110	13,018	
	23-24			5,736
24		115	10,207	
	24-25			5,886
25		120	7,101	
	25-26			6,048
26		125	3,698	
	26-27			6,219
27		130	0,000	

5. Perencanaan Perletakan
   Perletakan direncanakan menggunakan sendi - rol

3.4 Analisa pembebanan

Tabel 3.3 Faktor beban

No.	Nama	Faktor Beban dalam keadaan batas	
		Daya Layan	Ultimit
1	Beban sendiri	1	1,3
2	beban lajur "D"	1	1,8
3	Beban truk "T"	1	1,8
4	Gaya rem	1	1,8
5	beban trotoar	1	1,3
6	Beban Angin	1	1,2
7	Beban gempa	N/A	1
8	Pejalan kaki	1	1,8
9	Bekisting	1	1,4

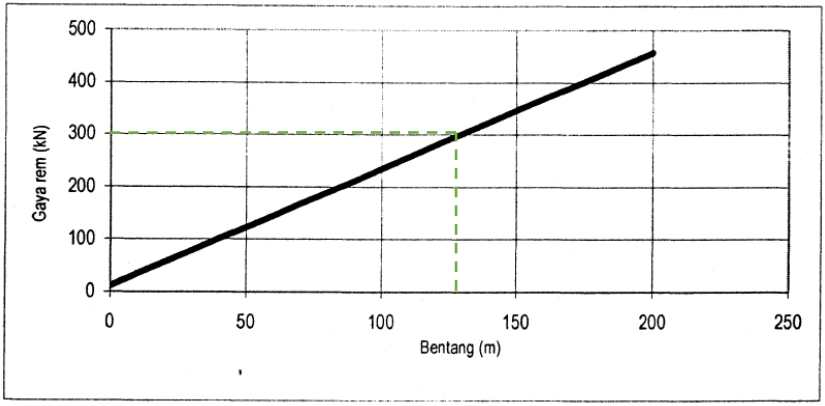
Tabel 3.4 Kombinasi Pembebanan

Aksi	**Layan**				**Ultimate**				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Beban mati(Dead)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Beban mati tambahan	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Beban Lajur "D" atau Truk"T"		√			√	√	√	√	
Beban Rem		√	√	√		√	√		
Beban Pejalan Kaki				√		√			
Beban Angin			√				√		
Gempa								√	

1. Beban Mati
   - Berat profil-profil struktur itu sendiri, (dimodelkan dalam SAP)
   - Pelat (beton)
     = BJ_{beton} x b1x t_{pelat}
     = 2500 Kg/m^3 x 1,5m x 0,25 m = 397,5 kg/m
   - Aspal
     = BJ_{aspal} x b1 x $tebal_{aspal}$
     2200m^3 x 1,5m x (0,05) m = 165 kg/m
   - Hujan
     = γ_{air} x b1 x $tebal_{aspal}$
     1000 kg/m^3x 1,5mx 0,05 m = 75 kg/m
   - Beban kerb
     RSNI T-02-2005 Pasal 12.1 beban kerb sebesar 15 kN/m
   - Pejalan kaki
     RSNI T-02-2005 Pasal 6.9
     5 Kpa -> 5kN/m^2 = (5kN/m^2 x 1,35m)/2 = 3,375 kN/m
   - Beban Sandaran
     RSNI T-02-2005 Pasal 12.5
     beban pejalan kaki sebesar :
     W x L= 0,75kN/m x 2,5m = 1,875 kN
2. Beban Hidup
   - Beban truk :
     Menurut SNI T-02-2005 ps. 6.4.1 tentang besarnya beban truk "T", beban T ditentukan sebesar 112.5 kN.
     Untuk roda tengah dan belakang 112,5 kN= 11250 kg
     Untuk roda depan 25 kN= 2500 kg
   - Beban Lajur "D"
     UDL : untuk L > 30 m
     q = 9.0 (0.5 + 15/L) kPa →1Kpa=1kN/m^2
     9 kN/m^2 (0,5+15/L)
     9 kN/m^2 (0,5+15/130) x 1,5m = 8,308 kN/m
     KELL : 49 kN/m x (1+DLA)
     49 kN/m x (1+0,3) = 63,7 kN/m

Beban Rem

L= 130 m → 300 kN = 30000 kg (RSNI T-02-2005)



Gambar 3.1 Gaya rem per lajur 2,75 m (KBU)

3. Beban Angin

Menurut SNI T 02-2005 Pasal 7.6 gaya nominal ultimate pada bangunan atas:

T_{EW} = 0,0006 x Cw x $(Vw)^2$ x Ab

Dimana:

Cw = Koefisien seret (SNI T 02-2005 tabel 27) → 1,31

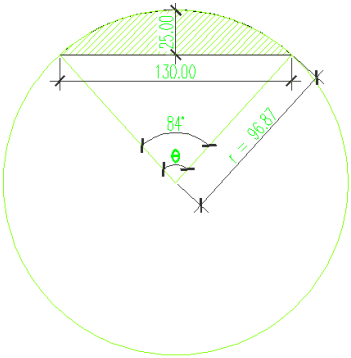
Vw = Kecepatan angin rencana
(SNI T 02-2005 tabel 28) → 35 m/s

Ab = Luas koefisien bag. Samping jembatan

Sedangkan gaya nominal ultimate padakendaraan sepanjang jembatan (bekerja pada lantai kendaraan)

T_{EW} = 0,0012 x Cw x $(Vw)^2$ x Ab

Dengan pengertian Cw = 1,2



Ab = L. Busur = $(\Theta/360^o\ \pi\ r^2) - (1/2\ r^2 \sin \Theta)$
= $(84^o/360^o\ \pi\ (96{,}87^2)) - (1/2\ (96{,}87^2)\sin 84^o)$
= 2212,487 m^2

30% Ab = 30% x 2212,487 m^2 = 663,746 m^2

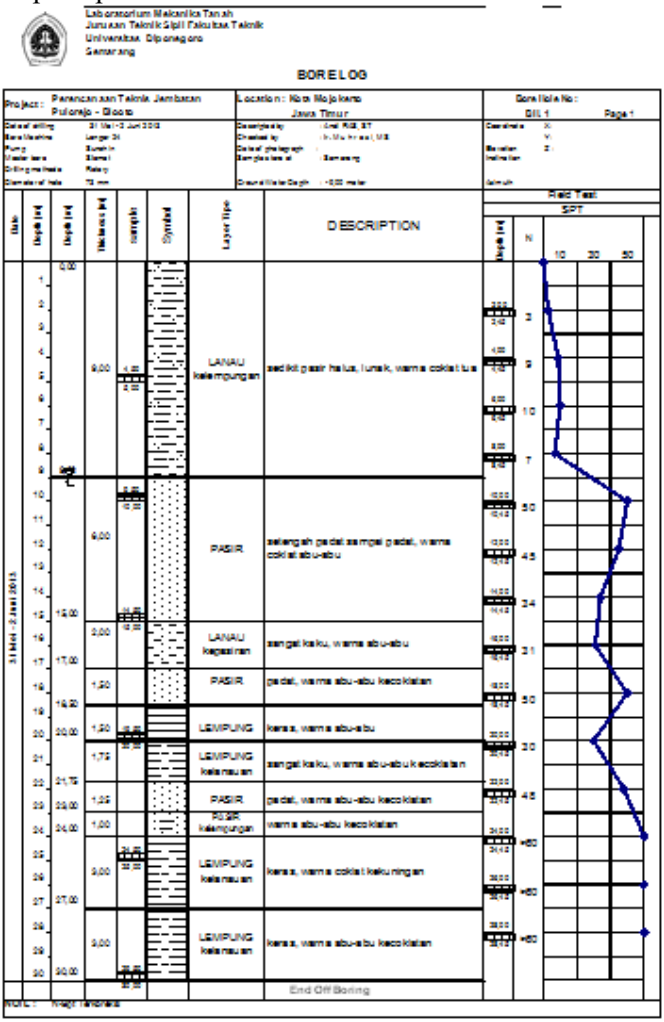
T_{EW1} = 0,0006 x Cw x $(Vw)^2$ x Ab 30%
= 0,0006 x 1,31 x $(35m/s)^2$ x (663,746 m^2)
= 639,088 kN

Di bagi jumlah titik buhul = 639,088 kN : 52 = 12,29 kN

T_{EW2} = 0,0012 x Cw x $(Vw)^2$ x Ab
= 0,0012 x 1,2 x $(35m/s)^2$ x (663,746 m^2)
= 1170,848 kN

Di bagi jumlah titik buhul = 1170,848 kN: 54 = 21,68 kN

4. Beban Gempa
   Untuk struktur jembatan ini beban gempa direncanakan dengan RSNI 2833: 201X, dengan metode analisa gempa respon spectrum



Gambar 3.2 Data tanah untuk menentukan jenis tanah

Lapisan tanah	Tebal Lapisan (meter)	Nilai SPT
1	9	7
2	6	43
3	2	31
4	1,5	50
5	3,25	30
6	1,25	48
7	1	60
9	3	60
10	3	60
	30	

$\sum_{i=1}^{n} ti$: 30 meter

$\sum_{i=1}^{n} \frac{ti}{Ni} = \frac{t1}{N1} + \frac{t2}{N2} + \frac{t3}{N3}$ = 1,73

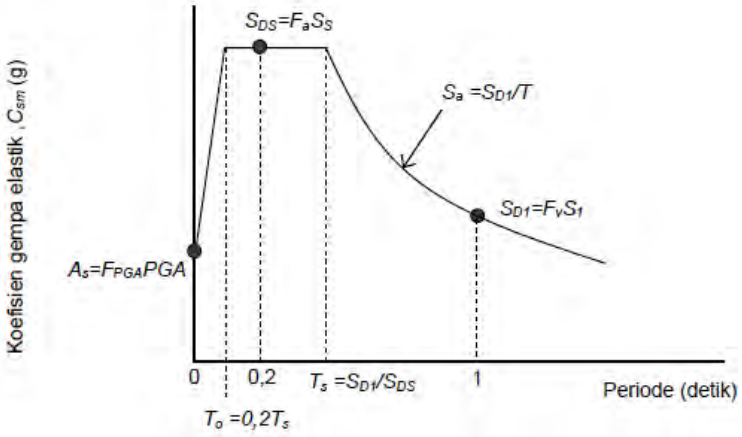
$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} ti}{\sum_{i=1}^{n} \frac{ti}{Ni}}$ = 30 m /1,73 =17,34 m

Kondisi tanah : Tanah sedang (C)
Percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss) : 0,4 g
percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) : 0,1 g
Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar : 0,15 g
Faktor amplifikasi percepatan pada perioda pendek (F_{PGA}/Fa) : 1,5

Faktor amplifikasi percepatan yang mewakili perioda 1 detik (Fv) : 2,4
Faktor modifikasi respon (R): 0,8
Zona Gempa : 1 ($S_{D1} \leq 0,15$)

S_{D1}	: Fv x S_1	: 2,4 x 0,1	= 0,24
S_{DS}	: Fa x Ss	: 1,5 x 0,4	= 0,6
Ts	: S_{D1}/S_{DS}	: 0,24/0,6	= 0,4
T_0	: 0,2 x Ts	: 0,2 x 0,4	= 0,08
As	: F_{PGA} x PGA	: 1,5 x 0,15	= 0,025

Koefisien gempa elastik:

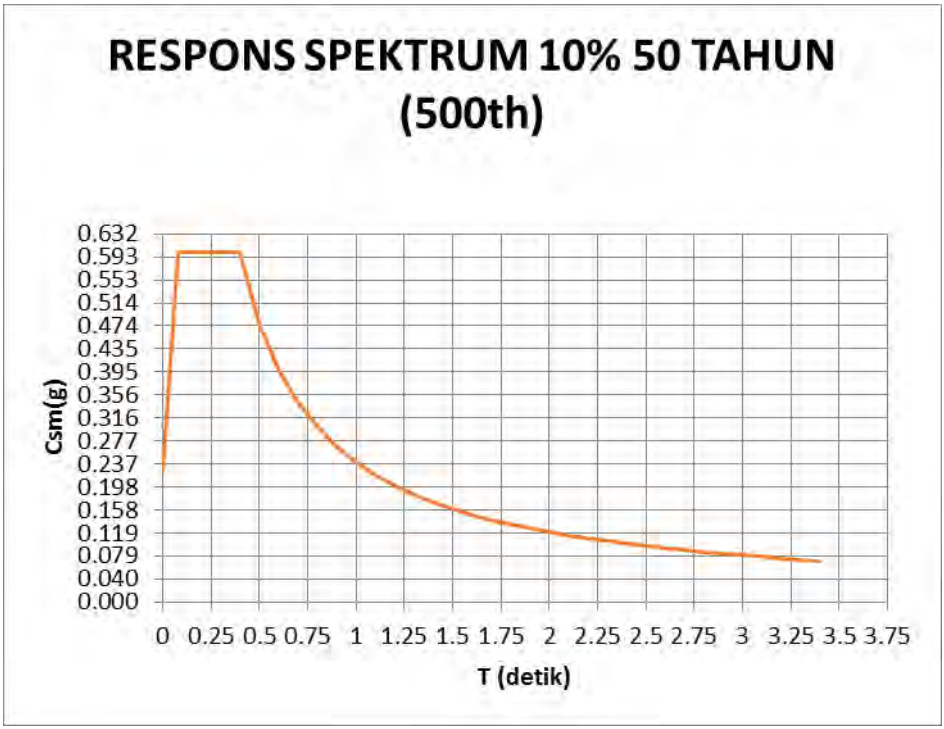


Gambar 3.3 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah

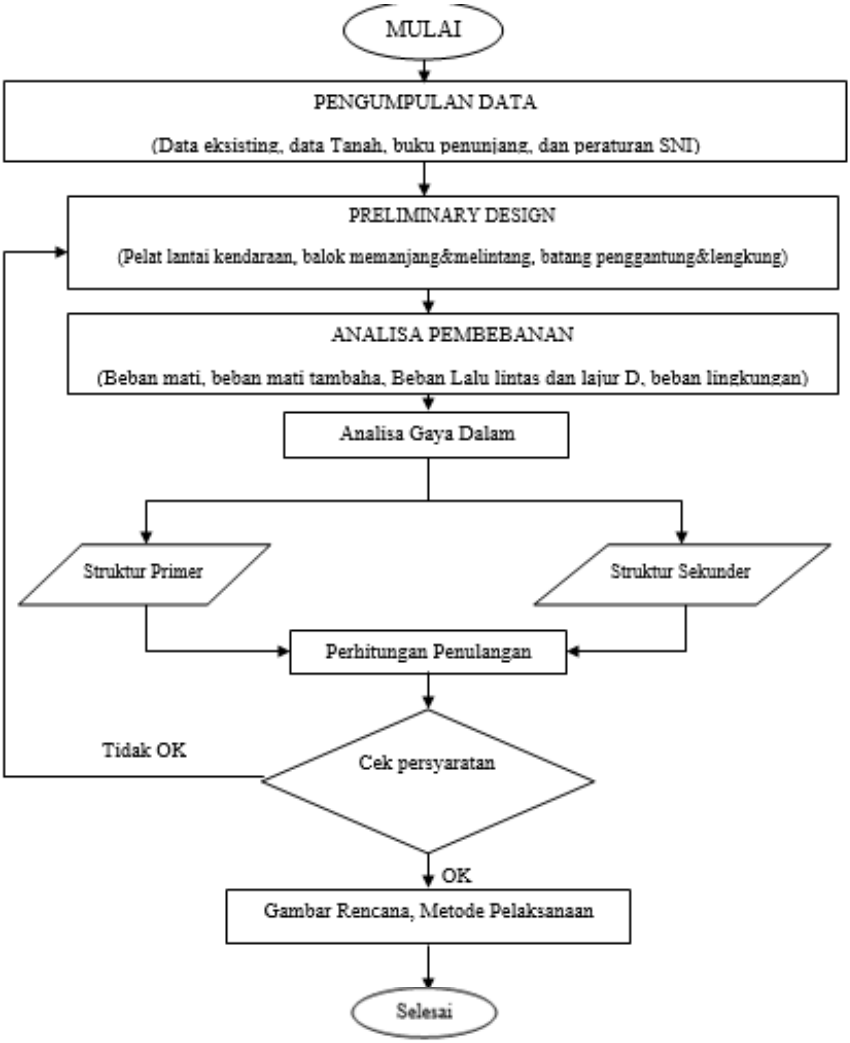
1. C_{sm} = $(S_{DS} - As)\ T/T_0 + As$
2. C_{sm} = S_{DS}
3. C_{sm} = S_{D1}/T

T (detik)	T (detik)	Csm (g)
0	0	0,225
To	0,080	0,600
Ts	0,400	0,600
Ts+0,1	0,500	0,480
Ts+0,2	0,600	0,400
Ts+0,3	0,700	0,343
Ts+0,4	0,800	0,300
Ts+0,5	0,900	0,267
Ts+0,6	1,000	0,240
Ts+0,7	1,100	0,218
Ts+0,8	1,200	0,200
Ts+0,9	1,300	0,185
Ts+1,0	1,400	0,171
Ts+1,1	1,500	0,160
Ts+1,2	1,600	0,150
Ts+1,3	1,700	0,141
Ts+1,4	1,800	0,133
Ts+1,5	1,900	0,126
Ts+1,6	2,000	0,120
Ts+1,7	2,100	0,114
Ts+1,8	2,200	0,109
Ts+1,9	2,300	0,104
Ts+2,0	2,400	0,100
Ts+2,1	2,500	0,096
Ts+2,2	2,600	0,092
Ts+2,3	2,700	0,089

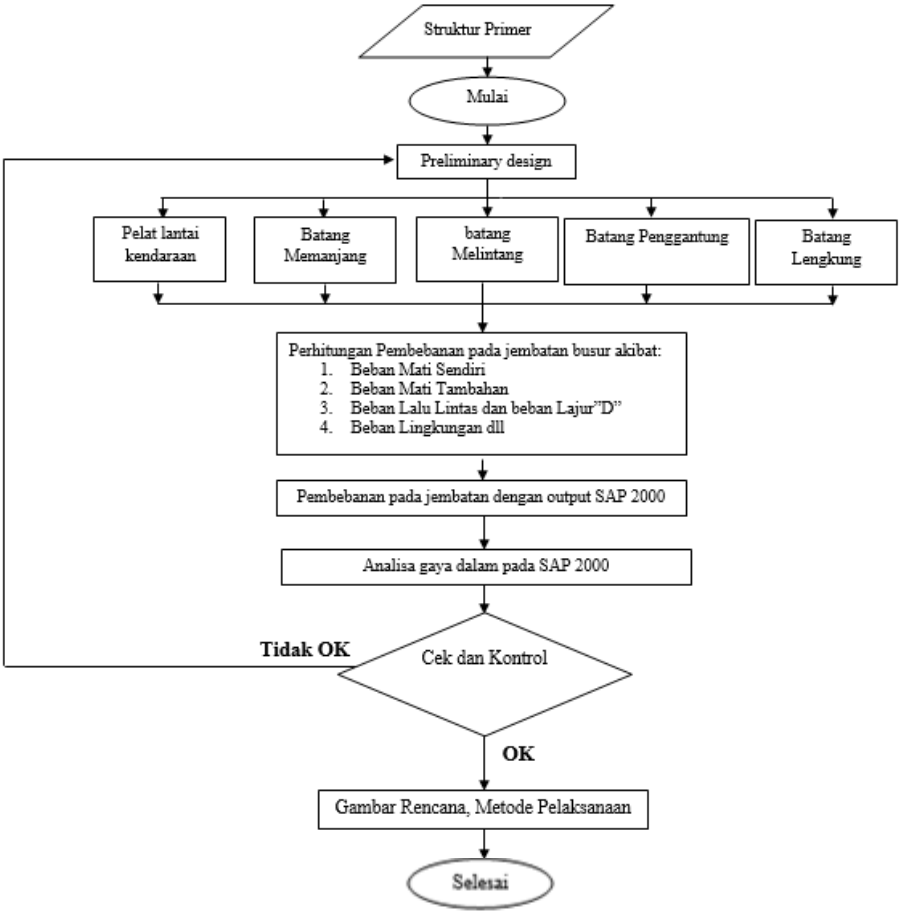
Ts+2,4	2,800	0,086
Ts+2,5	2,900	0,083
Ts+2,6	3,000	0,080
Ts+2,7	3,100	0,077
Ts+2,8	3,200	0,075
Ts+2,9	3,300	0,073
Ts+3,0	3,400	0,071



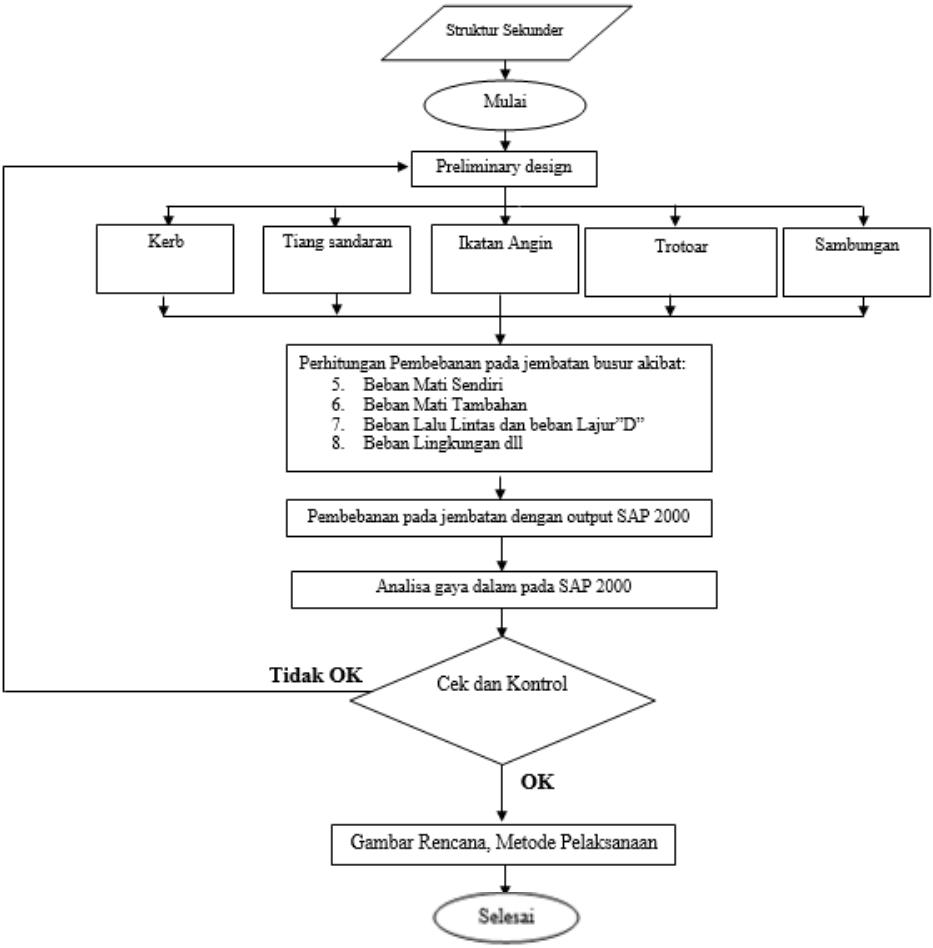
3.5 Flowchart dan Jadwal



3.5.1 Flowchart Struktur Primer



3.5.2 Flowchart Struktur Sekunder



BAB IV
PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

4.1 Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan

4.1.1 Perencanaan Dimensi Pelat

- Data Perencanaan:
  - Bentang sumbu panjang (ly) = 5,00 m
  - Bentang sumbu pendek (lx) = 1,50 m

$\frac{ly}{lx} = \frac{5{,}00\ m}{1{,}50\ m} = 3{,}33 \geq 2$ (one way slab)

Berdasarkan SNI T-12-2004 Pasal 5.5.2. Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum ts memenuhi kedua ketentuan:

- ts ≥ 200 mm
- ts ≥ (100 + 40 l) mm
  ≥ (100 + 40 . 1500) mm
  ≥ 160 mm

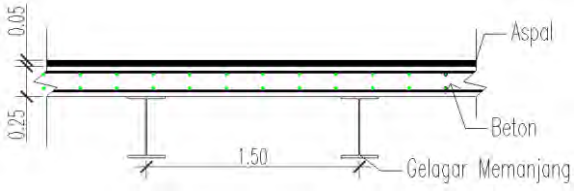
Dengan pengertian :

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan

ts = tebal slab/pelat

Sehingga direncanakan :

- Tebal = 250 mm
- Tebal aspal = 50 mm (RSNI T 02-2005 Psl. 5.3.2)



Gambar 4.1 Potongan Melintang Pelat Lantai Kendaraan

4.1.2 Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Pembebanan pada pelat lantai kendaraan menggunakan kombinasi antara beban mati dan beban hidup

- **Faktor Beban**
  - Beton cor ditempat → K^u_{MS}= 1,3
    (Tabel 2-RSNI T-02-2005)
  - Muatan Truk → K^u_{TT} = 1,8
    (Tabel 12-RSNI T-02-2005)
  - γBeton = 25 kN/m^3
  - γAspal = 22 kN/m^3
  - γAir hujan = 10 kN/m^3 → K^s_{EF} = 1
- **Pembebanan**

a. Beban mati (dihitung per 1 m panjang)

- Berat sendiri pelat = ts x γ_{beton} x 1m x K^u_{MS}
  = 0,25m x 2500kg/m^3 x 1m x 1,3
  = 812,5 kg/m
- Berat aspal = t_{aspal} x γ_{beton} x 1m x K^u_{MS}
  = 0,05m x 2200kg/m^3 x 1m x 1,3
  = 143,0 kg/m
- Berat Air Hujan = γ_{air} x $t_{air\ hujan}$ x K^S_{EF}
  = 1000kg/m^3 x 0,05m x 1
  = 50 kg/m

Total Beban mati (q_D) = 1005,5 kg/m

b. Beban hidup

Menurut SNI T-02-2005 ps. 6.4.1

- Beban truk "T" = 112,5 kN = 11,25 Ton = 11250 kg
- Faktor kejut (DLA = *Dynamic Load Allowance*) = 0,3 ..... (BMS 2.3.6) untuk bentang L ≥ 100 m

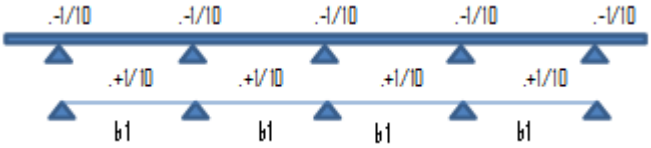
Tu = 11250 kg x (1+0,3)x 1,8

= 26325 kg

Total Beban Hidup (q_L) = 26325 kg

4.1.3 Perhitungan Momen

Untuk balok menerus, rumus sederhana perhitungan momen adalah sbb:



Gambar 4.2 Momen Balok Menerus Potongan Melintang

- **Momen akibat beban mati**

$M_D = \frac{1}{10} \times q_D \times b1^2$

$= \frac{1}{10} \times 1005{,}5 \text{ kg/m} \times (1{,}5\text{m})^2$

= 226,24 kg.m

- **Momen akibat beban hidup**

M_L = 0,8 x (b1 + 0,6)Tu/10

= 0,8 x (1,5m + 0,6) 26325 kg/10

= 4422,60 kg.m

Mu = $M_D + M_L$

= 226,24 kg.m + 4422,60 kg.m = 4648,84 kg.m

4.1.4 Perhitungan Penulangan

- Data Perencanaan:
  - fy = 360 Mpa
  - fc' = 35 Mpa
  - β1 = 0,85 - 0,008x(f'c - 30)
    = 0,85 - 0,008x(35 - 30) = 0,81
    (RSNI T-12-2004 Pasal 5.1.1) dan tidak boleh diambil kurang dari 0,65
  - d' = 40 mm (RSNI T-12-2004 Tabel 4.6-7)
  - ts = 250 mm

- φlentur = 0,8 (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- φgeser = 0,7 (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- b = 1000 mm
- Diameter tulangan → D = 16 mm
  → Ø = 13 mm
- dx = ts – d' - $\frac{1}{2}$D
  = 250mm – 40mm - $\frac{1}{2}$16mm = 202,0 mm
- dy = ts– d'- D - $\frac{1}{2}$D
  = 250mm – 40mm – 16mm - $\frac{1}{2}$16mm= 188 mm

4.1.4.1 Perhitungan Penulangan Melintang

$\rho_{balance} = \frac{0,85 \; x \; fc' \; x \; \beta 1}{fy} \left(\frac{600}{600+fy}\right)$

$= \frac{0,85 \; x \; 35 \; x \; 0,81}{400} \left(\frac{600}{600+360}\right)$

= 0,0418

$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{360}$ = 0,0039

ρ_{max} = 0,5 x $\rho_{balance}$ = 0,5 x 0,0418 = 0,0209

(SNI 03-2847-2013 Pasal B.8.4.2)

$m = \frac{fy}{0,85 \; . \; fc'} = \frac{360}{0,85 \; . \; 35}$ = 12,10

$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{46488375}{0,8}$ = 58110469 Nmm

$Rn = \frac{Mn}{b.d_x^2} = \frac{58110469 \text{ Nmm}}{1000.(202,0\text{mm})^2}$ = 1,42 N/mm^2 (Mpa)

$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \frac{2.m.Rn}{fy}\right)$

$= \frac{1}{12,10}\left(1 - \sqrt{\frac{2 \; . \; 12,10 \; . \; 1,42}{360}}\right)$

= 0,0041

$P_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$

0,0039 < 0,0041 < 0,0209 → (OK)

$As_{perlu} = \rho_{perlu}$ x b x d_x

= 0,0041 x 1000 x 202,0 = 819,2 mm^2

Kontrol jarak spasi tulangan

Smax ≤ 2 . h

≤ 2 . 250 mm

≤ 500 mm

Dipakai tulangan D16, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{As\ perlu}$$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{819{,}2\ mm^2} = 245{,}31\ mm$$

S = 200 mm < 500mm (Ok)

S_{pakai} = 200 mm

Tulangan yang dipakai D16-200 mm

$$As_{pakai} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S\ pakai}$$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{200\ mm}$$

=1004,8 mm^2 > As_{perlu} = 819,2 mm^2 →(OK)

4.1.4.2 Perhitungan Penulangan Memanjang

Tulangan susut dan suhu

As = 0,002 x b x dy

= 0,002 x 1000 x 188 mm = 375 mm^2

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{perlu} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot Ø^2 \cdot b}{As}$$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{375\ mm2} = 353{,}77\ mm$$

Smax ≤ 5 h atau ≤ 450 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

Smax ≤ 5 h

≤ 5 x 150 mm

≤ 750 mm

S_{perlu} = 353,77 mm < S_{maks} = 450 mm

S_{pakai} = 300 mm

Jadi dipasang tulangan Ø13-300mm

$$As_{pakai} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S\ pakai}$$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{300\ mm}$$

$= 442{,}2\ mm^2 > As\ susut = 375\ mm^2 \rightarrow (OK)$

4.1.4.3 Perhitungan Penulangan Kerb

- Data Perencanaan:

fy = 360 Mpa
fc' = 35 Mpa
β1 = 0,81
t = 150 mm
φlentur = 0,8
b = 1000 mm
h = 200 mm
d' = 20 mm
KuTP = 1,8
Diameter tulangan → D = 12mm (Tulangan lentur)
→ Ø = 8 mm (Tulangan Pembagi)

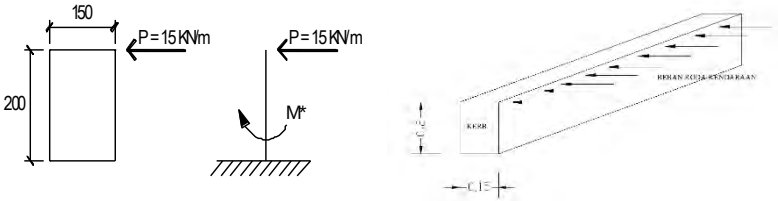
dx = tp – d' - $\frac{1}{2}$ D

= 200mm – 20mm - $\frac{1}{2}$ 12mm = 174 mm

dy = tp– d'- D - $\frac{1}{2}$ D

= 200mm – 20mm – 12mm - $\frac{1}{2}$ 12mm

= 164 mm



Gambar 4.3 Gaya yang bekerja pada kerb

Mu = P x b x t x K_uTP
= 15 kN/m x 1m x 0,15m x 1,8
= 4,05 kN.m = 5062500 Nmm

Mn $= \frac{Mu}{\varphi} = \frac{4050000}{0,8}$ = 5062500 Nmm

Perhitungan Tulangan:

$\rho_{balance} = \frac{0,85 \, x \, fc' \, x \, \beta 1}{fy} \left(\frac{600}{600+fy}\right)$

$= \frac{0,85 \, x \, 35 \, x \, 0,81}{400} \left(\frac{600}{600+360}\right) = 0,0418$

$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$

$\rho_{max} = 0,5 \times \rho_{balance} = 0,5 \times 0,0418 = 0,0209$

(SNI 03-2847-2013 Pasal B.8.4.2)

m $= \frac{fy}{0,85 \, . \, fc'} = \frac{360}{0,85 \, . \, 35} = 12,10$

Rn $= \frac{Mn}{b.d_x^2} = \frac{5062500 \text{ Nmm}}{1000.(174mm)^2} = 0,17 N/mm^2$ (Mpa)

$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \frac{2.m.Rn}{fy}\right)$

$= \frac{1}{12,10}\left(1 - \sqrt{\frac{2 \, . \, 12,10 \, . \, 0,17}{360}}\right)$

= 0,0005

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$

0,0039 < 0,0005 < 0,0209 → (pakai ρ_{min})

$As_{perlu} = \rho_{min}$ x b x d_x

= 0,0039 x 1000 x 174mm = 676,67 mm^2

Kontrol jarak spasi tulangan

Smax ≤ 2 . h

≤ 2 . 200 mm

≤ 400 mm

Dipakai tulangan D12, sehingga jarak antar tulangan:

S $= \frac{0,25 \, . \pi \, . D^2 . \, b}{As \, perlu}$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{676{,}67\ mm^2} = 167{,}05 \text{ mm}$$

S = 167,05 mm < 400mm (Ok)

S_{pakai} = 150 mm

Tulangan yang dipakai D12-150 mm

$$As_{pakai} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S\ pakai}$$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{150\ mm}$$

$=745\ mm^2 > As_{perlu} = 676{,}67\ mm^2 \rightarrow$(OK)

Tulangan susut dan suhu

As = 0,002 x b x dy

= 0,002 x 1000 x 164 mm = 328 mm^2

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{perlu} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{As}$$

$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{328\ mm^2} = 153{,}17 \text{ mm}$$

Smax ≤ 5 h atau ≤ 450 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

Smax ≤ 5 h

≤ 5 x 200 mm

≤ 1000 mm

S_{perlu} = 153,17 mm < S_{maks} = 450 mm

S_{pakai} = 150 mm

Jadi dipasang tulangan Ø8-150mm

$$As_{pakai} = \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S\ pakai}$$

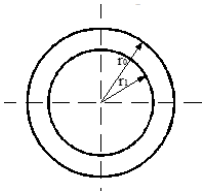
$$= \frac{0{,}25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{150\ mm}$$

$= 334{,}9\ mm^2 >$ As susut$= 328\ mm^2 \rightarrow$(OK)

4.1.5 Perhitungan Tiang dan Pipa Sandaran

Data perencanaan:
Panjang Bentang = 130 m
Jarak tiang sandaran = 2,5 m
Bahan yang digunakan:

- Tiang Sandaran:
  Mutu Beton (fc') = 35 Mpa
  Mutu baja (fy) = 360 Mpa
  W sandaran = 0,75 kN/m
  (RSNI T-02-2005 Psl. 12.5)
- Pipa Sandaran
  Diameter luar (do) = 60,5 mm
  Berat pipa (q) = 5,57 kg/m
  Tebal pipa (t) = 4 mm
  Momen Inersia (I) = 28,5 cm^4
  Mutu baja BJ 50 → fy = 290 Mpa
  fu = 500 Mpa



Gambar 4.3 Profil Pipe

4.1.5.1 Perhitungan Momen pada Pipa Sandaran

1. Akibat beban sendiri/berat pipa sandaran
   $M_{VD} = \frac{1}{8} q\, l^2 = \frac{1}{8}$. 5,57 kg/m . $(2,5m)^2$
   = 4,35 kg.m = 0,0435 kN.m
2. Akibat beban vertikal
   $M_{VL} = \frac{1}{8} w\, l^2 = \frac{1}{8}$. 0,75 kg/m . $(2,5m)^2$
   = 58,6 kg.m = 0,586 kN.m
   $M_V = M_{VD} + M_{VL}$ = 0,0435 kN.m + 0,586 kN.m
   = 0,629 kN.m = 62,945 kg.m
3. Akibat beban horizontal
   $M_H = \frac{1}{8} w\, l^2 = \frac{1}{8}$. 0,75 kg/m . $(2,5m)^2$
   = 58,6 kg.m = 0,586 kN.m

4. Momen Resultan (M_R)

$M_R = \sqrt{M_v^2 + M_H^2}$

= 0,629 kN.m + 0,586 kN.m = 0,86 kN.m

4.1.5.2 Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran

Batas kelangsingan profil

$\lambda = \frac{do}{t} = \frac{60,5}{4} = 15,13$

$\lambda p = \frac{14800}{fy} = \frac{14800}{290} = 51,03$

Karena $\lambda < \lambda p$ (penampang kompak)

Mn = Mp = Z_x x fy = 12790 mm^3 x 290 N/mm^3

= 3709196,667 N

φMn = 0,9 . Mn = 0,9 . 3709196,667 N

= 3338277 N.mm = 3,34 kN.m

Syarat : φMn > Mn = 3,34 kN.m > 0,86 kN.m → Ok

4.1.5.3 Lendutan Pipa Sandaran

$\delta ijin = \frac{L}{240} = \frac{250\ cm}{240} = 1,042$ cm

$\delta terjadi = \frac{5 \,.\, q_x \,.\, L^2}{384 \,.\, E \,.\, I} = \frac{5 \,.\, (5,57 \frac{kg}{m} + 0,75 \frac{kg}{m}) \,.\, (2,5m)^2}{384 \,.\, 20000\ Mpa \,.\, 28,5\ cm4}$

= 0,0072 m = 0,72 cm

$\delta terjadi = \frac{5 \,.\, qy \,.\, L^2}{384 \,.\, E \,.\, I} = \frac{5 \,.\, 0,75 \frac{kg}{m} \,.\, (2,5m)^2}{384 \,.\, 20000\ Mpa \,.\, 28,5\ cm4}$

= 0,0067 m = 0,67 cm

Resultan $\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{0,72\ cm^2 + 0,67\ cm^2}$

= 0,982 cm

Syarat : $\delta ijin$ > Resultan δ = 1,042 cm > 0,982 cm → Ok

4.1.6 Perhitungan Kolom Sandaran

b = 20 cm
h = 20 cm
L = 1,2 m
γ_{beton} = 2500 kg/m^3

Diameter tulangan → D = 12mm (Tulangan lentur)
→ Ø = 8 mm (Tulangan Pembagi)

dx = tp – decking - $\frac{1}{2}$ D
= 200mm – 20 mm – 8mm - $\frac{1}{2}$ 12mm = 166 mm

Berat sendiri kolom = b x h x L x γ_{beton}
= 0,2m x 0,2m x 1,2m x2500kg/m^3
= 120 kg

Berat pipa sandaran = q_{pipa} x jarak antar kolom
= (2 x 5,57 kg/m) x 2,5m
= 27,9 kg

P_D = Berat sendiri kolom + Berat pipa sandaran
= 120 kg + 27,9 kg = 147,9 kg
M_D = P_D x b/2 = 147,9 kg x 0,2m/2 = 14,785 kg.m
P_L = q_L x L = 75 kg/m x 1,2 m = 90 Kg
M_L = P_L x tinggi kolom = 90 Kg x 1,2 m = 108 kg.m

Dimana : P_D = gaya yang terjadi akibat beban mati
M_D = Momen yang terjadi akibat beban mati
P_L = gaya yang terjadi akibat beban hidup
M_L = Momen yang terjadi akibat beban hidup

P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 (147,9 kg) + 1,6 (90 Kg)
= 321,4 kg = 3214 N

Mu = 1,2 M_D + 1,6 M_L
= 1,2 (14,785 kg.m) + 1,6 (108 kg.m)
= 190,542 kg.m = 1905420 N.mm

Mn = $\frac{Mu}{\Phi} = \frac{1905420\ N.mm}{0,8}$ = 2381775 N.mm

$\frac{Mn}{b\,.\,h^2}$ = $\frac{2381775\ N.mm}{200mm\,.\,(200mm)^2}$ = 0,298

$\frac{Pu}{b \cdot h} = \frac{3214\ N}{200mm \cdot 200mm} = 0{,}08$

Dari grafik didapatkan: ρ = 1%

As = ρ x b x d = 0,01 x 200mm x166mm = 332 mm^2

Dipasang 4Ø12 → As pasang = 452,39 mm^2

4.1.6.1 Perencanaan tulangan geser

Vu = 90 kg = 900 kN

Vc = $\frac{1}{6}\sqrt{fc'}$ bw d = $\frac{1}{6}\sqrt{35}$. 200mm . 166mm

= 32736N

φ Vc = 0,6 . 32736 N = 19641 N

Karena Vu ≤ φ Vc → (tidak perlu tulangan geser)

pasang tul. Geser minimum

Smax = ½ d = ½ . 166 mm = 83 mm

As = (1/4.π.d^2) x2 = (0,25 x π x 8^2) x 2 =100,53 mm^2

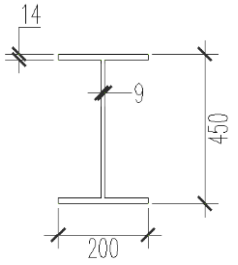
S = $\frac{Av\,x\,fy}{\frac{1}{3}\sqrt{fc'}\,b} = \frac{100{,}53\ mm2\ x\ 360\ Mpa}{\frac{1}{3}\sqrt{35Mpa}\ 200mm} = 91{,}76$ mm

Pasang Φ 8-90mm

4.2 Perencanaan Balok Memanjang

4.2.1 Perencanaan Balok Memanjang

- Direncanakan menggunakan Profil: WF 450.200.9.14



Gambar 4.5 Profil Balok Memanjang

A = 96,76 cm^2
w = 76 kg/m = 0,760 kN/m
Zx = 1490 cm^3
Zy = 187 cm^3
Ix = 33500 cm^4
Iy = 1870 cm^4
ix = 18,6 cm
iy = 4,4 cm
r = 18 mm
d = 450 mm
tf = 14 mm
h = d – 2 (tf + r) = 386 mm

- Data Bahan:

BJ 55
fy = 4100 kg/cm^2
fu = 5500 kg/cm^2
E = 2 x 10^6 kg/cm^2
J = $\frac{1}{3}$ x (2 x b x tf^3 + d x tw^3) = 475216,6667 mm^4
C_w = $\frac{1}{12}$ x tf x bf^3 x $\frac{(\sqrt{ht+tf})^2}{2}$ = 1,004 x 10^{12} mm^6
G = 80.000 Mpa (RSNI T-03-2005 Pasal 4.1.1)

$X_1 = \frac{\pi}{S_x}\sqrt{\frac{E.G.J.A}{2}}$ (RSNI T-03-2005 tabel 8)

$= \frac{\pi}{1490000}\sqrt{\frac{200.000.80000.475216{,}6667\ .9676}{2}}$

= 12781,50914 Mpa

$X_2 = 4\left(\frac{S_x}{G\ .\ J}\right)^2 \frac{I_w}{I_y}$ (RSNI T-03-2005 tabel 8)

= 0,000330119 mm^4/N^2

- Pembebanan:

a. Beban mati

- Beban pelat beton

  = t_{plat} x γbeton x b1

  = 0,25 m x 25 kN/m^3 x 1,50 m

  = 9,38 kN/m → Faktor beban = 1,3

- Beban aspal

  Lapisan aspal harus direncanakan untuk pelapisan kembali setebal 50 mm yang ditambahkan pada lapisan awal (RSNI T-02 2005 p. 5.3.2).

  = t_{aspal} x γaspal x b1

  = 0,05 m x 22 kN/m^3 x 1,50 m

  = 1,65 kN/m → Faktor beban = 1,3

- Beban bekisting

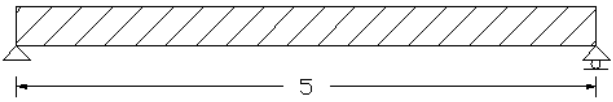
  = 0,5 kN/m x b1

  = 0,5 kN/m^2 x 1,50 m

  = 0,75 kN/m → Faktor beban = 1,4

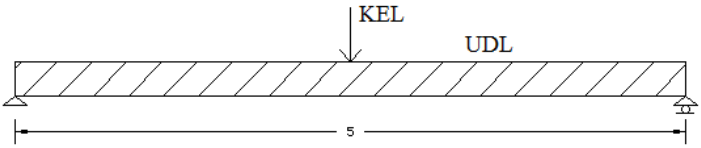
- Beban sendiri profil

  = 0,760 kN/m → Faktor beban = 1,1



Gambar 4.6 Pembebanan pada beban mati

b. Beban hidup



Gambar 4.7 Pembebanan UDL dan KEL pada gelagar memanjang

- Uniformly Distributed Load (UDL)

$$L > 30 \text{ m} ; \quad q \text{ UDL} = 9 \times \left(0{,}5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

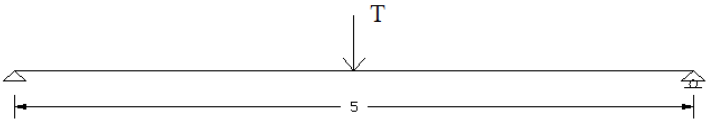
$$q \text{ UDL} = 9 \times \left(0{,}5 + \frac{15}{130} \right) = 5{,}538 \text{ kN/m}^2$$

q = q_{UDL} x b1
= 5,538 kN/m^2 × 1,5 m
= 8,31 kN/m → Faktor Beban = 1,8

- Knife Edge Load (KEL)

DLA = 30 % untuk L > 90 m
P KEL= 49 kN/m
P = P_{KEL} (1 + DLA) x b1
= 49 kN/m (1 + 0,3) x 1,5m
= 95,55 kN →Faktor Beban = 1,8

- Truk (T)



Gambar 4.8 Pembebanan Truk

DLA =0,3
T = 112,5 kN (R-SNI T-02-2005)
Menurut R-SNI T-02-2005 Pasal 6.4.1 tentang besarnya beban truk "T" di tentukan:
Tu = T x (1 + DLA)
= 112,5 kN x (1 + 0,3)
= 146,25 kN → Faktor beban = 1,8
Rekapitulasi pembebanan

Tabel 4.1 Rekapitulasi pembebanan gelagar memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban Mati (DL)			
Beban Pelat beton	9,38 kN/m	1,3	12,2 kN/m
Beban Aspal	1,65 kN/m	1,3	2,15 kN/m
Beban Bekisting	0,75 kN/m	1,4	1,05 kN/m
Beban sendiri profil	0,76 kN/m	1,1	0,84 kN/m
Beban Hidup (DL)			
Beban UDL	8,31 kN/m	1,8	15,0 kN/m
Beban KEL	95,55 kN	1,8	172 kN
Beban Truk	146,25 kN	1,8	263,3 kN

4.2.2 Hasil analisa perhitungan momen.

- Momen akibat beban mati :

Q_{Total}= 12,2 kN/m+2,15 kN/m+1,05 kN/m+0,84 kN/m
= 16,219 kN/m

$$M_{DL} = \frac{1}{8} \times Qtotal \times \lambda^2 = \frac{1}{8} \times 16{,}219 \text{kN/m} \times (5m)^2$$

=50,68 kN.m

- Momen akibat beban hidup :
  - Momen akibat beban UDL dan KEL :

$$M_L = \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 + \frac{1}{4} \times P \times \lambda$$

$$= \frac{1}{8} \times 15{,}0kN/m \times (5m)^2 + \frac{1}{4} \times 172kN \times 5m$$

= 261,72 kNm

  - Momen akibat beban Truk :

$$M_T = \frac{1}{4} \times P \times \lambda = \frac{1}{4} \times 263{,}3kN \times 5m = 329{,}06 \text{ kNm}$$

Karena $M_L < M_T$, maka dipakai momen akibat beban Truk yaitu sebesar M_T = 329,06 kNm

4.2.3 Analisa kapasitas penampang balok memanjang

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan.

a. Kontrol kapasitas lentur

- Tekuk lokal :
  - Sayap : (RSNI T-03-2005

ps.7.4.2 $\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2x14} = 7{,}14$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8{,}4$$

$$\lambda r = \frac{370}{\sqrt{fy} - fr} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 31{,}14$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

- Badan : (RSNI T-03-2005

ps.7.7.1) $\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{386mm}{9} = 42,9$

$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$

$\lambda r = \frac{2550}{\sqrt{fy}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah Mn = Mp = $Z_x f_y$

Zx = b.tf.(d-tf)+1/4.tw.(d-2tf)2
= 200mm.14mm(450mm-14mm)+
1/4.9mm(450mm- 2.14mm)^2 = 1621489 mm^3

Mp = Mn =Zx x fy = 1621489 mm x 410
= 664810490 Nmm = 664,810 kNm

- Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

L = 5000 mm
fr = 70 Mpa
fL = fy – fr = 410 Mpa – 70 Mpa = 340 Mpa

$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 1,76 \times 44 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{4100}} = 1710,363mm$

$L_R = i_y \left(\frac{x_1}{f_L} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_L^2}}$

$= 44 \left(\frac{12781,51}{340} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0033.(340)^2}}$

= 3398,514 mm

$L_r < L$: termasuk dalam bentang panjang. Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur harus memenuhi persamaan berikut ini :

$Mn = M_{cr} \leq Mp$

$$M_{cr} = Cb \frac{\pi}{L} \sqrt{EIyGJ + \left(\frac{\pi.E}{L}\right)^2 I_y I_w}$$

$Mmax = M_{DL} = 329{,}06$ kNm

$Ma = 0{,}25 \times 329{,}06$ kNm $= 82{,}27$ kNm

$Mb = 0{,}5 \times 8329{,}06$ kNm $= 165$ kNm

$Mc = 0{,}75 \times 329{,}06$ kNm $= 247$ kNm

$$Cb = \frac{12{,}5M_{max}}{2{,}5M_{max} + 3Ma + 4Mb + 3Mc}$$

$$= \frac{12{,}5.(329{,}06)}{2{,}5(329{,}06) + 3(82{,}27) + 4(165) + 3(247)}$$

$= 1{,}67$

$$Mn = Cb \frac{\pi}{L} \sqrt{EIyGJ + \left(\frac{\pi.E}{L}\right)^2 I_y I_w} \leq Mp$$

$$= 1{,}67 \frac{\pi}{5000} \sqrt{2x10^5.1{,}87x10^7.8x10^4} + \sqrt{\left(\frac{\pi.2 \times 10^5}{5000}\right)^2 1{,}87x10^7.1{,}0x10^{12}} \leq Mp$$

$= 693154857{,}1$ N.mm

$= 693{,}1548571$ kNm $< 664{,}810$ kNm

Dari tekuk lokal dan lateral, dipilih $Mn = 664{,}810$ kNm

- Kapasitas momen :

  $\varphi Mn = 0{,}90 \times 664{,}810$ kNm

  $= 598{,}33$ kNm $>$ Mu $= 329{,}06$ kNm

  Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

4.2.4 Kontrol kapasitas geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup $_{(\text{UDL}+\text{KEL})}$:

$$\text{Va}_{max} = \left(\text{P}\times 1\right)+\left(\text{Q}_{\text{L}}\times\frac{1}{2}\times\lambda\right)$$

$$= \left(171{,}99\times 1\right)+\left(14{,}95\times\frac{1}{2}\times 5\right)$$

$$= 209{,}37 \text{ kN}$$

b. Untuk beban T :

$$\text{Va}_{max} = \text{T x (1 + DLA) x 1 x LF}$$

$$= 112{,}5 \text{ x (1 + 0,3) x 1 x 1,8}$$

$$= 263{,}25 \text{ kN}$$

c. Untuk beban Qd :

$$\text{Va}_{max} = \left(\text{Qd x}\ \frac{1}{2}\ \text{x}\ \lambda\right) \textit{Qd tanpa dikalikan LF}$$

$$= \left(12{,}54\times\frac{1}{2}\times 5\right)$$

$$= 31{,}338 \text{ kN}$$

Jadi Va yang digunakan adalah Va akibat beban truk sebesar 263,25 kN (yang terbesar yang menentukan), maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8) :

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw}=\frac{386}{9}=42{,}89$$

$$\text{Kn}=5+\frac{5}{(a/h)_2}=5{,}7$$

$$1{,}10\sqrt{\frac{KnxE}{fy}}=1{,}10\sqrt{\frac{5{,}7\times 2\times 10^5}{410}}=58{,}232$$

$\frac{h}{tw} \le 1{,}10\sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}}$, maka kuat geser :

φVn = φ x 0.6 x fy x Aw
= 0,9 x 0,6 x 410 x (450 x 9)
= 897 kN
= 897 kN ≥ 263,25 kN

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi.

4.2.5 Interaksi geser dan lentur

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps.7.9.3), yaitu :

$$\frac{Mu}{\varphi Mn} + 0{,}625\frac{Vu}{\varphi Vn} \le 1{,}375$$

$$\frac{329{,}06}{598{,}33} + 0{,}625\frac{263{,}25}{897} \le 1{,}375$$

$$0{,}73 < 1{,}375$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

4.2.6 Kontrol lendutan

Lendutan dianalisa berdasarkan kemampuan layan akibat beban hidup untuk gelagar memanjang. Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah L/800.

δ_{ijin} = 500/800 = 0,63 cm

a.Lendutan akibat beban hidup (UDL + KEL) :

- $\delta_{(udl+kel)} = \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1 \lambda^3}{E I_x}$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{8{,}31 \times (500)^4}{2 \times 10^6 \times 33500} + \frac{1}{48} \times \frac{9555 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500}$$

= 0,47 cm

b. Lendutan akibat beban truck :

➢ $\delta_{(T)} = \frac{1}{48} \times \frac{P_T \ \lambda^3}{E \ I_x}$

$= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500} = 0{,}568$ cm

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk = 0,568 cm

➢ $\delta_{(T)} \leq \delta_{ijin}$

0,568 ≤ 0,63 .... OK

4.2.7 Kontrol Kapasitas Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- 1/5 Bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

L = 5 m (panjang bentang gelagar memanjang)

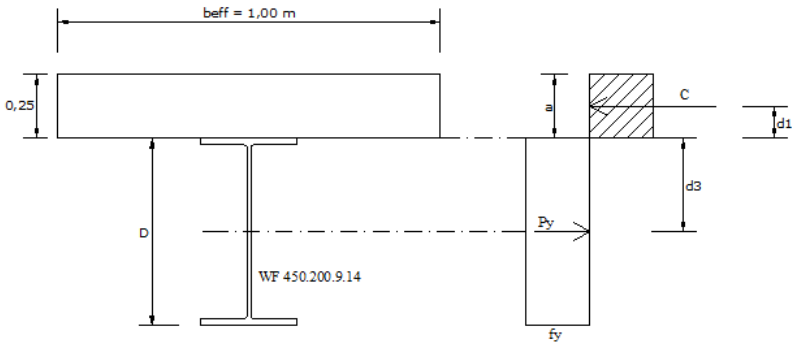
b_1 = 1,5 m (jarak antar gelagar memanjang)

Lebar efektif pelat beton:

$$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{5000}{5} = 1000 \ mm$$

$$b_{eff} \leq b_1 = 1500 \ mm$$

diambil yang terkecil, b_{eff} = 1000 mm



Gambar 4.9 Distribusi gaya pada penampang

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{368}{9} = 42{,}9$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 83$$

$$\frac{h}{tw} \le \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena (penampang kompak) maka kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Menentukan garis netral :

Ac = beff x tb = 1000 x 250 = 250000 mm^2

Py = A x fy = 9676 x 410 = 3967160 N

C = 0.85 f'c x Ac = 0.85 x 35x 250000 = 7437500N

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times f'c \times b_{eff}} = \frac{9676 \times 410}{0{,}85 \times 35 \times 1000}$$

= 133 mm

karena a < t maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

  $d_1 = t - a/2 = 250 - 133/2 = 183$ mm

  $d_2 = 0$ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)

  $d_3 = d/2 = 450/2 = 225$ mm

  $Mn = C (d1 + d2) + py (d3 - d2)$

  $= 7437500 (183 + 0) + 3967160 (225 - 0)$

  $= 2256091000$ Nmm $= 2256,1$ KNm

  $\varphi Mn = 0,90 \times 2256,1$ KNm

  $= 2030,5$ kNm $>$ Mu $= 329,1$ kNm ➔ OK

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

4.2.8 Shear Connector balok memanjang

- **Data-data**

  Tebal slab hc = 25 cm
  Jarak S=bo = 150 cm
  Panjang bentang L = 5 m

- **Data Material**

  a. Beton

  Kuat tekan beton fc' = 35 Mpa
  Modulus Elastisitas (Ec) = $4700\sqrt{fc'}$ = 27805,5Mpa
  Berat Beton bertulang Wc = 25 kN/m^3

  b. Baja Tulangan

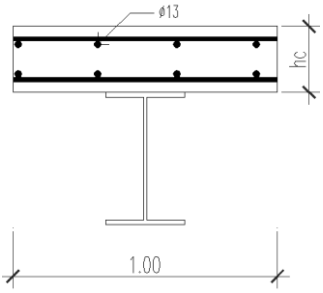
  Tegangan leleh baja fy= 360 Mpa
  Diameter tulangan Ø = 13 mm

  c. Baja Profil

  Mutu baja BJ 55
  Tegangan leleh baja fy= 410 Mpa
  Modulus Elastisitas E = 200.000 Mpa
  Profil WF. 450.200.9.14
  Io = 33500 cm^4
  hs = 38,6 cm
  As = 96,76 cm^2
  qs = 76 kg/m = 0,76 kN/m

- **Lebar efektif penampangkomposit**

  Lebar efektif (RSNI T-03-2005)
  b_E = L/5 = 5m /5 = 1 meter
  b_E = bo = 5 meter
  b_E = 12. hc = 12.(0,25 m) = 3 meter
  Sehingga diambil yang terkecil 1 meter



Gambar 4.10 Jembatan komposit

Misal pada lebar efektif 100 cm terdapat 4 buah tulangan Ø 13mm atas dan 4 buah tulangan Ø 13mm pada bagian bawah

- **Kekuatan plastis dan garis netral plastis**

  Anggap garis netral plastis ada pada gelagar

- Kekuatan tekanan pada plat lantai, (C)

  C = 0,85 . fc' . Be . hc + (A.fy)c

  Dimana:

  (A.fy)c = (4+4).¼.π.(13mm)^2 .(360 Mpa)

  = 382075 N

  0,85.fc'.b_E.h_c = 0,85.(35Mpa).(1000mm).(250mm)

  = 7437500 N

  C = 382075 N + 7437500 N = 7819575 N

- Kekuatan tarikan pada gelagar, (T)

  T = As.Fy

  = (96,76 x 100mm^2) . (410 Mpa)

  = 3967160 N < C

- Kedalaman daerah tekan pada lantai,

  $$\alpha = \frac{T-(A.f_y).c}{0{,}85.fc'.b_E} = \frac{3967160\ N - 382075\ N}{0{,}85.\ 35Mpa.1000\ mm}$$

= 40,17 mm < 250 mm

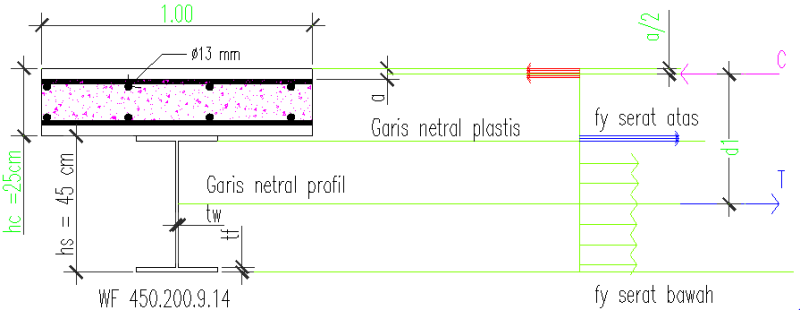
- Garis netral plastis berada pada lantai beton, perhitungan diulangi, tulangan yang mengalami tekan hanya bagian atas sebanyak 4 tulangan

(A.fy)c = (4).¼.π.(13mm)^2 .(360 Mpa)
= 191038 N

C = 7437500 N + 191038 N
= 7628538 N > T

$$a = \frac{T-(A_s f_y).c}{0{,}85.f'c.b_g} = \frac{3967160\ N\ -191038\ N}{0{,}85.\ 35Mpa.1000mm}$$

= 42,31 mm < 150 mm



Gambar 4.11 Diagram tegangan plastis

$$d_1 = \frac{hs}{2} + hc - \frac{a}{2} = \frac{386mm}{2} + 250mm - \frac{61{,}67mm}{2}$$

=421,85 mm

- Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur nominal

M_s = T . d1
= 3967160 N . 421,85 mm
= 1673527612,547 Nmm

Kuat Lentur rencana

Mu = ϕ . Ms
= 0,9 . 1673527612,547 Nmm
= 1506174851,3 Nmm

Mu = 1506,175 kN.m

- Penghubung Geser(Shear connector)

  Berdasarkan RSNI T-03-2005

  Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),

  V_L = T = 3967160 N

Gaya Geser rencana,

$V_{LS} = \frac{VL}{\phi} = \frac{3967160\ N}{0,75} = 5289546,67$ N

Syarat-syarat.

Diameter maksimum,

1,5 tf = 1,5 x (14mm) = 21 mm = 2,1 cm

Dipakai konektor 13 x 75 (lihat lampiran)

D = 13 mm < 21 mm →(OK)

L = 75 mm

Jarak antara konektor stud,

1. 600 mm = 60 cm, atau
2. 2 x hc = 2 x (250mm) = 500 mm = 50cm
3. 4 x L = 4 x (75mm) = 300 mm = 30 cm

Gambar 4.12 Konektor Stud

Mutu Baja konektor, BJ-55

Tegangan putus, fu = 550 Mpa

Kekuatan geser satu konektor stud,

$V_{su} = ¼ . \pi . D^2 . f_u$

$= ¼ . \pi . (13mm)^2 . (550\ Mpa)$

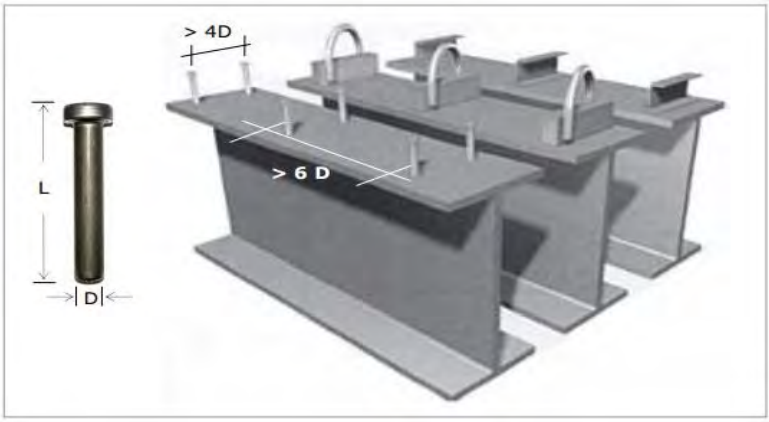
$= 72965,75$ N

Jumlah konektor stud

$n = \frac{V_{LS}}{0,55 . V_{SU}} = \frac{3967160\ N}{0,55 . 72965,75\ N}$

= 81 buah (untuk 2 baris)
= 40 buah (untuk 1 baris)
Rencanakan 1 baris konektor stud 40 buah sepanjang bentang gelagar 5 meter.

Jarak terjauh antara konektor
= (500cm)/(40buah) = 12,5 cm < 30 cm
Sehingga dipasang dengan jarak13 cm

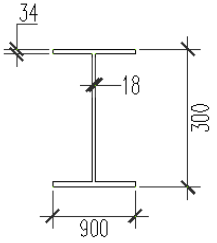


Gambar 4.13 Jarak antara konektor stud

4.3 Perencanaan Balok Melintang

4.3.1 Perencanaan Balok Melintang

- Direncanakan menggunakan Profil: WF 900.300.18.34



Gambar 4.14 Profil Balok Melintang

A = 364,0 cm^2
w = 286 kg/m = 2,86 kN/m
Zx = 10900 cm^3
Zy = 1040 cm^3
Ix = 498000 cm^4
Iy = 15700 cm^4
ix = 37 cm
iy = 6,56 cm
r = 28 mm
d = 900 mm
tf = 34 mm
h = d – 2 (tf + r) = 776 mm

- Data Bahan:

BJ 55
fy = 4100 kg/cm^2
fu = 5500 kg/cm^2
E = 2 x 10^6 kg/cm^2
J = $\frac{1}{3}$ x (2 x b x tf^3 + d x tw^3) = 9610400 mm^4
C_w = $\frac{1}{12}$ x tf x bf^3 x $\frac{(\sqrt{ht+tf})^2}{2}$ = 33,37 x 10^{12} mm^6

G = 80.000 Mpa (RSNI T-03-2005 Pasal 4.1.1)

$X_1 = \frac{\pi}{S_x}\sqrt{\frac{E.G.J.A}{2}}$ (RSNI T-03-2005 Tabel 8)

$= \frac{\pi}{10900000}\sqrt{\frac{200.000 \,.\, 80000 \,.\, 9610400 \,.\, 36400}{2}}$

= 15239,45962 Mpa

$X_2 = 4\left(\frac{S_x}{G \,.\, J}\right)^2 \frac{I_w}{I_y}$ (RSNI T-03-2005 tabel 8)

= 0,0001709 mm^4/N^2

4.3.2 Hasil analisa perhitungan momen.

➢ Pembebanan:

Sebelum komposit

a. Beban mati

- Balok memanjang

  = (W x λ / b1) x LF

  = (0,76 x 5 / 1,5) x 1,1 = 2,79 kN/m

- Beban sendiri profil (balok melintang)

  = berat profil x LF

  = 2,86 kN/m x 1,1 = 3,15 kN/m

- Beban pelat beton

  = t_{plat} x γbeton x λ x Ku^{MS}

  = 0,25 m x 25 kN/m^3 x 5 m x 1,3 = 40,6 kN/m

- Beban bekisting

  = 0,5 kN/m x λ x LF

  = 0,5 kN/m^2 x 5 m x 1,4 = 3,5 kN/m +

Q_{D1} = 50,06 kN/m

= 5006 kg/m

M_{Q1} = 1/8 x Q_{D1} x B^2

= 1/8 x 50,06 kN/m x $(13,2m)^2$

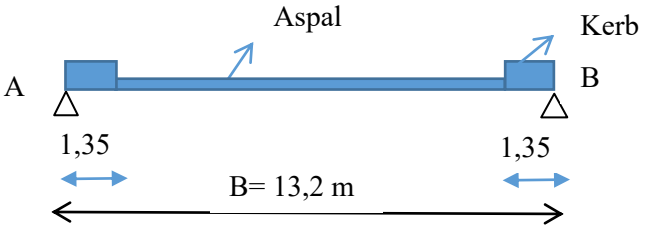
= 1090 kNm = 10902559,8 kg.cm

V_{Q1} = 1/2 x Q_{D1} x B

= 1/2 x 50,06 kN/m x 13,2m

= 330,4 kN = 33038 kg

Setelah komposit
Beban mati



Gambar 4.15 Pembebanan gelagar melintang

- Berat Aspal
  = t_{aspal} x γaspal x λ x LF
  = 0,05 m x 22 kN/m^3 x 5 m x 1,3 = 7,15 kN/m
- Berat kerb
  = dk x γbeton x λ x LF
  = 0,2 m x 25 kN/m^3 x 5 m x 1,3 = 32,5 kN/m +
  Q_{D2} = 39,65 kN/m
  = 3965 kg/m

$\sum M_B$ = 0
Va . 13,2 m = (32,5 kN/m . 1,35m).12,525m + (7,15kN/m . 10,5m) . 6,6m + (32,5kN/m. 1,35 m) . 0,675m
Va . 13,2 m = 549,5 kN.m + 495,5 kN.m + 29,62 kN.m
Va . 13,2 m = 1074,65 kN.m
Va = 81,41 kN = 8141 kg
M_{Q2} = (Va . 6,6m)–(32,5 kN/m . 1,35m .5,93m) - (7,15 kN/m . 5,25 m . 2,63m)
= (81,41 kN . 6,6m)-260 kN.m –98,5 kN.m
= 178,83 kN.m = 17883 kg.m

b. Beban hidup

- Beban hidup merata (UDL)
  SNI T-02-2005 ps. 6.3.1

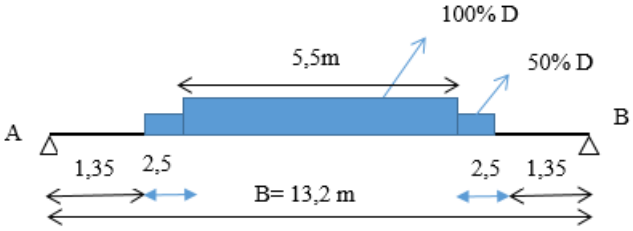
  $L > 30$ m ; $q\ UDL = 9 \times \left(0{,}5 + \frac{15}{L} \right)$ kN/m^2

  L = 130 m, maka :

  $q\ UDL = 9 \times \left(0{,}5 + \frac{15}{130} \right) = 5{,}538$ kN/m^2

  q = q_{UDL} x λ x Ku^{TD}
  = 5,538 kN/m^2 $\times$ 5 m x 1,8
  = 49,846 kN/m = 4984,6 kg/m

- Beban hidup Garis (KEL)
  DLA = 30 % untuk L = 130 m
  (R-SNI T-02-2005 Gambar 8)
  P KEL= 49 kN/m
  P = P_{KEL} (1 + DLA) x K^{u}_{TD}
  = 49 kN/m (1 + 0,3) x 1,8
  = 114,66 kN/m = 11466 kg/m



Gambar 4.16 Pembebanan akibat beban UDL dan KEL

Beban "D" = Beban UDL + Beban KEL
= 49,846 kN/m+114,66 kN/m=164,5 kN/m

q1 = 100% x D=100%x164,5 kN/m = 164,5 kN/m

q2 = 50% x D= 50%x164,5 kN/m = 82,25 kN/m

$\sum M_B$ = 0

Va . 13,2 m = (164,5 kN/m. 5,5m).6,6m +(82,25 kN/m. 2,5m).10,6m + (82,25kN/m.2,5 m).2,6m

Va . 13,2 m = 5971,9 kN.m + 2179,71 kN.m + 534,645 kN.m

Va . 13,2 m = 8685,92 kN.m

Va = 658,02 kN

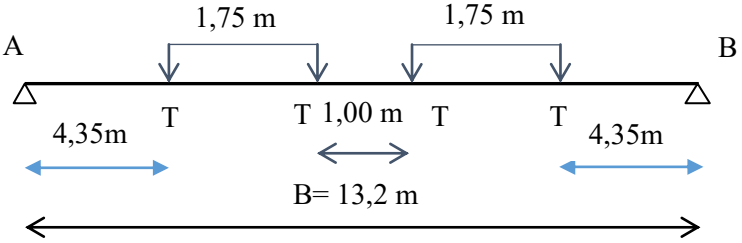
M_{max} = (Va . 6,6m)–(82,25 kN/m . 2,5m . 4m) - (164,5 kN/m . 2,75 m . 1,38m)

= (658,02 kN.6,6m)-822,5 kN.m–662kN.m

= 2898,39 kN.m (menentukan)

- Beban Truk "T"

Kondisi 1



Gambar 4.17 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 1)

T = 112,5 kN

Tu = T x (1+0,3) x K^{u}_{TT}

= 112,5 kN x (1+0,3) x 1,8 = 263,3 kN

$\sum M_B$ = 0

Va . 13,2 m = Tu(8,85m + 7,1m + 6,1m + 4,35m)

Va . 13,2 m = 263,3 kN x 26,4 m

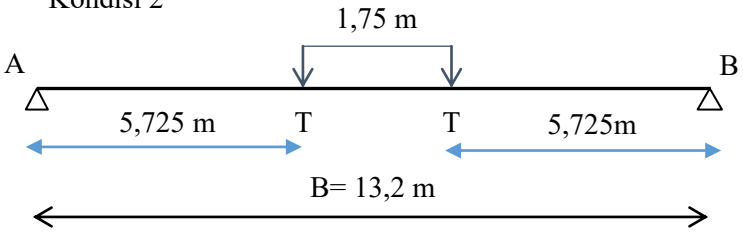
Va = 526,50 kN

M_{max} = (Va . 6,6m) – Tu(2,25 m + 0,5m)

= (526,50 kN . 6,6 m) – (263,3 kN . 2,75m)

M_{max} = 2750,96 kN.m

Kondisi 2



Gambar 4.18 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 2)

$\sum M_B$ = 0
Va . 13,2 m = Tu(7,475m + 5,725m)
Va . 13,2 m = 263,3 kN x 13,20 m
Va = 263,25 kN
M_{max} = (Va . 6,6m) – (Tu . 0,875m)
= (263,25 kN. 6,6 m) – (263,3 kN . 0,875m)
M_{max} = 1507,11 kN.m
Sehingga untuk beban hidup, dipakai momen terbesar, yaitu
2898,39 kN.m

4.3.3 Analisa kapasitas penampang balok melintang

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan.

b. Kontrol kapasitas lentur

- Tekuk lokal :
  - Sayap : (RSNI T-03-2005 ps.7.4.2) $\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2x34} = 4{,}412$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8{,}4$$

$$\lambda r = \frac{370}{\sqrt{fy} - fr} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 31{,}14$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

- Badan : (RSNI T-03-2005 ps.7.7.1) $\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{776mm}{18} = 43{,}11$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82{,}97$$

$$\lambda r = \frac{2550}{\sqrt{fy}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125{,}94$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah Mn = Mp = $Z_x f_y$

Z_x = b.tf.(d-tf)+1/4.tw.(d-2tf)2
= 300mm.34mm(900mm-34mm)+
1/4.18mm(900mm- 2.34mm)^2 = 11948208 mm^3

Mp = Mn =Z_x x fy = 11948208 mm^3 x 410 N/mm^2
= 4898765280 Nmm = 4899 kNm

- Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

L = 13200 mm
fr = 70 Mpa
fL = fy – fr = 410 Mpa – 70 Mpa = 340 Mpa

$$L_p = 1{,}76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$= 1{,}76 \times 65{,}6 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{4100}} = 2549{,}996mm$$

$L_R = i_y \left(\frac{x_1}{f_L} \right) \sqrt{1+\sqrt{1+x_2 f_L^{\,2}}}$

$= 65{,}6 \left(\frac{15239{,}46}{340} \right) \sqrt{1+\sqrt{1+0{,}000171.(340)^2}}$

$= 5964{,}845$ mm

$L_r < L$: termasuk dalam bentang panjang. Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur harus memenuhi persamaan berikut ini :

$Mn = M_{cr} \leq Mp$

$M_{cr} = Cb \frac{\pi}{L} \sqrt{EIyGJ + (\frac{\pi.E}{L})^2 I_y I_w}$

Mmax = 2898,39 kNm

Ma = 0,25 x 2898,39 kNm = 724,60 kNm

Mb = 0,5 x 2898,39 kNm = 1449 kNm

Mc = 0,75 x 2898,39 kNm = 2174 kNm

$Cb = \frac{12{,}5M_{max}}{2{,}5M_{max} + 3Ma + 4Mb + 3Mc}$

$= \frac{12{,}5.(2898{,}39)}{2{,}5(2898{,}39) + 3(724{,}60) + 4(1449) + 3(2174)}$

$= 1{,}67$

$Mn = Cb \frac{\pi}{L} \sqrt{EIyGJ + (\frac{\pi.E}{L})^2 I_y I_w} \leq Mp$

$= 1{,}67 \frac{\pi}{13200} \sqrt{2x10^5.1{,}57x10^8.8x10^4} + \sqrt{(\frac{\pi.2x10^5}{13200})^2 1{,}57x10^8.3{,}3x10^{13}} \leq Mp$

$= 2378751880$ N.mm

$= 2378{,}75$ kNm < 4899 kNm (OK)

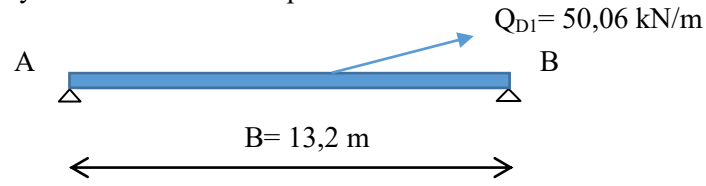
Dari tekuk lokal dan lateral, dipilih Mn = 664,810 kNm

- Kapasitas momen :

φMn = 0,90 x 664,810 kNm
= 4408,89 kNm > Mu = 2898,39 kNm
Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

4.3.4 Kontrol kapasitas geser

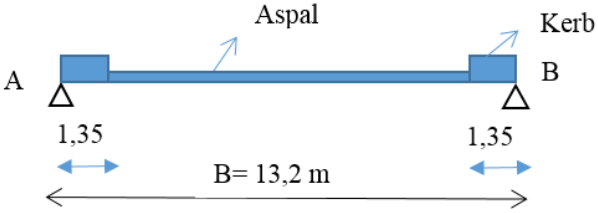
c. Gaya Geser sebelum komposit



Gambar 4.19 Beban merata geser sebelum komposit

V_{aD1} = 0,5 x Q_{D1} x B
= 0,5 x 50,06 kN/m x 13,2 m
= 330,38 kN = 33038 kg

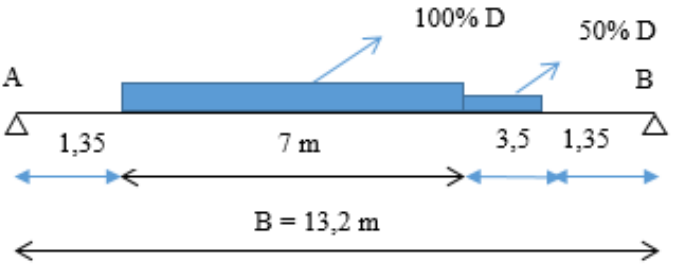
d. Gaya Geser setelah komposit



Gambar 4.20 Beban merata geser setelah komposit

$\sum M_B$ = 0
Va . 13,2 m = (32,5 kN/m . 1,35m).12,525m + (7,15kN/m . 10,5m) . 6,6m + (32,5kN/m. 1,35 m) . 0,675m
Va . 13,2 m = 549,5 kN.m + 495,5 kN.m + 29,62 kN.m
Va . 13,2 m = 1074,65 kN.m
Va = 81,41 kN = 8141 kg

e. Gaya geser akibat UDL dan KEL tidak simetris



Gambar 4.21 Gaya geser akibat UDL dan KEL tidak simetris

"D" UDL 100% = 49,85 kN/m

UDL 50% = 24,92 kN/m

KEL 100% = 114,66 kN/m

KEL 50 % = 57,33 kN/m

- Untuk UDL

  $\sum M_B$ = 0

  Va . 13,2 m = (49,85 kN/m . 7m) . 8,35m + (24,92 kN/m . 3,5m) . 3,1m

  Va . 13,2 m = 2914 kN.m + 270,4 kN.m

  Va = 241,21 kN

- Untuk KEL

  $\sum M_B$ = 0

  Va . 13,2 m = (114,66 kN/m . 7m) . 8,35m + (57,33 kN/m . 3,5m) . 3,1m

  Va . 13,2 m = 6702 kN.m + 622,0 kN.m

  Va = 554,84 Kn

Maka Vu = V_{aD1} + $Va_{(UDL)}$ + $Va_{(KEL)}$

= 330,38kN+241,21kN+554,84 Kn

Vu = 1126,43 kN

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{776}{18} = 43{,}11$$

Kn = 5 +

$$\frac{5}{(a/h)_2} = 5{,}2 \quad 1{,}10\sqrt{\frac{KnxE}{fy}} = 1{,}10\sqrt{\frac{5{,}2 \times 2 \times 10^5}{410}} = 50{,}4$$

$\frac{h}{tw} \le 1{,}10\sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}}$, maka kuat geser :

φVn = φ x 0.6 x fy x Aw
= 0,75 x 0,6 x 410 x (900 x 18)
= 2989 kN
= 2989 kN ≥ 1126,43 kN

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi.

4.3.5 Interaksi geser dan lentur

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps.7.9.3), yaitu :

$$\frac{Mu}{\varphi Mn} + 0{,}625\frac{Vu}{\varphi Vn} \le 1{,}375$$

$$\frac{2898}{4408{,}89} + 0{,}625\frac{1126{,}4}{2989} \le 1{,}375$$

$$0{,}9 < 1{,}375$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

4.3.6 Kontrol lendutan

Lendutan dianalisa berdasarkan kemampuan layan akibat beban hidup untuk gelagar melintang. Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah L/800.

δ_{ijin} = 1320/800 = 1,65 cm

c.Lendutan akibat beban hidup (UDL + KEL) :

➢ $\delta_{(udl+kel)} = \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_l \lambda^3}{E I_x}$

$= \frac{5}{384} \times \frac{9{,}14 \times (1320)^4}{2 \times 10^6 \times 498000}$

= 0,363 cm

d. Lendutan akibat beban truck :

➢ $\delta_{(T)} = \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_X}$

$= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (1320)^3}{2 \times 10^6 \times 498000}$ = 0,7 cm

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk = 0,7 cm

➢ $\delta_{(T)} \leq \delta_{ijin}$

0,7 ≤ 1,65 .... OK

4.3.7 Kontrol Kapasitas Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- 1/5 Bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

L = 1320 m (panjang bentang)

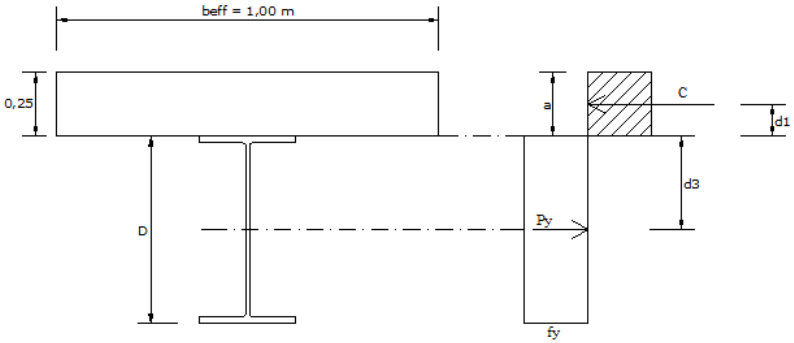
λ = 5 m (jarak antar gelagar melintang)

Lebar efektif pelat beton:

$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{1320}{5} = 256 \ cm$

$b_{eff} \leq \lambda = 500 \ cm$

diambil yang terkecil, b_{eff} = 264 cm



Gambar 4.22 Distribusi gaya pada penampang

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{776}{18} = 43{,}11$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82{,}97$$

$$\frac{h}{tw} \le \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena (penampang kompak) maka kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Menentukan garis netral :

Ac = beff x tb = 264 x 25 = 6600 cm^2
C1 = As x fy = 364 x 4100 = 1492400 kg
C2 = 0.85 f'c x Ac = 0.85 x 350 x 6600 = 1963500 N
Sehingga nilai cdiambil yang terkecil yaitu
C1=1492400 kg

$$a = \frac{c}{0{,}85 \times f'c \times b_{eff}} = \frac{1492400\ \text{kg}}{0{,}85 \times 350 \times 264} = 19\ \text{cm}$$

karena a < t maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

  $d_1 = t - a/2 = 25 - 19/2 = 15{,}5$ cm

  $d_2 = 0$ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)

  $d_3 = d/2 = 90/2 = 45$ cm

  Mn = C (d1 + d2) + py (d3 – d2)

  = 1492400 kg (15,5 + 0) + 1492400 kg (45 – 0)

  = 90288869,88 kg.cm = 902,89 ton.m

  φMn = 0,90 x 90288869,88 kg.cm

  = 81259982,9 kg.cm

  = 8126 kN.m> Mu = 2750,96 kNm ➔ OK

  Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

4.3.8 Shear Connector balok melintang

- **Data-data**

Tebal slab	hc	= 25 cm
Jarak	λ=bo	= 500 cm
Panjang bentang	L	= 13,2 m

- **Data Material**

a. Beton

Kuat tekan beton fc' = 35 Mpa

Modulus Elastisitas (Ec) = $4700\sqrt{fc'}$ = 27805,5Mpa

Berat Beton bertulang Wc = 25 kN/m^3

b. Baja Tulangan

Tegangan leleh baja fy= 360 Mpa

Diameter tulangan Ø = 13 mm

c. Baja Profil

Mutu baja BJ 55

Tegangan leleh baja fy= 410 Mpa

Modulus Elastisitas E = 200.000 Mpa

Profil WF. 900.300.18.34

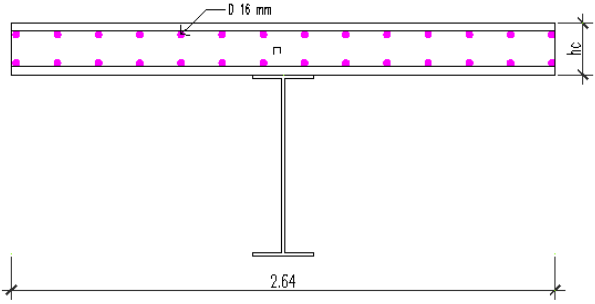
Io = 498000 cm^4

hs = 77,6 cm

As = 364 cm^2
qs = 286 kg/m = 2,86 kN/m

- **Lebar efektif penampangkomposit**

Lebar efektif (RSNI T-03-2005)
b_E = L/5 = 13,2m /5 = 2,64 meter
b_E = λ = 5 meter
b_E = 12. hc = 12.(0,25 m) = 3 meter
Sehingga diambil yang terkecil 2,64



meter

Gambar 4.23 Jembatan komposit

Misal pada lebar efektif 264 cm terdapat 14 buah tulangan D 16 mm atas dan 14 buah tulangan D 16 mm pada bagian bawah

- **Kekuatan plastis dan garis netral plastis**

Anggap garis netral plastis ada pada gelagar

- Kekuatan tekanan pada plat lantai, (C)

C = 0,85 . fc' . Be . hc + (A.fy)c
Dimana:
(A.fy)c = (14+14).¼.π.(16mm)^2 .(360 Mpa)
= 2025677 N
0,85.fc'.b_E.h_c = 0,85.(35Mpa).(2640 mm).(250mm)
= 19635000 N
C = 2025677 N + 1963500 N = 21660677 N

- Kekuatan tarikan pada gelagar, (T)

T = As.Fy

= (364 x 100mm^2) . (410 Mpa)

= 14924000 N < C

- Kedalaman daerah tekan pada lantai,

$$a = \frac{T-(A.f_y).c}{0{,}85.f_c{}'.b_E} = \frac{14924000\ N - 2025677\ N}{0{,}85.\ 35Mpa.\ 2640\ mm}$$

= 164,23 mm < 250 mm

- Garis netral plastis berada pada lantai beton, perhitungan diulangi, tulangan yang mengalami tekan hanya bagian atas sebanyak 4 tulangan

(A.fy)c = (14).¼.π.(16mm)^2 .(360 Mpa)

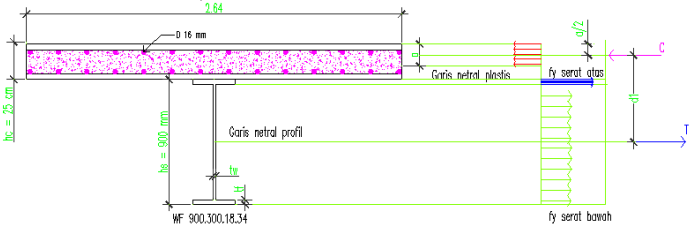
= 1012838 N

C = 2025677 N + 19635000 N

= 20647838 N > T

$$a = \frac{T-(A.f_y).c}{0{,}85.f_c{}'.b_E} = \frac{14924000\ N - 1012838\ N}{0{,}85.\ 35Mpa.\ 2640\ mm}$$

= 155,87 mm < hc = 250 mm



Gambar 4.24 Diagram tegangan plastis gelagar melintang

$$d_1 = \frac{hs}{2} + hc - \frac{a}{2} = \frac{776mm}{2} + 250mm - \frac{155{,}87mm}{2}$$

=560,07 mm

- Kekuatan Lentur

  Kekuatan lentur nominal

  M_s = T . d1

  = 14924000 N . 560,07 mm

  = 8358429783,090 Nmm

  Kuat Lentur rencana

  Mu = ϕ . Ms

  = 0,9 . 8358429783,090 Nmm

  = 7522586804,8 Nmm

  Mu = 7522,57 kN.m

- Penghubung Geser(Shear connector)

  Berdasarkan RSNI T-03-2005

  Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),

  V_L = T = 14924000 N

  Gaya Geser rencana,

  $V_{LS} = \frac{VL}{\phi} = \frac{14924000\ N}{0,75}$ = 19898666,7 N

  Syarat-syarat.

  Diameter maksimum,

  1,5 tf = 1,5 x (34mm) = 51 mm = 5,1 cm

  Dipakai konektor 13 x 75 (lihat lampiran)

  D = 13 mm < 51 mm →(OK)

  L = 75 mm

  Jarak antara konektor stud,

  1. 600 mm = 60 cm, atau
  2. 2 x hc = 2 x (250mm) = 500 mm = 50cm
  3. 4 x L = 4 x (75mm) = 300 mm = 30 cm

Gambar 4.25 Konektor Stud

Mutu Baja konektor, BJ-55
Tegangan putus, fu = 550 Mpa
Kekuatan geser satu konektor stud,

V_{su} = ¼ . π . D^2 .f_u

= ¼ . π . $(13mm)^2$. (550 Mpa)

= 72965,75 N

Jumlah konektor stud

$$n = \frac{V_{LS}}{0{,}55 \cdot V_{SU}} = \frac{19898666{,}7\ N}{0{,}55 \cdot 72965{,}75\ N}$$

= 304 buah (untuk 2 baris)

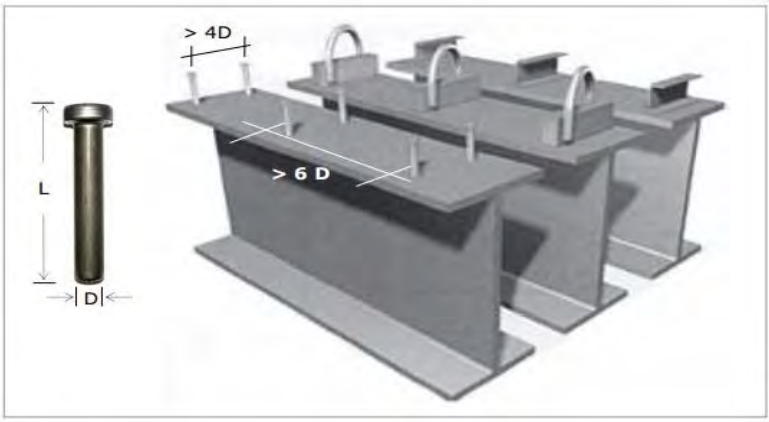
= 152 buah (untuk 1 baris)

Rencanakan 1 baris konektor stud 152 buah sepanjang bentang gelagar 13,2 meter.

Jarak terjauh antara konektor

= (1320cm)/(152buah) = 9 cm < 30 cm

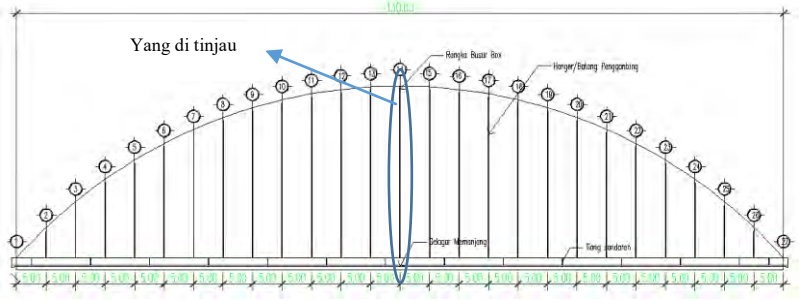
Sehingga dipasang dengan jarak 10 cm



Gambar 4.26 Jarak antara konektor stud

4.4 Perencanaan Batang Penggantung

Panjang dari batang penggantung dicari menggunakan pendekatan rumus sumbu geometrik busur



Gambar 4.27 Konstruksi Pemikul Utama

Persamaan parabola:

Yn $= \frac{4 . f . X . (L-X)}{L^2}$

L = 130 m

f = 25 m

Tabel 4.2 Panjang Penggantung

AS	X	Yn
1	0	0,00
2	5	3,70
3	10	7,10
4	15	10,21
5	20	13,02
6	25	15,53
7	30	17,75
8	35	19,67
9	40	21,30

AS	X	Yn
16	75	24,41
17	80	23,67
18	85	22,63
19	90	21,30
20	95	19,67
21	100	17,75
22	105	15,53
23	110	13,02
24	115	10,21

10	45	22,63
11	50	23,67
12	55	24,41
13	60	24,85
14	65	25,00
15	70	24,85

25	120	7,10
26	125	3,70
27	130	0,00

4.4.1 Pembebanan

Output Sap yang dihasilkan

Tabel 4.3 Gaya yang terjadi pada batang penggantung

As	Frame	P(KN)	Yn(m)	kontrol σ		kontrol Δ
				σ terjadi	σ ijin	
2a	57	50,687	3,7	5,17	120,91	OK
3a	58	97,264	7,1	9,92	120,91	OK
4a	59	139,868	10,21	14,27	120,91	OK
5a	60	178,363	13,02	18,20	120,91	OK
6a	61	212,748	15,53	21,71	120,91	OK
7a	62	243,16	17,75	24,81	120,91	OK
8a	63	269,463	19,67	27,50	120,91	OK
9a	64	291,792	21,3	29,77	120,91	OK
10a	65	310,012	22,63	31,63	120,91	OK
11a	66	324,259	23,67	33,09	120,91	OK
12a	67	334,397	24,41	34,12	120,91	OK
13a	68	340,424	24,85	34,74	120,91	OK
14a	69	342,479	25	34,95	120,91	OK
15a	70	340,424	24,85	34,74	120,91	OK
16a	71	334,397	24,41	34,12	120,91	OK
17a	72	324,259	23,67	33,09	120,91	OK

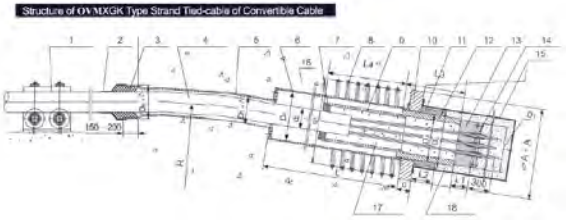
18a	75	310,012	22,63	31,63	120,91	OK
19a	76	291,792	21,3	29,77	120,91	OK
20a	77	269,463	19,67	27,50	120,91	OK
21a	78	243,16	17,75	24,81	120,91	OK
22a	79	212,748	15,53	21,71	120,91	OK
23a	80	178,363	13,02	18,20	120,91	OK
24a	81	139,868	10,21	14,27	120,91	OK
25a	82	97,264	7,1	9,92	120,91	OK
26a	83	50,687	3,7	5,17	120,91	OK

As	**Frame**	**P(KN)**	**Yn(m)**	**kontrol σ**		**kontrol Δ**
				σ terjadi	**σ ijin**	
2j	84	50,687	3,7	5,17	120,91	OK
3j	85	97,264	7,1	9,92	120,91	OK
4j	86	139,868	10,21	14,27	120,91	OK
5j	87	178,363	13,02	18,20	120,91	OK
6j	88	212,748	15,53	21,71	120,91	OK
7j	89	243,16	17,75	24,81	120,91	OK
8j	90	269,463	19,67	27,50	120,91	OK
9j	93	291,792	21,3	29,77	120,91	OK
10j	94	310,012	22,63	31,63	120,91	OK
11j	95	324,259	23,67	33,09	120,91	OK
12j	96	334,397	24,41	34,12	120,91	OK
13j	97	340,424	24,85	34,74	120,91	OK
14j	98	342,479	25	34,95	120,91	OK
15j	99	340,424	24,85	34,74	120,91	OK
16j	100	334,397	24,41	34,12	120,91	OK
17j	101	324,259	23,67	33,09	120,91	OK

18j	102	310,012	22,63	31,63	120,91	OK
19j	103	291,792	21,3	29,77	120,91	OK
20j	104	269,463	19,67	27,50	120,91	OK
21j	105	243,16	17,75	24,81	120,91	OK
22j	106	212,748	15,53	21,71	120,91	OK
23j	107	178,363	13,02	18,20	120,91	OK
24j	108	139,868	10,21	14,27	120,91	OK
25j	111	97,264	7,1	9,92	120,91	OK
26j	112	50,687	3,7	5,17	120,91	OK

Didapatkan Pmaks sebesar = 342,479 kN (frame 69)

L = 25 m



Technical Parameters of Strand Cable

Type A1:

Model of Cable System	Nominal Sectional Area of Steel Strand (unit: cm²)	Unit Mass of Steel Strand kg/m	Unit Mass of Cable kg/m	Outer Diameter of Cable mm	Breaking Force KN
OVMXG15-7	9.8	7.7	8.5	56	1823
OVMXG15-12	16.8	13.2	14.2	72	3125
OVMXG15-19	26.6	20.9	22.4	88	4948
OVMXG15-22	30.8	24.2	25.8	97	5729
OVMXG15-27	37.8	29.7	31.8	106	7031
OVMXG15-31	43.4	34.1	36.3	110	8072
OVMXG15-37	51.8	40.7	43.4	123	9635

Profil yang dipakai OVMXG15-7 D= 56 mm A= 9,8cm^2

E = 1,9 x 10^6 kg/cm^2

Teg.ijin = 1823 kN

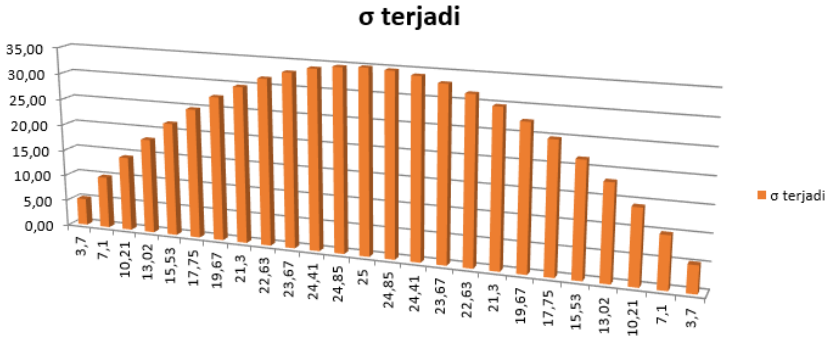
Hanging cable strees = 65%

Kontrol tegangan

$$\sigma = P/A \leq \text{Teg. Ijin}/A$$

$$= \frac{342{,}479\ \text{kN}}{9{,}8\ \text{cm2}} \leq \frac{1823\ \text{kN} \times 65\%}{9{,}8\ \text{cm2}}$$

$$= 34{,}95\ \text{kN/cm}^2 \leq 120{,}91\ \text{kN/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$



4.5 Perencanaan Konstruksi Busur

Persamaan Parabola

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

L = 130 m

f = 1/5 L sampai 1/8 L

= 1/5.130m sampai 1/8.130m

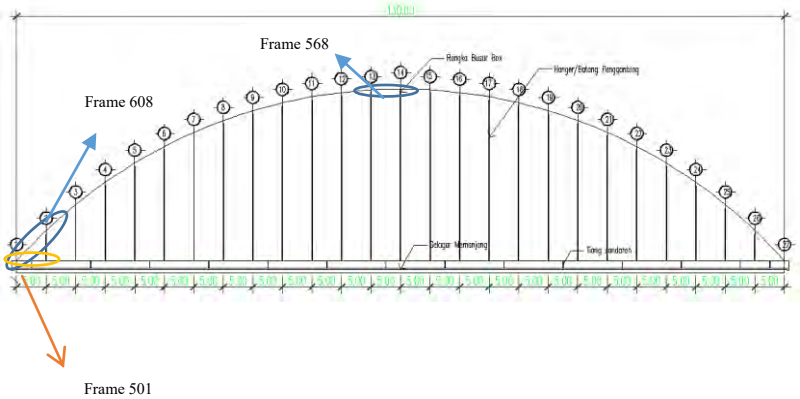
= 26 sampai 16,25

f = 25 m

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

gn = An . ΔSn . γ_{baja}

γ_{baja} = 7850 kg/m^3



Tabel 4.4 Pembebanan Busur

Titik	Segmen	X (m)	Y (m)	A(m)	B(m)	tw(m)	tf(m)	An(m^2)	Δ Sn (m)	gn
1		0	0.000							
	1 - 2			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	6.219	5683
2		5	3.698							
	2 - 3			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	6.048	5526
3		10	7.101							
	3 - 4			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.886	5379
4		15	10.207							
	4 - 5			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.736	5241
5		20	13.018							
	5 - 6			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.597	5114
6		25	15.533							
	6 - 7			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.470	4998
7		30	17.751							
	7 - 8			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.357	4895
8		35	19.675							
	8 - 9			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.258	4805
9		40	21.302							
	9 - 10			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.174	3184
10		45	22.633							
	10 - 11			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.106	3142
11		50	23.669							
	11 - 12			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.054	3111
12		55	24.408							
	12 - 13			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.020	3089
13		60	24.852							
	13-14			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.002	3079
14		65	25.000							
	14-15			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.002	3079
15		70	24.852							
	15-16			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.020	3089

16		75	24.408							
	16-17			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.054	3111
17		80	23.669							
	17-18			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.106	3142
18		85	22.633							
	18-19			0.8	1.2	0.02	0.02	0.08	5.174	3184
19		90	21.302							
	19-20			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.258	4805
20		95	19.675							
	20-21			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.357	4895
21		100	17.751							
	21-22			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.470	4998
22		105	15.533							
	22-23			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.597	5114
23		110	13.018							
	23-24			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.736	5241
24		115	10.207							
	24-25			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	5.886	5379
25		120	7.101							
	25-26			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	6.048	5526
26		125	3.698							
	26-27			0.8	1.2	0.03	0.03	0.12	6.219	5683
27		130	0.000							

4.5.1 Stabilitas Penampang Busur

1. Batang Tekan Busur

Digunakan profil box 800 1200 30 (frame 608)

An	= 116400 mm^2	$\gamma baja$	= 7850 kg/m^3
A	= 1200 mm	BJ 55	
B	= 800 mm	fy	= 410 N/mm^2
tw	= 30 mm	fu	= 550 N/mm^2
tf	= 30 mm	E	= 2 x 10^5 N/mm^2
g	= 913,74 kg/m	J	= 2552320 cm^4
Ix	= 1270372 cm^4		
Iy	= 2383812 cm^4		
ix	= 33,0361 cm		
iy	= 45,2543 cm		
Zx	= 31759 cm^3		
Zy	= 39730 cm^3		

Dari output sap, didapatkan:
Busur mengalami tekan (Frame 608)
Komb. Ult 1+kel 27 = Dead + Beban "D" + Rem + Angin + Suhu

Nu = 1877218,28 kg

- Kontrol Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda = \frac{L \,.\, k}{r}$$

Terhadap sumbu x
L = 6220,13 mm
k = 1 (sendi- sendi ; RSNI T-03-2005 Gambar 3)

$$\lambda x = \frac{L \,.\, k}{r} \leq 140 \quad \text{(RSNI T-03-2005 pasal 6.1)}$$

$$= \frac{6220{,}13 \text{ mm} \,.\, 1}{330{,}361 \text{ mm}} = 18{,}82 \text{ mm} < 140 \textbf{ OK}$$

$$\lambda y = \frac{L \,.\, k}{r} \leq 140 \quad \text{(RSNI T-03-2005 pasal 6.1)}$$

$$= \frac{6220{,}13 \text{ mm} \,.\, 1}{452{,}543 \text{ mm}} = 13{,}74 \text{ mm} < 140 \textbf{ OK}$$

$\lambda x > \lambda y$

Berdasarkan RSNI T-03-2005 pasal 6.2 untuk menetapkan parameter kelangsingan:

$$\lambda c = \frac{L \,.\, k}{r\,\pi}\sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

$$= \frac{1}{\pi} 18{,}38\ mm \sqrt{\frac{410\ N/mm^2}{200.000\ N/mm^2}}$$

$$= 0{,}27$$

Untuk nilai : λ c $\leq$ 1,5 → Nn = $(0{,}66^{\lambda c^2})$. Ag . fy
(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

- Kuat Nominal
  Nn = $(0{,}66^{\lambda c^2})$. Ag . fy
  = $(0{,}66^{0{,}27^2})$. 116400 mm^2 . 410 N/mm^2
  = 46287093,81N
- Kontrol
  Nu $\leq \phi n$. Nn (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)
  Dengan pengertian:
  ϕn = 0,85 (faktor reduksi → RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)
  Nn = $(0{,}66^{\lambda c^2})$. Ag . fy
  (kuat tekan terfaktor→ RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

Nu	≤	ϕn . Nn
1877218,28 kg	≤	0,85. 4628709,381 Kg
1877218,28 kg	≤	3934402,97 kg → OK

➢ Kontrol Tekuk Lokal

Mux = 212984,55 kg.m
Muy = 307697,64 kg.m
Kontrol profil box menurut SNI 1729-2015 tabel Tabel B4.1a
Arah x
λ = $\frac{b}{2t} = \frac{1140\ mm}{60\ mm}$ = 82,97

λp $=1{,}40\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1{,}40\sqrt{\frac{200000}{410}} = 30{,}92$

Arah y

λ $= \frac{b}{2t} = \frac{740\ mm}{60\ mm} = 12{,}33$

λp $=1{,}20\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1{,}20\sqrt{\frac{200000}{410}} = 26{,}50$

- Kontrol Tekuk Lateral

Arah X

Mp = Zx . fy = 31759 cm^3 . 4100 kg/cm^3

= 130211900 kg.cm = 13021,19 kN.m

L = 6220,13 mm

Fr = 70 N/mm^2

fL = fy – fr = 410 N/mm^2 - 70 N/mm^2 = 340 N/mm^2

Lp = 0,13 E ry $\frac{\sqrt{J\ .\ A}}{Mp}$

= 0,13 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45,2543 cm . $\frac{\sqrt{2552320\ cm4\ .\ 1164\ cm^2}}{130211900\frac{kg}{cm}}$

= 4925,231 cm = 49252 mm

M_R = Sx x (fy – fr)

= 31759000 mm^3x(410Mpa -70 Mpa)

= 10798060000 Nmm = 107980600 kg.cm

= 10798 kN.m

Lr = 2 . E . ry $\frac{\sqrt{J\ .\ A}}{Mr}$

= 2 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45,2543 cm . $\frac{\sqrt{2552320\ cm4\ .\ 1164\ cm^2}}{(fy-fr)\ .\ Sx}$

= 913731 mm

L < Lp → Bentang Pendek

Karena bentang pendek, maka Mn = Mp = 13021,19 kN.m

Kapasitas Momen = φ . Mnx = 0,90 x 13021,19 kNm
= 11719,071 kNm

φMnx > Mux = 11719,071 kNm > 2129,8455 kN m

Arah Y

Mp = Zy . fy = 39730 cm^3 . 4100 kg/cm^3
= 162893000 kg.cm = 16289,3 kN.m

L = 6220,13 mm

Fr = 70 N/mm^2

fL = fy – fr = 410 N/mm^2 - 70 N/mm^2 = 340 N/mm^2

Lp = 0,13 E ry $\frac{\sqrt{J \cdot A}}{Mp}$

= 0,13 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45,2543 cm . $\frac{\sqrt{2552320\ cm4 \cdot 1164\ cm^2}}{162893000\ kg/cm}$

= 3937,085 cm = 39371 mm

M_R = Sy x (fy – fr)
= 39730000 mm^3x(410Mpa -70 Mpa)
= 13508200000 Nmm = 135082000 kg.cm
= 13508 kN.m

Lr = 2 . E . ry $\frac{\sqrt{J \cdot A}}{Mr}$

= 2 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45,2543 cm . $\frac{\sqrt{2552320\ cm4 \cdot 1164\ cm^2}}{(fy-fr) \cdot Sx}$

= 730409 mm

L < Lp → Bentang Pendek

Karena bentang pendek, maka Mn = Mp = 16289,3 kN.m

Kapasitas Momen = φ . Mny = 0,90 x 16289,3 kN.m
= 14660,37 kNm

φMny > Muy = 14660,37 kNm > 3076,9764 kN.m

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

Menurut SNI -03-1729-2002 Pasal 11.3

Untuk $\frac{Nu}{\varphi Nn} \geq 0{,}2 \rightarrow \frac{Nu}{\varphi Nn} + \frac{8}{9}\left(\frac{Mux}{\varphi Mnx} + \frac{Muy}{\varphi Mny}\right) \leq 1$

$$\frac{18772,1828}{39344,0297} + \frac{8}{9}\left(\frac{2129,8455}{11719,071} + \frac{3076,9764}{14660,37}\right) \leq 1$$

$$0,83 \leq 1 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol terhadap geser

Vu = 8223,01 kg

(RSNI T-03-2005 ps.7.8) : Vu ≤ ϕ. Vn

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{740}{60} = 12,33$$

$$\text{Kn} = 5 + \frac{5}{(a/h)_2}$$

$$\text{Kn} = 5 + \frac{5}{(1200/740)_2} = 6,9$$

$$1,10\sqrt{\frac{KnxE}{fy}} = 1,10\sqrt{\frac{6,9 \times 2 \times 10^5}{410}} = 63,82$$

$\frac{h}{tw} \leq 1,10\sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}}$, maka kuat geser :

Vn = 0.6 x fy x Aw → (RSNI T-03-2005 ps.7.8.-3a)

= 0,6 x 410 x (800 x 30) = 5904000 N

(kuat geser terfaktor → RSNI T-03-2005 pasal 7.8.1)

Vu	≤	ϕ . Vn
82230,1 N	≤	0,75 . 5904000 N
82230,1 N	≤	4428000 N

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi

➢Kontrol lendutan

Buku LRFD Bab 5.5 Hal. 89

$(5L^2)[Ms-0,1(Ma+Mb)]/(48EI)$

Ms = Momen di tengah lapangan

Ma = Momen tumpuan

Mb = Momen Tumpuan

Ma = 1740349165 Nmm

Ms = 1876188349 Nmm

Mb = 2088664972 Nmm

Lendutan yang terjadi

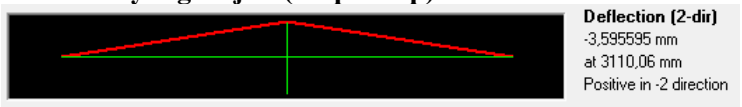
$= (5L^2)[Ms-0,1(Ma+Mb)]/(48EI)$

= (5.6220,13)[1876188349 Nmm -0,1(1740349165 Nmm

+ 2088664972 Nmm)]/(48 . $2x10^5$. 12703720000 mm^4)

= 2,3 mm

Lendutan yang terjadi(output sap)



= 3,5 mm

Batas lendutan Maksimal (SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4-1)

L/240 = 6220,13 mm/240 = 25,9 mm > 3,5 mm (OK)

Digunakan profil box 800 1200 20 (frame 568)

An	= 78400 mm^2	$\gamma baja$	= 7850 kg/m^3
A	= 800 mm	BJ 55	
B	= 1200 mm	fy	= 410 N/mm^2
tw	= 20 mm	fu	= 550 N/mm^2
tf	= 20 mm	E	= 2 x 10^5 N/mm^2
g	= 615,44 kg/m	J	= 1748022 cm^4
Ix	= 876565 cm^4		
Iy	= 1634325 cm^4		
ix	= 33,4375 cm		
iy	= 45,6574 cm		
Zx	= 21914 cm^3		
Zy	= 27239 cm^3		

Dari output sap, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Frame 568)

Komb. Ult 1+kel 27 = Dead + Beban "D" + Rem + Angin + Suhu

Nu = 1453223,19 kg

- Kontrol Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda = \frac{L \,.\, k}{r}$$

Terhadap sumbu x

L = 5002,25 mm

k = 1 (sendi- sendi ; RSNI T-03-2005 Gambar 3)

$$\lambda x = \frac{L \,.\, k}{r} \leq 140 \quad \text{(RSNI T-03-2005 pasal 6.1)}$$

$$= \frac{5002{,}25 \;\; mm \,.\, 1}{334{,}375 \;\; mm} = 14{,}96 \text{ mm} < 140 \; \textbf{OK}$$

λ y = $\frac{L \cdot k}{r} \leq 140$ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1)

= $\frac{5002{,}25 \text{ mm} \cdot 1}{456{,}574 \text{ mm}}$ = 10,956 mm < 140 **OK**

λ x > λ y

Berdasarkan RSNI T-03-2005 pasal 6.2 untuk menetapkan parameter kelangsingan:

$\lambda c = \frac{L \cdot k}{r \pi} \sqrt{\frac{Fy}{E}}$

$= \frac{1}{\pi} 14{,}96\ mm \sqrt{\frac{410\ N/mm^2}{200.000\ N/mm^2}}$

= 0,22

Untuk nilai : $\lambda c \leq 1{,}5$ → Nn = $(0{,}66^{\lambda c^2})$. Ag . fy

(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

- Kuat Nominal

  Nn = $(0{,}66^{\lambda c^2})$. Ag . fy

  = $(0{,}66^{0{,}22^2})$. 78400 mm^2 . $410\ N/mm^2$

  = 31529572,45 N

- Kontrol

  Nu ≤ ϕn . Nn (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)

  Dengan pengertian:

  ϕn = 0,85 (faktor reduksi → RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

  Nn = $(0{,}66^{\lambda c^2})$. Ag . fy

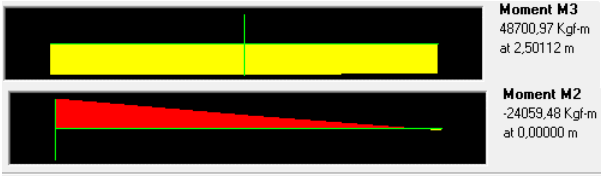
  (kuat tekan terfaktor→ RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

  Nu ≤ ϕn . Nn

  1453223,19 kg ≤ 0,85. 3152957,245 Kg

  1453223,19 kg ≤ 2680013,66 kg → OK

- Kontrol Tekuk Lokal



Mux = 48700,97 kg.m
Muy = 24059,48 kg.m
Kriteria dimensi profil box menurut SNI -03-1729-2002 tabel 7.5-1
Arah x

$$\lambda = \frac{b}{2t} = \frac{1160\ mm}{40\ mm} = 29$$

$$\lambda p = 1{,}40\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1{,}40\sqrt{\frac{200000}{410}} = 30{,}92$$

Arah y

$$\lambda = \frac{b}{2t} = \frac{740\ mm}{40\ mm} = 18{,}5$$

$$\lambda p = 1{,}20\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1{,}20\sqrt{\frac{200000}{410}} = 26{,}50$$

$\lambda < \lambda p \rightarrow$ Penampang Kompak
Mn = Mp

- Kontrol Tekuk Lateral

Arah X
Mp = Zx . fy = 21914 cm^3 . 4100 kg/cm^3
= 89847400 kg.cm = 8984,74 kN.m
L = 5002,25 mm
Fr = 70 N/mm^2
fL = fy – fr = 410 N/mm^2 - 70 N/mm^2 = 340 N/mm^2
Lp = 0,13 E ry $\frac{\sqrt{J\ .\ A}}{Mp}$
= 0,13 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45,6574 cm . $\frac{\sqrt{1748022\ cm4\ .\ 784\ cm^2}}{21914\ kg/cm}$
= 4891,144cm = 48911 mm

M_R = Sx x (fy – fr)

= 21914000 mm^3x(410Mpa -70 Mpa)

= 7450760000 Nmm = 74507600 kg.cm

= 7451 kN.m

Lr = 2 . E . ry $\frac{\sqrt{J \cdot A}}{Mr}$

= 2 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45, 6574 cm . $\frac{\sqrt{1748022\ cm4 \cdot 784\ cm^2}}{(fy-fr) \cdot Sx}$

= 907407 mm

L < Lp → Bentang Pendek

Karena bentang pendek, maka Mn = Mp = 8984,74 kN.m

Kapasitas Momen = φMnx = 0,90 x 8984,74 kNm

= 8086,266 kNm

φMnx > Mux = 8086,266 kNm > 487,0097 kN.m

Arah Y

Mp = Zy . fy = 27239 cm^3 . 4100 kg/cm^3

= 111679900 kg.cm = 11167,99 kN.m

L = 5002,25 mm

Fr = 70 N/mm^2

fL = fy – fr = 410 N/mm^2 - 70 N/mm^2 = 340 N/mm^2

Lp = 0,13 E ry $\frac{\sqrt{J \cdot A}}{Mp}$

= 0,13 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45,6574 cm . $\frac{\sqrt{1748022\ cm4 \cdot 784\ cm^2}}{111679900\ kg/cm}$

= 3934,966 cm = 39350 mm

M_R = Sy x (fy – fr)

= 27239000 mm^3x(410Mpa -70 Mpa)

= 9261260000 Nmm = 92612600 kg.cm

= 9261 kN.m

Lr = 2 . E . ry $\frac{\sqrt{J \cdot A}}{Mr}$

= 2 . 2 x 10^6 kg/cm^2 . 45, 6574 cm . $\frac{\sqrt{27239\ cm4 \cdot 784\ cm^2}}{(fy-fr) \cdot Sx}$

= 730016 mm

L < Lp → Bentang Pendek

Karena bentang pendek, maka Mn = Mp = 11167,99 kN.m

Kapasitas Momen = φMny = 0,90 x 11167,99 kN.m
= 10051,19 kNm

φMny > Muy = 10051,19 kNm > 240,5948 kN.m

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

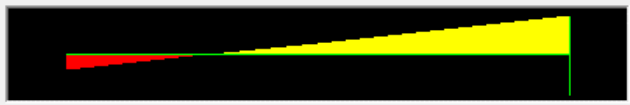
Menurut SNI -03-1729-2002 Pasal 11.3

Untuk $\frac{Nu}{\varphi Nn} \geq 0{,}2 \rightarrow \frac{Nu}{\varphi Nn} + \frac{8}{9}\left(\frac{Mux}{\varphi Mnx} + \frac{Muy}{\varphi Mny}\right) \leq 1$

$\frac{1453223{,}19}{2680013{,}66} + \frac{8}{9}\left(\frac{487{,}0097}{8086{,}266} + \frac{240{,}5948}{10051{,}19}\right) \leq 1$

$0{,}62 \leq 1 \rightarrow$ OK

- Kontrol terhadap geser



Vu = 2440,33 kg

(RSNI T-03-2005 ps.7.8) : Vu ≤ ϕ. Vn

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{760}{20} = 38$$

$$Kn = 5 + \frac{5}{(a/h)_2}$$

$$Kn = 5 + \frac{5}{(1200/760)_2} = 7$$

$$1{,}10\sqrt{\frac{KnxE}{fy}} = 1{,}10\sqrt{\frac{6{,}9 \times 2 \times 10^5}{410}} = 63{,}82$$

$\frac{h}{tw} \leq 1{,}10\sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}}$, maka kuat geser :

Vn = 0.6 x fy x Aw → (RSNI T-03-2005 ps.7.8.-3a)

= 0,6 x 410 x (800 x 20) = 3936000 N

(kuat geser terfaktor → RSNI T-03-2005 pasal 7.8.1)

Vu ≤ ϕ . Vn

24,4033 kN ≤ 0,75 . 3936000 N

24,4033 kN ≤ 2952 kN

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi

➢Kontrol lendutan

$(5L^2)[Ms-0{,}1(Ma+Mb)]/(48EI)$

Ms = Momen di tengah lapangan

Ma = Momen tumpuan

Mb = Momen Tumpuan

Ma = 48454,96 kg.m

Ms = 48700,96 kg.m

Mb = 44713,92 kg.m

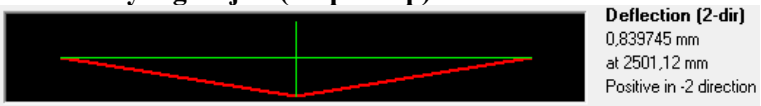
Lendutan yang terjadi

$= (5L^2)[Ms-0{,}1(Ma+Mb)]/(48EI)$

$= (5.5{,}00225^2)[$ 48700,96 kgm-0,1(48454,96 kg.m +44713,92 kg.m)$]/(48 . 2x10^{10} . 0{,}00876565\ cm^4)$

= 0,0006m = 0,6mm

Lendutan yang terjadi(output sap)



= 0.8 mm

Batas lendutan Maksimal (SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4-1)

L/240 = 5,00225/240 = 0.02m = 20,8 mm >0,8 mm (OK)

2. Batang Tarik

Digunakan profil box 600 1200 30

An	= 104400 mm^2	$\gamma baja$	= 7850 kg/m^3
A	= 1200 mm	BJ 55	
B	= 600 mm	fy	= 410 N/mm^2
tw	= 30 mm	fu	= 550 N/mm^2
tf	= 30 mm	E	= 2 x 10^5 N/mm^2
g	= 819,54 kg/m	J	= 2537262 cm^4
Ix	= 664092 cm^4		
Iy	= 1973052 cm^4		
ix	= 25,2211 cm		
iy	= 43,4729 cm		
Zx	= 22136 cm^3		
Zy	= 32884 cm^3		

Dari output sap, didapatkan:

Busur mengalami tarik (Frame 501)

Komb. Ult 1+kel 27 = Dead + Beban "D" + Rem + Angin + Suhu

Nu = 1521938,21 kg

- Kontrol penampang

  Kriteria dimensi profil box menurut RSNI T-03-2005 4

  Arah X

$$\lambda = \frac{h}{2t} = \frac{1140\ mm}{60\ mm} = 19$$

$$\lambda p = 1{,}40\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1{,}40\sqrt{\frac{200000}{410}} = 30{,}92$$

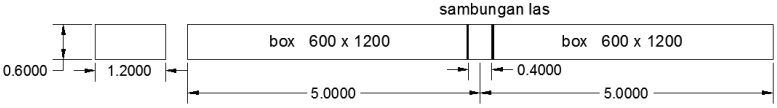
Arah Y

$$\lambda = \frac{b}{2t} = \frac{540\ mm}{60\ mm} = 9$$

$$\lambda p = 1{,}20\sqrt{\frac{E}{fy}} = 1{,}20\sqrt{\frac{200000}{410}} = 26{,}50$$

$\lambda < \lambda p \rightarrow$ Penampang Kompak
(box termasuk penampang kompak)

- Kontrol tahanan nominal batang tarik
  Menurut RSNI T-03-2005 pasal 5.1 kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah dibeberapa kondisi berikut ini
  1. Kuat tarik nominal berdasarkan kelelehan penampang bruto
     Nn = Ag . fy
     = 104400 mm^2 . 410 N/mm^2
     = 42804000 N = 4280400 kg
  2. Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur penampang efektif
     Menggunakan sambungan las



     Nn = Ae . fu
     Ae = A . U
     A = luas pelat sambung
     U = 1,00 (karena ℓ > 2w)
     Dimana:
     ℓ = panjang las (mm) $\rightarrow$ ℓ = [(600+1200)x2]x2 = 7200mm^2

w = lebar pelat/ jarak antar sumbu las → ℓ = 400 mm
Ae = A. U = 1440000 mm^2 . 1,00 = 1440000 mm^2
Nn = Ae . fu
= 140000 mm^2 . 550 N/mm^2
= 77000000 N = 7700000 kg

Diambil kondisi terendah yaitu kondisi 1
Nu ≤ ϕ . Nn
1521938,21 kg ≤ 0,75 . 4280400 kg
1521938,21 kg ≤ 3210300 kg (OK)

- Kontrol terhadap geser

Vu = 26829,38 kg
(RSNI T-03-2005 ps.7.8) : Vu ≤ ϕ. Vn
Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{540}{30} = 18$$

$$Kn = 5 + \frac{5}{(a/h)_2} = 10$$

$$Kn = 5 + \frac{5}{(1200/540)_2} = 6{,}01$$

$$1{,}10\sqrt{\frac{KnxE}{fy}} = 1{,}10\sqrt{\frac{6{,}01\times 2\times 10^5}{410}} = 59{,}56$$

$\frac{h}{tw} > 1{,}10\sqrt{\frac{Kn\times E}{fy}}$, maka kuat geser :

Vn = 0.6 x fy x Aw → (RSNI T-03-2005 ps.7.8.-3a)
= 0,6 x 410 x (600 x 30)
= 4428000 N = 1180800 kg

(kuat geser terfaktor → RSNI T-03-2005 pasal 7.8.1)
Vu ≤ ϕ . Vn

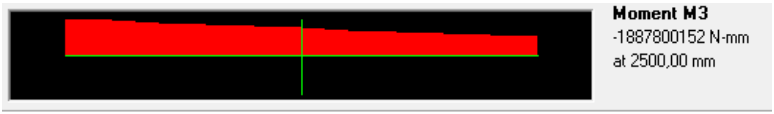
26829,38 kg ≤ 0,75 . 442800 kg
26829,38 kg ≤ 332100 kg

➢ Kontrol lendutan

$(5L^2)[Ms-0,1(Ma+Mb)]/(48EI)$

Ms = Momen di tengah lapangan
Ma = Momen tumpuan
Mb = Momen Tumpuan

Ma = 2514721190 Nmm



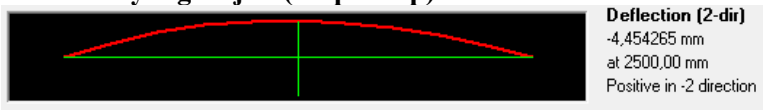
Ms = 1887800152 Nmm

Mb = 1322568704 Nmm

Lendutan yang terjadi

$= (5L^2)[Ms-0,1(Ma+Mb)]/(48EI)$
$= (5.5000^2)[\ 1887800152 - 0,1(1322568704+1322568704)]/(48\ .\ 2x10^5\ .\ 6640920000\ cm^4)$
= 2,9 mm

Lendutan yang terjadi(output sap)



= 4,4 mm

Batas lendutan Maksimal (SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4-1)

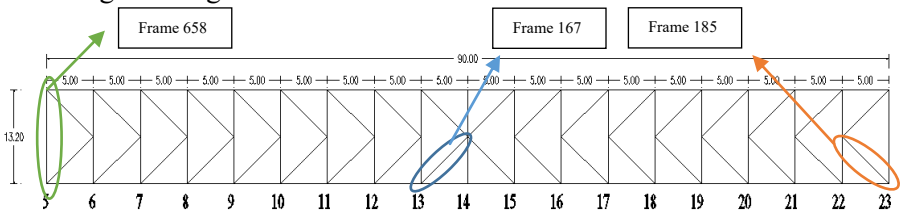
L/240 = 5000 /240 = 20 mm > 4,4 mm (OK)

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
PERENCANAANSTRUKTUR SEKUNDER

5.1 Ikatan Angin Atas

Bentuk konstruksi ikatan angin atas diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang. Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur.



Gambar 5.1 Ikatan angin atas

Ikatan angin atas dipasang mulai dari AS 5 sampai AS 23. Untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban P yang besarnya diambil rata – rata dari jumlah beban W (beban angin).

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

- **Profil WF 250 x 250 x 14 x 14 (Frame 658)**

  Batang melintang merupakan profil yang menghubungkan dua sisi jembatan arah melintang. Sehingga dalam kontrol keuatan profil diasumsikan sebagai batang lentur.

  Digunakan mutu baja BJ-55,

A	=	104,7	cm^2 ;	g	=	82,2	kg/m
d	=	250	mm;	i_x	=	10,5	cm
b	=	250	mm;	i_y	=	6,09	cm
tw	=	14	mm;	Ix	=	11500	cm^4
tf	=	14	mm;	Iy	=	3880	cm^4
Zx	=	919	cm^3;	Zy	=	304	cm^3
fy	=	410	Mpa;	x1 = 25899,68779 cm^4			
fu	=	500	Mpa;	x2 = 0,000018 cm^4			
E	=	200.000	Mpa;	Cw = 63525 x $10^7 cm^3$			
J	=	686000	cm^3;	F_R	=	70	Mpa

Kontrol Kekuatan Lentur
Kontrol Penampang

a. Badan :

h = d – 2 (t f + r)
= 250 – 2 (14 + 16) = 208 mm

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{190}{14} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}} = 13.57 \leq 82,97 \rightarrow \text{Ok}$$

b. Sayap :

$$\frac{b}{2\,t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{250}{28} \leq \frac{170}{\sqrt{410}} = 8 \leq 8,3 \rightarrow \text{OK}$$

Karena penampang kompak, maka

Mp = Zx . fy

Zx = b.tf.(d-tf)+1/4.tw.(d-2tf)^2

= 250.14.(250-14)+1/4.14.(250-2 . 14)^2 = 998494 mm^3

Mp = Zx . fy = 998494 mm^3 . 410 N/mm^2

= 409382540 Nmm = 409,383 kNm

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$= 1,76 \text{ x } 6,09 \text{ x } \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

= 236,73 cm

Lb = 13,2 m = 1320 cm

$$Lr = iy \left(\frac{X1}{fL}\right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + X2 \,.\, fL^2}}$$

$$Lr = 60{,}9\left(\frac{25899{,}68779}{410-70}\right)\sqrt{1+\sqrt{1+0{,}000018\,.\,(410-70)^2}}$$

= 45135,693 mm

= 4513,57 cm

Lp ≤ L≤ Lr → Bentang Menengah

236,73 cm ≤ 1320 cm ≤ 4513,57 cm

Maka :

$$Mn = Cb\left[Mr + (Mp - Mr)\frac{Lr-L}{Lr-Lp}\right] \leq Mp$$

$$Cb = \frac{12{,}5\,Mmax}{2{,}5\,Mmax+3\,Ma+4\,Mb+3\,Mc}$$

Dari output sap didapatkan:

Mmax = 32,08 kN.m

Ma = Momen ¼ bentang = 3,4 kN.m

Mb = Momen ½ bentang = 15 kN.m

Mc = Momen ¾ bentang = 25,78 kN.m

$$Cb = \frac{12{,}5\,.\,32{,}08\ \text{kN.m}}{2{,}5\,(32{,}08\ \text{kN.m})+3\,(3{,}4\ \text{kN.m})+4(15\ \text{kN.m})+3\,(25{,}78\ \text{kN.m})} = 1{,}76$$

Mr = (fy – fR) . Sx

= (410 Mpa – 70 Mpa) . 919000 mm^3 = 312460000 Nmm

= 312,46 kNm

$$Mn = 1{,}76\left[312{,}46 + (409{,}383 - 312{,}46)\frac{45{,}13-13{,}2}{45{,}13-2{,}36}\right]$$

= 538,26 kN.m

Kapasitas momen φMn = 0,9 x Mn

= 0,9 x 409,38 kN.m

= 368,44 kN.m

Syarat : φMn > Mu

368,44 kN.m > 32,08 kN.m → Ok

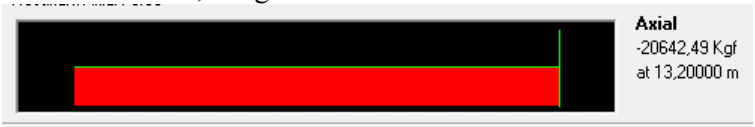
Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi

Kontrol sambungan :

Dari output Sap gaya batang maksimum yang bekerja

Kombinasi ul.1 kel 27

Sh = 20642,49 kg



Sambungan Batang Horizontal ke Pelat Simpul

- Pakai Baut
  d = 12,7 mm
  f_u^b = 8250 kg/cm^2 → A 325
- Pakai Plat Simpul dengan tebal
  t = 15 mm
  f_u^p = 3700 kg/cm^2 → BJ 37

Kekuatan Ijin 1 Baut :

- Kekuatan Geser (φRn)

  φRn = 0.75 x r1 x fu x Abaut x m

  = 0.75 x 0,4 x 8250 x (1/4.π (1,27)^2) x 2

  = 6273 kg
- Kuat Tumpu (φRn)

  φRn = 0.75 x n x db x tp x fu

  = 0,75 x 2,4 x (1/4.π (1,27)^2) x 1,5 x 3700

  = 12687 kg

Jumlah Baut yang dibutuhkan :

- $n = \frac{Vu}{\varphi Rn} = \frac{20642{,}49\ kg}{6273\ kg}$ = 3,3 baut →4 baut

Kontrol jarak baut:

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

Jarak ke tepi = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

1,5 db = 1,5 . 12,7 mm = 19 mm

4tp+100 = 4 . 15mm + 100 = 160 mm

→Pakai 10 cm

Jarak antar baut = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

2,5 db = 2,5 . 12,7mm = 31,75 mm

15 tp = 1,5 . 15 mm = 22,4 mm→Pakai 10 cm

Kontrol kekuatan pelat:

Pelat yang digunakan = L 150 15
Diameter baut = 12,7 mm
Banyaknya baut = 3 baut
Luas penampang bruto (Ag)
Ag = L x tb
= 15 x 1,5 = 22,5 cm^2
Kuat Leleh (ΦPu)
Φpu = 0,9 x Ag x fy
= 0,9 x 22,5 x 2400 = 48600 kg
Ø perlemahan = 12,7 + 2 = 14,7 mm
Luas penampang netto (Anet)
Anet = Ag -(jumlah baut x dl x tp)
= 22,5 – (x 1,27 x 1,5) = 14,88 cm^2
Ru baut = n . ØRn
= 4 . 6273 kg = 25092,12 kg
Ru plat = Φ . Anet . Fu
= 0,75 . 14,88 . 3700 = 41292 kg
Ru plat > Ru baut
41292 kg > 25092,12 kg

Sambungan pelat dengan batang atas (las)

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :
Maksimum = tebal pelat – 1,6 = 15 – 1,6 = 13,4 mm
Minimum = 5 mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)
Mutu las = 490 Mpa
Maka digunakan ukuran las = 10 mm
te = 0,707 . a = 0,707 x 10 = 7.07 mm
Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang
Las φRnw = 0,75 . te. (0,60. fuw) → Mutu las f_{uw} = 490 Mpa
= 0,75 . 7,07 . 0,60 . 490 = 1.559,00 N/mm

Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat
Bahan dasar φRn = 0,75 . te . (0,60. fu)
= 0,75 . 7,07 . (0,6 x 370) = 1177,2 N/mm
Beban tarik terfaktor, T_u
T_u = 20642,49 kg
fu las = 490 Mpa
fu plat = 370 Mpa
Panjang total las yang dibutuhkan, L_w

$$Lw = \frac{Tu}{\varphi\, Rnw} = \frac{206424{,}9\ N}{1559\ N/mm} = 132{,}42\ mm$$

- **Untuk profil ikatan angin atas diagonal digunakan profil:**
  Batang Tekan Komb. Ul 4(Ey 100%)

P = 50,13 ton (tekan) frame 167
Profil yang dipakai : 2L 200 200 15

A	=	115,5 cm^2	w =	90,67	kg/m
d	=	200 mm	i_x=	6,14	cm
b	=	200 mm	i_y=	8,63	cm
tb	=	15 mm	fy=	410	MPa
tf	=	15 mm	Iy =	8601,58	cm^4
e	=	5,47cm	Ix =	4360	cm^4
Sx	=	299,86cm^3	Sy=	417,55	cm^3

➢ Kontrol Penampang :
- Pelat sayap :

$$\frac{B}{2tf} = \frac{200}{2\times 15} = 6{,}7$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12{,}35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow OK$$

Panjang tekuk :
L = 8,28146 m = 828,146 cm

L_k = k_c x L = 1 x 8,28 = 8,28 m

Di mana, kc = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{828}{6,14} = 134,88$ ➔ menentukan

$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{828}{8,63} = 95,96$

$\lambda = \lambda_x = 134,88$

$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{134,88}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}}$

= 1,9

Untuk nilai : λ c ≥ 1,5 → Nn = $\frac{(0,88)}{\lambda c^2}$. Ag . fy

(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

Nn = $\frac{(0,88)}{\lambda c^2}$. Ag . fy

= $\frac{(0,88)}{1,9^2}$. 115,5 cm^2 . 4100 kg/cm^2

= 110374 kg

- Kontrol

Nu ≤ ϕn . Nn (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)

Dengan pengertian:

ϕn = 0,85 (faktor reduksi → RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

$Nn = (0,66^{\lambda c^2})$. Ag . fy

(kuat tekan terfaktor→ RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

Nu ≤ ϕn . Nn

50137 kg ≤ 0,85. 110374 kg

50137 kg ≤ 93817,92 kg → OK

Batang Tarik Komb. Ul 1 kel127

P = 40,2975 ton (tarik) frame 185

Panjang tekuk :

L = 8,65217 m = 865,217 cm

L_k = k_c x L = 1 x 8,65 = 8,65 m

Di mana, kc = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\lambda = \frac{Lk}{r} = \frac{865}{6,14} = 140,13 \leq 300 \text{ OK (RSNI-T-03-2005 Psl 5.3.3)}$$

- Perencanaan:

a. Kekuatan Baja
   - Pelat BJ 37 Fy = 240 Mpa
     Fu = 370 Mpa
   - Baut A325 Fu^b = 825 Mpa

b. Beban Tarik terfaktor = 40297,5 kg

c. Sambungan tipe tumpu
   Rencana baut d = 7/8" = 7/8 . 25,4mm = 22,23mm
   d1 = 22,23 mm + 2 = 24,23mm

c1. Tinjau terhadap kekuatan geser (ØRn)
   ØRn = 0,75 . m. r1 . fub . Ab
   = 0,75 . 2 . 0,4 . 825 . 388,1
   = 192112 N = 19,21 ton

c2. Tinjau terhadap kekuatan tumpu (ØRn)
   ØRn = 0.75 x n x db x tp x fu
   (tp) = 15 mm (Tebal pelat terkecil)

n = 2,4 (berlaku untuk semua jenis lobang baut)

ØRn = 0.75 x n x db x tp x fu

= 0,75 x 2,4 x 22,23 x 15 x 370

= 222028 N = 22,2 Ton

c3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$n = \frac{Ru}{ØRn} = \frac{40{,}3\ ton}{19{,}21\ ton} = 2{,}1 \rightarrow 3$ baut

c4. Sambungan tipe friksi

ØRn = 1,13 . μ . m . Tb

Dimana:

μ = 0,35

(koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih)

m = 2 (jumlah bidang geser)

tb = 39 kips = 173,55 kN

(gaya tarik baut min. 7/8",tabel 6 Tamrin Modul 6 sesi1)

φ = 1 (faktor reduksi kekuatan untuk lobang standart)

Rn = 1,13 . μ . m . Tb

= 1,13 . 0,35 . 2 . 173,55 = 137,278 kN

φRn = 1,0 . Rn = 1,0 . 137,278 kN = 13,728 ton

jumlah baut yang diperlukan pada sambungan tipe friksi,

nb $= \frac{Ru}{ØRn} = \frac{40{,}3\ ton}{13{,}728\ ton} = 2{,}9 \rightarrow 4$ baut

- Kontrol jarak baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm (RSNI T-03-2005 tabel 13)

1,5 db = 1,5 . 22,23 mm = 33 mm

4tp+100 = (4 . 15 mm +100) = 160 mm
→ 8cm
Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
2,5 db = 2,5 . 22,23 mm = 67 mm
(RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)
15 tp = 15 . 15 mm = 225 mm
→ 10cm

- Kontrol tahanan nominal batang tarik

Menurut RSNI T-03-2005 pasal 5.1 kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah dibeberapa kondisi berikut ini:

- Kuat tarik nominal berdasarkan kelelehan penampang bruto

Nn = Ag . fy
= 115,5 cm^2. 4100 kg/cm^2 = 473550 kg
ϕ Nn = 0,9 . 473550 kg = 426195 kg > 40297,5 kg

- Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur penampang efektif

Nn = Ae . fu
Ant = Ag – (n. dbaut . t)
= 115,5 cm^2 – 1 . 1,5 . 1,5 = 113 cm^2
U = $1 - \frac{e}{L} = 1 - \frac{5,47}{865} = 0,99$
Ae = Ant . U
= 113 cm^2 . 1 = 113 cm^2
Nn = Ae . fu
= 113 cm^2. 5500 kg/cm^2
= 623122,5 kg
ϕ Nn = 0,75 . 623122,5 kg = 467341,5 kg > 40297,5 kg

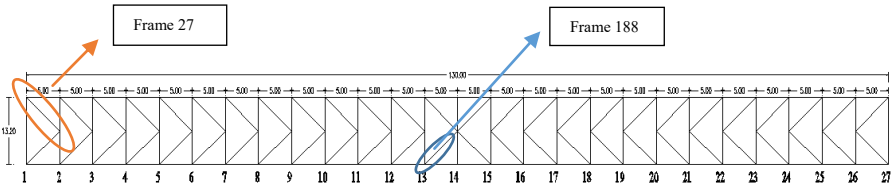
- Kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan repture penampang

Agv = m . (s1+s+s) . tp
= 2 . 210 . 15 = 6300 mm^2

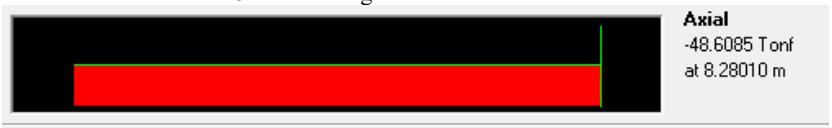
Anv = Agv – m. 2 ½ . d1 . tp
= 6300 – 2 . 2,5 . 24,23 . 15 = 4483,125 mm^2
Agt = s1 . tf . jumlah bidang
= 5 . 1,5 . 2 = 15 cm^2 =1500 mm^2
Ant = Agt – m . ½ . d1 . tp
= 1500 – 2 . ½ . 24,2 . 15
= 1136,625 mm^2
Fu . Ant = 370 Mpa . 1136,625 mm^2 = 420551,3 N
0,6 .fu . Anv= 0,6 . 370Mpa . 4483,12 mm^2 = 995253,8 N
Untuk 0,6 .fu . Anv > Fu . Ant (RSNI T-03-2005 5.1-7)
Nn = 0,6 .fu . Anv + Agt . fy
= 995253,8 N + 1500 mm^2 . 240 Mpa
= 1355253,8 N = 135,5 ton
ϕ Nn = 0,75 . 135,5 ton = 101,644 ton > 40,297ton

5.2 Ikatan Angin Bawah

Ikatan angin bawah terdiri dari batang Tarik dan tekan, berikut penjabarannya



Gambar 5.2 Ikatan angin bawah



P = 48,6085 ton (tekan) frame 27

Profil yang dipakai : 2L 200 200 15

A	=	115,5 cm^2	w =	90,67	kg/m
d	=	200 mm	i_x =	6,14	cm
b	=	200 mm	i_y =	8,63	cm
tb	=	15 mm	fy =	410	MPa
tf	=	15 mm	Iy =	8601,58	cm^4
e	=	5,47cm	Ix =	4360	cm^4
Sx	=	299,86cm^3	Sy =	417,55	cm^3

➢ Kontrol Penampang :

- Pelat sayap :

$$\frac{B}{2tf} = \frac{200}{2\times 15} = 6{,}7$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12{,}35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk :

L = 8,2801 m = 828,01 cm

L_k = k_c x L = 1 x 8,28 = 8,28 m

Di mana, kc = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1

➢ Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{828}{6,14} = 134,85$ ➔ menentukan

$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{828}{8,63} = 95,96$

$\lambda = \lambda_x = 134,88$

$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{134,88}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}}$

$= 1,94$

Untuk nilai : λ c $\geq 1,5$ $\rightarrow$ Nn $= \frac{(0,88)}{\lambda c^2}$. Ag . fy

(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

  Nn $= \frac{(0,88)}{\lambda c^2}$. Ag . fy

  $= \frac{(0,88)}{1,94^2}$. 115,5 cm^2 . $4100\ kg/cm^2$

  = 110410,28 kg

- Kontrol

  Nu $\leq \phi n$. Nn (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)

  Dengan pengertian:

  ϕn = 0,85 (faktor reduksi $\rightarrow$ RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

  $Nn = (0,66^{\lambda c^2})$. Ag . fy

  (kuat tekan terfaktor$\rightarrow$ RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

  Nu $\leq$ ϕn . Nn

  48609 kg $\leq$ 0,85. 110410,28 kg

  48609 kg $\leq$ 93848,73 kg $\rightarrow$ OK

Batang Tarik Komb. Ul 1 kel 1

P = 95,2295 ton (tarik) frame 188

Panjang tekuk :

L = 8,2801 m = 828,01 cm

L_k = k_c x L = 1 x 8,28 = 8,28 m

Di mana, kc = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\lambda = \frac{Lk}{r}$$

$$= \frac{828}{6,14} = 134,85 \leq 300 \text{ OK (RSNI-T-03-2005 Psl 5.3.3)}$$

- Perencanaan:

a. Kekuatan Baja
   - Pelat BJ 37 Fy = 240 Mpa
     Fu = 370 Mpa
   - Baut A325 Fu^b = 825 Mpa

b. Beban Tarik terfaktor = 95229,5 kg

c. Sambungan tipe tumpu

Rencana baut d = 1" = 1 . 25,4mm = 25,4 mm

d1 = 25,4 mm + 3 = 28,4 mm

c1. Tinjau terhadap kekuatan geser (ØRn)

ØRn = 0,75 . m. r1 . fub . Ab
= 0,75 . 2 . 0,4 . 825 . 506,9
= 250921 N = 25,09 ton

c2. Tinjau terhadap kekuatan tumpu (ØRn)

ØRn = 0.75 x n x db x tp x fu

(tp) = 15 mm (Tebal pelat terkecil)
n = 2,4 (berlaku untuk semua jenis lobang baut)
ØRn = 0.75 x n x db x tp x fu
= 0,75 x 2,4 x 25,4 x 15 x 370
= 253746 N = 25,37 Ton

c3. Jumlah baut
yang menentukan akibat geser
$n = \frac{Ru}{ØRn} = \frac{95{,}2\ ton}{25{,}09\ ton} = 3{,}8 \rightarrow 4$ baut

c4. Sambungan tipe friksi
ØRn = 1,13 . μ . m . Tb
Dimana:
μ = 0,35
(koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih)
m = 2 (jumlah bidang geser)
tb = 51 kips = 226,95 kN
(gaya tarik baut min. 1",tabel 6 Tamrin Modul 6 sesi1)
φ = 1 (faktor reduksi kekuatan untuk lobang standart)
Rn = 1,13 . μ . m . Tb
= 1,13 . 0,35 . 2 . 226,95 = 179,517 kN
φRn = 1,0 . Rn = 1,0 . 179,517 kN = 17,952 ton
jumlah baut yang diperlukan pada sambungan tipe friksi,
nb $= \frac{Ru}{ØRn} = \frac{95{,}2\ ton}{17{,}92\ ton} = 5{,}3 \rightarrow 6$ baut

- Kontrol jarak baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3
Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm (RSNI T-03-2005 tabel 13)
1,5 db = 1,5 . 25,4 mm = 33 mm

4tp+100 = (4 . 15 mm +100) = 160 mm → 8cm
Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
2,5 db = 2,5 . 25,4 mm = 76 mm
(RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)

d. tp = 15 . 15 mm = 225 mm → 10cm

- Kontrol tahanan nominal batang tarik

Menurut RSNI T-03-2005 pasal 5.1 kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah dibeberapa kondisi berikut ini:

- Kuat tarik nominal berdasarkan kelelehan penampang bruto

Nn = Ag . fy
= 115,5 cm^2. 4100 kg/cm^2 = 473550 kg
ϕ Nn = 0,9 . 473550 kg = 426195 kg > 95229,5 kg

- Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur penampang efektif

Nn = Ae . fu
Ant = Ag – (n. dbaut . t)
= 115,5 cm^2 – 2 . 2,8 . 1,5 = 106,98 cm^2
U = $1 - \frac{e}{L} = 1 - \frac{5,47}{828,01} = 0,99$
Ae = Ant . U
= 106,98 cm^2 . 1 = 106,98 cm^2
Nn = Ae . fu
= 106,98 cm^2. 5500 kg/cm^2
= 588390 kg
ϕ Nn = 0,75 . 588390kg = 441292,5 kg > 95229,5 kg

- Kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan repture penampang

Agv = m . (s1+s) . tp
= 2 . 180 . 15 = 5400 mm^2

Anv = Agv – m. 1 ½ . d1 . tp
= 5400 – 2 . 1,5 . 28,4 . 15 = 4122 mm^2
Agt = s1 . tf . jumlah bidang
= 8 . 1,5 . 2 = 24 cm^2 =2400 mm^2
Ant = Agt – m . ½ . d1 . tp
= 2400 – 2 . ½ . 28,4 . 15
= 1974 mm^2
Fu . Ant = 370 Mpa . 1974 mm^2 = 730380 N
0,6 .fu . Anv= 0,6 . 370Mpa . 4122 mm^2 = 915084 N
Untuk 0,6 .fu . Anv > Fu . Ant (RSNI T-03-2005 5.1-7)
Nn = 0,6 .fu . Anv + Agt . fy
= 915084N + 2400 mm^2 . 240 Mpa
= 1491084 N = 135,5 ton
ϕ Nn = 0,75 . 135,5 ton = 111,83 ton > 95,2295ton

5.3 Perencanaan Sambungan

5.3.1 Sambungan Gelagar Melintang – Gelagar Memanjang

Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi

Kekuatan geser baut :

Sambungan tipe friksi

ØRn = 1,13 . μ . m . Tb

Dimana:

μ = 0,35

(koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih)

m = 2 (jumlah bidang geser)

(gaya tarik baut min. 1",tabel 6 Tamrin Modul 6 sesi1)

φ = 1 (faktor reduksi kekuatan untuk lobang standart)

Data – data perencanaan :

- Profil gelagar melintang WF 900.300.18.34
- Profil gelagar memanjang WF 450.200.9.14
- Pelat penyambung → tp = 10 mm ; BJ 55
- Baut → db = mm ; A325
  Φ lubang =30 + 2 = 32 mm (dibor)
- Sambungan pada gelagar memanjang (1 bidang geser)
  Kekuatan ijin 1 baut :
  φ Rn = 1,13 . φ . μ . m . Tb
  = 1,13 . 1 . 0,35 . 2 . 33500
  = 26498,5 kg
  Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.
  Pu = 66406,1 kg/2 = 33203,05 kg
  Jumlah baut yang diperlukan adalah :
  $n = \frac{33203{,}05\ \text{kg}}{26498{,}5\ \text{kg}} = 1{,}25 \approx 2$ baut
  Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :(d = 3,0 cm)
  RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3
  Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
  (RSNI T-03-2005 tabel 13)

1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm
4tp+100 = (4 . 10 mm +100) = 140 mm
→ 8cm
Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
2,5 db = 2,5 . 30 mm = 75 mm
(RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)
15tp = 15 . 10 mm = 150 mm
→10 cm

- Sambungan pada gelagar melintang

Kekuatan ijin 1 baut :

φ Rn = 1,13 . φ . μ . m . Tb
= 1,13 . 1 . 0,35 . 2 . 33500
= 26498,5 kg

Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.

Pu = 79844.16 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$n = \frac{79844.16\ kg}{26498,5\ kg}$ = 3,01 ≈ 4 baut (2 sisi)

masing-masing sisi 2 buah baut

- Kontrol Pelat siku

- Luas geser pelat siku L 100.100.10

Anv = L_{nv} x t_L
= A – n x d_1 x t_L
= 36 cm^2 – 2. 1 ½ . 3,2 . 1
= 26,4 cm^2

- Kuat rencana

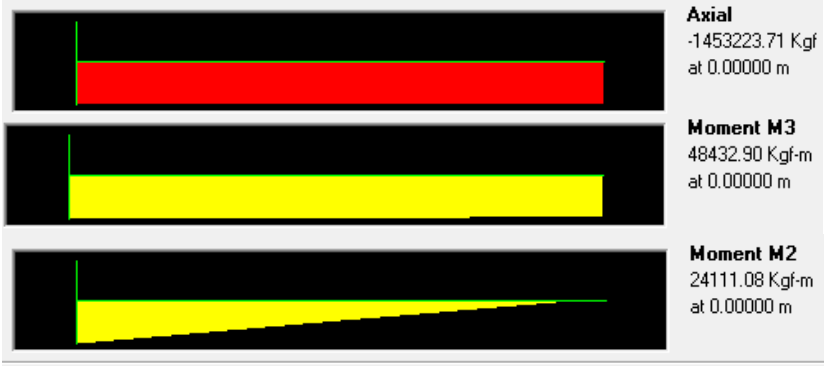
φ Pn = φ x 0,6 x fu x Anv
= 0,75 x 0,6 x 5500 x 26,4
= 65340 kg

Karena 2 siku maka:

2 φ Rn > Pu
2 x 65340 > 79844,16 kg
130680 kg > 79844,16 kg → **OK**

5.3.2 Sambungan Busur Batang Atas

Direncanakan busur box dimensi 1200 x 800 x 20 x 20



Desain sambunggan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000 sebagai berikut :

Nux = 1453223,7 kg
Mux = 48432,9 kg.m
Muy = 24111,08 kg.m

Alat penyambung yang dipakai adalah :

- Baut → d_b = 30 mm ; A 325
- Pelat → t_p = 20 mm ; BJ 55
  - Kekuatan ijin 1 baut :
    Vn = 1,13 x μ x m x Tb
    = 1,13 x 0,35 x 1 x 33500
    = 132493 kg
    Vd = φ_f x Vn
    = 1 x 132493 kg
    = 132493 kg
  - Jumlah baut yang dibutuhkan web

$$n = \frac{Nu}{4.Ru} + \sqrt{\frac{6.Mux}{\mu.Ru}} = \frac{1453223,7}{4.132493} + \sqrt{\frac{6.48432,9}{0,35.132493}} = 35,3$$

= 36 baut

- Jumlah baut yang dibutuhkan flens

$$n = \frac{Nu}{4.Ru} + \sqrt{\frac{6.Muy}{\mu.Ru}} = \frac{1453223,7}{4.132493} + \sqrt{\frac{6.24111,08}{0,35.132493}}$$

=33,01= 36 baut

Maka jumlah baut yang dipakai = 70

- Kontrol jarak baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
(RSNI T-03-2005 tabel 13)

1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm

4tp+100 = (4 . 20 mm +100) = 180 mm
→ 10cm

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

2,5 db = 2,5 . 30 mm = 75 mm
(RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)

15tp = 15 . 20 mm = 300 mm
→ 12cm

5.3.3 Sambungan Busur Batang Bawah

Direncanakan busur box dimensi 1200 x 600 x 30 x 30

Desain sambunggan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000 sebagai berikut :

Nux = 1344532,54 kg

Mux = 44435,64 kg.m
Muy = 17398,41 kg.m
Alat penyambung yang dipakai adalah :

- Baut → d_b = 30 mm ; A 325
- Pelat → t_p = 20 mm ; BJ 55
  - Kekuatan ijin 1 baut :
    Vn = 1,13 x μ x m x Tb
    = 1,13 x 0,35 x 1 x 33500
    = 132493 kg
    Vd = φ_f x Vn
    = 1 x 132493 kg
    = 132493 kg
  - Jumlah baut yang dibutuhkan web

$$n = \frac{Nu}{4.Ru} + \sqrt{\frac{6.Mux}{\mu.Ru}} = \frac{1453223,7}{4.132493} + \sqrt{\frac{6.44435,64}{0,35.132493}} = 32,9$$

= 35 baut

  - Jumlah baut yang dibutuhkan flens

$$n = \frac{Nu}{4.Ru} + \sqrt{\frac{6.Muy}{\mu.Ru}} = \frac{1453223,7}{4.132493} + \sqrt{\frac{6.17398,41}{0,35.132493}}$$

=30,11= 30baut
Maka jumlah baut yang dipakai = 64

  - Kontrol jarak baut
    RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3
    Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
    (RSNI T-03-2005 tabel 13)
    1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm
    4tp+100 = (4 . 20 mm +100) = 180 mm
    →10cm
    Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
    2,5 db = 2,5 . 30 mm = 75 mm
    (RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)
    15tp = 15 . 20 mm = 300 mm
    → 12cm

5.3.4 Sambungan Busur dan Gelagar Melintang

Data-data perencanaan:

Profil gelagar melintang WF 900.300.18.34

Profil box 600 x 1200 x 30

Pelat penyambung → tp = 20 mm ; BJ 55

Baut → db = 30 mm ; A325

Φ lubang = 30 + 2 = 32 mm (dibor)

Sambungan pada box (1 bidang geser)

Kekuatan ijin 1 baut :

φ Rn = 1,13 . φ . μ . m . Tb

= 1,13 . 1 . 0,35 . 1 . 33500

= 13249,25 kg

Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar melintang ke box

Pu = 126276.25 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$n = \frac{126276.25/2\ kg}{13249,25\ kg} = 4,76 \approx 5$ baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm (RSNI T-03-2005 tabel 13)

1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm

4tp+100 mm→50cm = (4 . 20 mm +100) = 180

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

2,5 db = 2,5 . 30 mm = 75 mm (RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)

15tp mm→100cm = 15 . 20 mm = 300

Sambungan pada gelagar melintang (2 bidang geser)

Kekuatan ijin 1 baut :

φ Rn = 1,13 . φ . μ . m . Tb

= 1,13 . 1 . 0,35 . 2 . 33500

= 26498,5 kg

Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar melintang ke box

Vu = 24015,77 kg

Jumlah baut yang diperlukan adalah :

$n = \frac{24015{,}77 \text{ kg} / 2}{26498{,}5 \text{ kg}} = 0{,}43 \approx$ pasang 2 baut

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :(d = 3,0 cm)

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm (RSNI T-03-2005 tabel 13)

1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm

4tp+100 = (4 . 20 mm +100) = 180 mm→150cm

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

2,5 db = 2,5 . 30 mm = 75 mm (RSNI T-03-2005 pasal 11.5.1)

15tp = 15 . 20 mm = 300 mm→200cm

- Kontrol Pelat siku
  - Luas geser pelat siku L 200 x 20

    Anv = $L_{nv} \times t_L$
    = $A - n \times d_1 \times t_L$
    = 60 – 2. 1 ½ . 3,2 . 1
    = 50,4 cm^2
  - Kuat rencana

    φ Pn = φ x 0,6 x fu x Anv
    = 0,75 x 0,6 x 5500 x 50,4
    = 124740 kg

    Karena 2 siku maka:

    2 φ Rn > Pu

    2 x 124740 > 79844,16 kg

    249480 kg > 79844,16 kg → **OK**

5.4 Perencanaan Perletakan

5.4.1 Perencanaan Perletakan Sendi

Direncanakan perletakan baja

- Mutu baja = BJ 55 (fy = 410 MPa ; fu = 550 MPa)
- Mutu beton = fc' = 35 Mpa

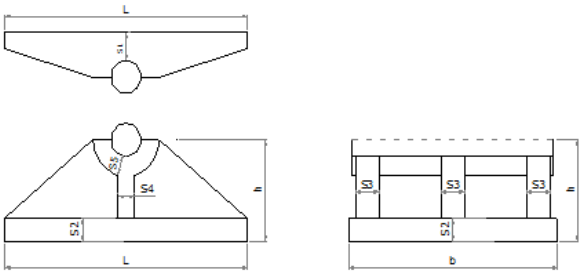
Pada konstruksi jembatan ini menggunakan perletakan sendi dan rol. Untuk jenis ukuran dari kursi penumpu engsel dan rol dapat ditentukan menurut cara yang di berikan oleh Muller – Breslau berdasarkan literatur Djembatan , Ir.H.J.Struyk hal 249.

Tabel 5.1 Muller – Breslau

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{b}{aS_3}$	W
3	4	$0{,}2222\ ah^2S_3$
4	4,2	$0{,}2251\ ah^2S_3$
5	4,6	$0{,}2236\ ah^2S_3$
6	5	$0{,}2315\ ah^2S_3$

Jika jumlah rusuk = a maka , S2 dan S3 dapat ditentukan dari daftar diatas. Perbandingan $\frac{h}{S_2}$ hendaknya diambil antara 3 dan 5, sedangkan tebal $S_4 = \frac{h}{6}$ dan $S_5 = \frac{h}{4}$ dan untuk mencari nilai $S_1 = . \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3PI}{b\sigma_b}}$

adapun sketsa perletakan seperti gambar di bawah ini



Gambar 5.3 Detail perletakan sendi

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan (pada pilar).

- H = 122383,7 kg
- V = 1186168,5 kg

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{fc'} = \frac{1186168,5}{350} = 3389,05 \text{ cm}^2$$

Direncanakan L = 100 cm, maka

$$b = \frac{F}{L} = \frac{3389,05}{100} = 33,89 \text{ cm}$$

Ambil b = 100 cm = L= 100 cm

Direncanakan dimensi bantalan dengan panjang (L) = 100 cm dan lebar (b) = 100 cm, serta bantalan landasan yang berbatasan langsung dengan beton. Maka ukuran – ukuran dari perletakan dapat ditentukan :

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \text{ x } \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times fy}} = 0,5 \text{ x } \sqrt{\frac{3 \text{ x } 1186168,5 \text{ x } 100}{100 \text{x } 4100}}$$

$$= 14,73 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 20$ cm

$W.\sigma baja = M\max$

Mmax $= \frac{V}{2}$ x $\frac{b}{4} = \frac{1186168,5}{2}$ x $\frac{100}{4}$

$=14827106,25$ kgcm

W $= \frac{M\max}{\sigma_{baja}} = \frac{14827106,25}{4100} = 3616,37$ cm^3

a direncanakan 2 buah

dari Tabel 10.1 diambil nilai $\frac{h}{s2} = 4$, jadi $\frac{b}{a.S_3} = 4.2$

dan W = 0,2251 ah^{2}S$_3$, maka:

S$_3$ = $\frac{b}{a \times 4,2} = \frac{100}{2 \times 4,2} = 11,9 = 12$ cm

h^2 = $\frac{W}{0,2251 \times a \times S3} = \frac{3616,37}{0,2251 \times 2 \times 12} = 669,4$

h = 25,8 cm dipakai 30 cm

S$_2$ = $\frac{h}{4} = \frac{30}{4} = 7,5$ cm di pakai 8 cm

S$_4$ = $\frac{h}{6} = \frac{30}{6} = 5$ cm di pakai 5 cm

S$_5$ = $\frac{h}{4} = \frac{30}{4} = 7,5$ cm di pakai 8 cm

Dari hasil perhitungan didapatkan :

S$_1$ = tinggi pelat penumpu atas sendi	= 20	cm
S$_2$ = tebal pelat pemumpu perletakan	= 8	cm
S$_3$ = tebal pelat penyokong Vertikal	= 12	cm
S$_4$ = tebal pelat vertikal penumpu	= 5	cm
S$_5$ = tebal pelat lengkung penumpu	= 8	cm

- Perhitungan diameter engsel
  Didapatkan L = 100 cm

$r = 0{,}8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} \times L} = 0{,}8 \text{ x } \frac{1186168{,}5}{4100 \; x \; 100} = 2{,}314$ cm

diambil, r = 10 cm

$d_1 = 2.r = 2 \text{ x } 10 = 20$ cm

$d_2 = d_1 + (2 \text{ x } 2{,}5) = 20 + (2 \text{ x } 2{,}5) = 25$cm

$d_3 = \frac{d_2}{4} = 6{,}25 \approx 7$ cm

- Kontrol Kekuatan Engsel

  Syarat : → Engsel harus mampu menahan geser

  $(a.S_3) \; . \; d1 \; . \; fy \; > V$

  (2 x 12) x 20 x 4100 > 1186168,5

  1968000 kg > 1186168,5 kg … OK

- Perhitungan Pengangkuran Sendi

  H = 122383,7 kg

  Mutu baut A490

  fy = 825 MPa

  fu = 1035 MPa

  d_b = 22 mm → M-22

  Mutu pelat BJ-55

  fy = 410 MPa

  fu = 550 MPa

  tp = 50 mm

  - Kekuatan geser baut

    φVd = 0,75 . m. r1 . fub . Ab

    = 0,75 . 1 . 0,4 . 1035 . ¼ . 3,14 . $2{,}2^2$

    = 11803,12 kg (menentukan)

  - Kekuatan tumpu baut

    φRd = 0,75 x 2,4 x d_b x t_p x f_{up}

    = 0,75 x 2,4 x 2.2 x 5 x 5500

    = 108900 kg

  Vd = 11803,12 kg (diambil yang terkecil)

Jumlah baut yang diperlukan

- $n = \frac{Vu}{Vd} = \frac{122383,7}{11803,12} = 11$ baut

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

$3d_b \leq S \leq 15t_p$

$1,5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

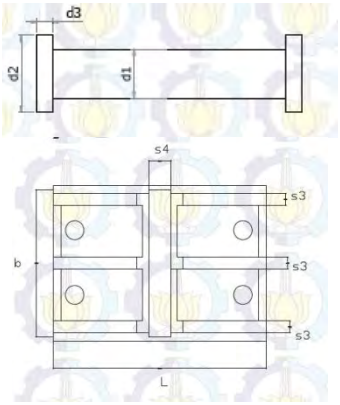
$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$ atau 150 mm

Jadi :

66 mm $\leq$ 80 $\leq$ 750 mm

33 mm $\leq$ 50 $\leq$ 300 mm atau 200 mm

27.5 mm $\leq$ 50 $\leq$ 600 mm atau 150 mm



Gambar 5.4 Detail perletakan pen sendi dan letak baut angker

Perencanaan Perletakan Rol

Direncanakan perletakan baja

- Mutu baja = BJ 55 (fy = 410 MPa ; fu = 550 MPa)
- Mutu beton = fc' = 35 Mpa

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi :

- H = 0 kg
- V = 1179640,1 kg

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b} = \frac{1179640,1}{350} = = 3370,4 \text{ cm}^2$$

$$b = \frac{F}{L} = \frac{3370,4}{100} = = 33,7 \text{ cm}$$

Ambil b = 100 cm

L = 100 cm

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times fy}}$$

$$= 0,5 \text{ x } \sqrt{\frac{3 \text{ x } 1179640,1 \text{ x } 100}{100 \text{ x } 4100}} = 14,69 \text{ cm}$$

Ambil S_1 = 15 cm

- Garis tengah gelinding

Direncanakan jari-jari gelinding (r_1) = 10 cm

$$Б = \frac{1}{2r1} = 0,05$$

$$\gamma^2 = 0,75 \text{ x } 10^6 \text{ x } \frac{p.\ell}{L}$$

$$= 0,75 \text{ x } 10^6 \text{ x } \frac{1179640,1 \text{ . } 0,05}{100}$$

$$= 442365037,5 \text{ kg/cm}^3$$

$$d_4 = \frac{0{,}75 \times 10^6 \times P}{L \times \gamma^2} = \frac{0{,}75\ x\ 10^6\ x\ 1179640{,}1}{100\ x\ 4423650375}$$

$= 20$ cm

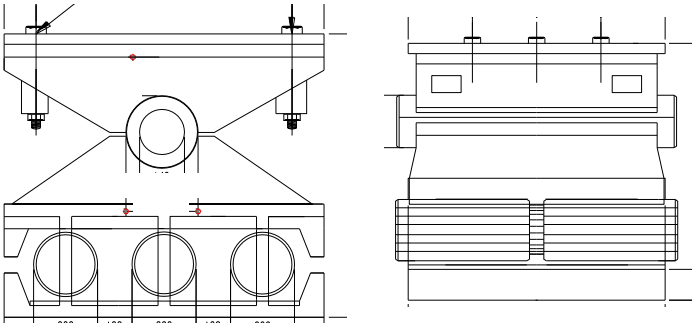
dipakai 3 buah gelinding, maka

$d_4 = \frac{20}{3} = 6{,}667$ cm

maka diambil d4 = 7 cm

$d_5 = d_4 + (2x2{,}5) = 7 + (2x2{,}5) = 12$ cm

d_6 ambil 5 cm



Gambar 5.5 Perletakan rol

- Perhitungan Pengangkuran Perletakan Rol

H = 786426,733 kg

Mutu baut A490

fy = 825 MPa

fu = 1.035 MPa

d_b = 22 mm

Mutu pelat BJ-55

fy = 410 MPa

fu = 550 MPa

tp = 50 mm

- Kekuatan geser baut

φVd = 0,75 . m. r1 . fub . Ab

= 0,75 . 1 . 0,4 . 1035 . ¼ . 3,14 . $2{,}2^2$

= 11803,12 kg (menentukan)

$\varphi Rd = 0{,}75 \times 2{,}4 \times d_b \times t_p \times f_{up}$
$= 0{,}75 \times 2{,}4 \times 2.2 \times 5 \times 5500$
$= 108900$ kg
$Vd = 11803{,}12$ kg (diambil yang terkecil)

Jumlah baut yang diperlukan

- $n = \frac{Vu}{Vd} = \frac{786426{,}733}{11803{,}12} = 67$ buah

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

$3d_b$	$\leq$	S	$\leq$	$15t_p$
$1{,}5d_b$	$\leq$	S_1	$\leq$	$(4t_p + 100)$ atau 200 mm
$1{,}25d_b$	$\leq$	S_2	$\leq$	$12t_p$ atau 150 mm

Jadi :

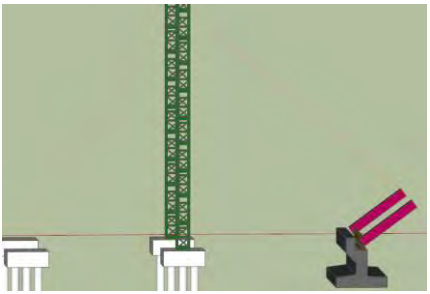
66 mm	$\leq$	80	$\leq$	750 mm
33 mm	$\leq$	50	$\leq$	300 mm atau 200 mm
27.5 mm	$\leq$	50	$\leq$	600 mm atau 150 mm

BAB VI
METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan jembatan busur box baja yang menghubungkan desa Pulorejo-Blooto akan direncanakan dengan metode Staging analisis, adapun tahapan pekerjaannya antara lain:

1. Pengecekan Struktur Bawah
   Pembangunan jembatan dimulai dari tahapan struktur bawah, pastikan kondisi abutment, perletakan serta bangunan bawah lainnya dalam keadaan baik.
2. Pekerjaan Persiapan Gelagar
   Pekerjaan persiapan gelagar-gelagar baja, meliputi pekerjaan pelapisan cat anti karat serta pemotongan baja sesuai dengan kebutuhan
3. Pekerjaan pemasangan tongkang/ponton/barge
   Merupakan salah satu sarana atau alat angkutan laut yang biasanya banyak digunakan untuk mengangkut barang, kontruksi bangunan baik barang padat (kayu log, mesin – mesin), curah (batubara), ataupun cair (minyak mentah/crude oil). Pada ponton ini terdapat beberapa alat berat serta tower crane yang berfungsi mempermudah pada sat pengangkutan baja.
4. Pemasangan shoring atau perancah
   Berfungsi sebagai alat bantu untuk penyokong gelagar serta untuk mempermudah pada pekerja pada saat melakukan pembautan, pengelasan pada segmen sambungan baja.
5. Pabrikasi gelagar
   Sebelum gelagar-gelagar terpasang, harus di pabrikasi dahulu, pembautan tiap segmen gelagar, serta dilakukan bending pada busur baja yang melengkung, proses penekukan atau pembengkokan menggunakan mesin bending.

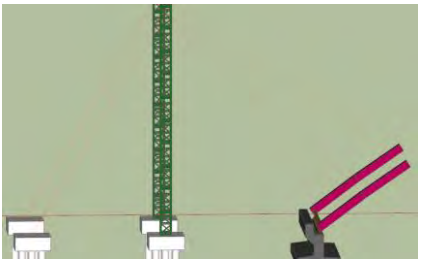
6. Pemasangan frame
   Adapun pemasangan frame dibagi menjadi beberapa segmen, antara lain:
   - Segmen 1



Gambar 6.1 Pemasangan segmen 1

Pemasangan busur baja untuk segmen 1 sepanjang 1λ= 5m yang di angkat dengan tower crane yang berada diatas ponton dan sudah dipabrikasi. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka busur tersebut ditarik dengan dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya.

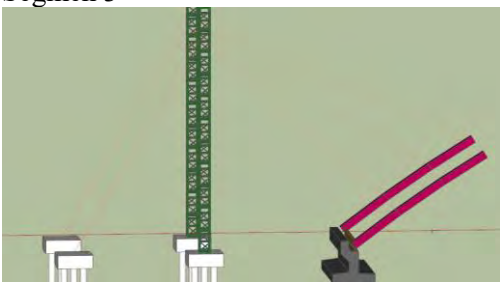
   - Segmen 2



Gambar 6.2 Pemasangan segmen 2

Pemasangan busur baja untuk segmen 2 sepanjang λ= 5m serta ditarik dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya

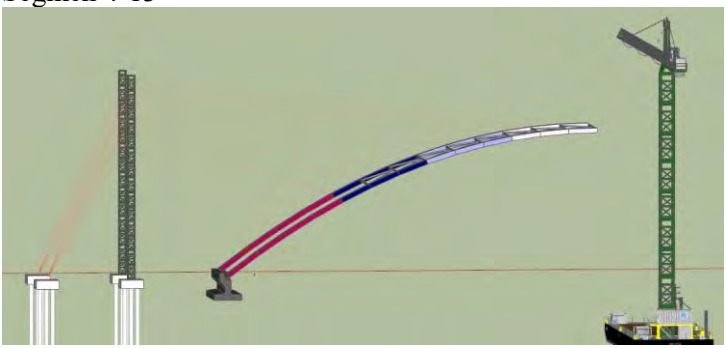
- Segmen 3



Gambar 6.3 Pemasangan segmen 2

Pemasangan busur baja untuk segmen 3 sepanjang λ= 5m serta ditarik dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya

- Segmen 4-13



Gambar 6.4 Pemasangan segmen 4-13

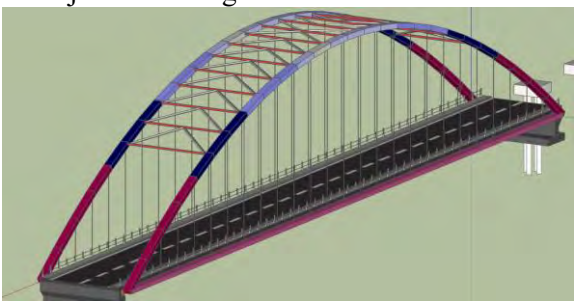
Pemasangan busur baja untuk segmen 4-13 sama, untuk tiap segmen sepanjang λ= 5m serta ditarik dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya

7. Pekerjaan deck jembatan

Gambar 6.5 Pemasangan deck jembatan

Setelah dilakukan pekerjaan pemasangan frame, gelagar serta penggantung maka dilakukanan pekerjaan bekisting pada deck jembatan, lalu dilanjutkan dengan pekerjaan pembesian dan pengecoran pada lantai kendaraan.

8. Pekerjaan Finishing



Gambar 6.6 Pekerjaan Finishing

Setelah dilakukan pengecoran pada deck jembatan/ lantai kendaraan selanjutnya dilakukan pekerjaan pengaspalan sepanjang bentang jembatan, pekerjaan pembuatan marka, pemasangan tiang sandaran dan pemasangan lampu pada sepanjang bentang jembatan

Kontrol Penampang Cable:

Kabel penarik jembatan:

ASTM B-416 - 7 No 5 Awg.

fu = 1864 Mpa

f ijin = 0,7 x 1864 Mpa = 1304,8 Mpa

E = 19500 Mpa

Dimensi Kabel

n = 1 buah

D = 12,4 mm

As = ¼ x 3,14 x $12,4^2$ mm = 120,763 mm^2

Pn = φ . Fu . As

= 0,75 x 1864 Mpa x 120,763 mm^2

= 168826,4246 N

= 168,825 kN

Tabel 6.1 Gaya Kabel Penarik Jembatan

Frame	Pu (kN)	Asc (mm2)	n. kabel (strand)	Asc Actual (mm2)	Pn (kN)	Status
Berat 1 Segmen	270.5071731	207.317	2	241.526	315.1427	OK
Berat 2 Segmen	541.0143462	414.634	4	483.051	630.2853	OK
Berat 3 Segmen	811.5215192	621.951	6	724.577	945.428	OK
Berat 4 Segmen	1082.028692	829.268	8	966.103	1260.571	OK
Berat 5 Segmen	1352.535865	1036.585	10	1207.628	1575.713	OK
Berat 6 Segmen	1623.043038	1243.902	12	1449.154	1890.856	OK
Berat 7 Segmen	1893.550212	1451.219	14	1690.680	2205.999	OK
Berat 8 Segmen	2164.057385	1658.536	14	1690.680	2205.999	OK
Berat 9 Segmen	2434.564558	1865.853	16	1932.205	2521.141	OK
Berat 10 Segmen	2705.071731	2073.170	18	2173.731	2836.284	OK
Berat 11 Segmen	2975.578904	2280.487	20	2415.256	3151.427	OK
Berat 12 Segmen	3246.086077	2487.804	22	2656.782	3466.569	OK
Berat 13 Segmen	3516.59325	2695.121	24	2898.308	3781.712	OK

Kabel penahan temporary tower:
ASTM B-416 - 7 No 5 Awg.
fu = 1864 Mpa
f ijin = 0,7 x 1864 Mpa = 1304,8 Mpa
E = 19500 Mpa
Dimensi Kabel
n = 1 buah
D = 14,5 mm
As = ¼ x 3,14 x $14,5^2$ mm = 165,13 mm^2
Pn = φ . Fu . As
= 0,75 x 1864 Mpa x 165,13 mm^2
= 230851,689 N
= 230,85 kN

Tabel 6.2 Gaya Kabel Penahan Temporary Tower

Gaya	Pu (kN)	Asc (mm2)	n. kabel (strand)	Asc Actual (mm2)	Pn (kN)	Status
Gaya Kabel 1	322.5428236	247.197	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 2	318.9762164	244.464	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 3	315.5827023	241.863	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 4	312.3547784	239.389	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 5	309.2854767	237.037	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 6	306.3683227	234.801	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 7	303.5972978	232.677	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 8	303.5972978	232.677	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 9	300.9668057	230.661	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 10	298.4716417	228.749	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 11	296.1069652	226.937	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 12	296.1069652	226.937	2	330.260	430.9232	OK
Gaya Kabel 13	293.8682746	225.221	2	330.260	430.9232	OK

Lampiran

Revisi :

Afif Navir Revani, ST., MT

1. Lendutan dicantumkan

Nur Achmad Husin, ST.,MT

2. Detail Shear Connector
3. Urutan tahapan pelaksanaan
4. Ø pin untuk hangar
5. Pengaruh / prosedur perawatan pada struktur
6. Koefisien R pada gempa jembatan

Ir. Sungkono, CES

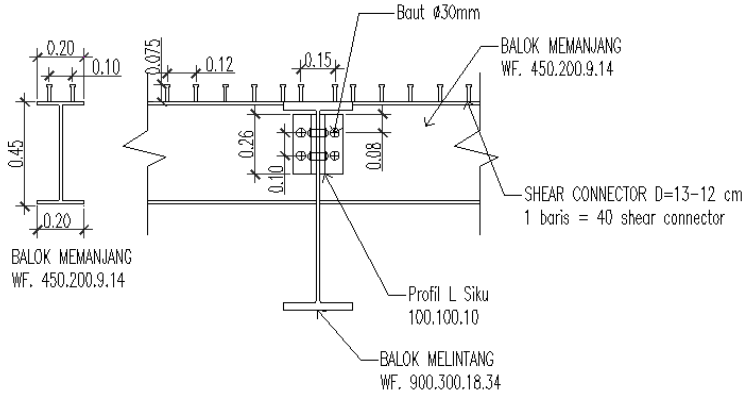
7. Hubungan gelagar melintang dengan box
8. Detail hangar disempurnakan
9. Gambar 13

Pembahasan:

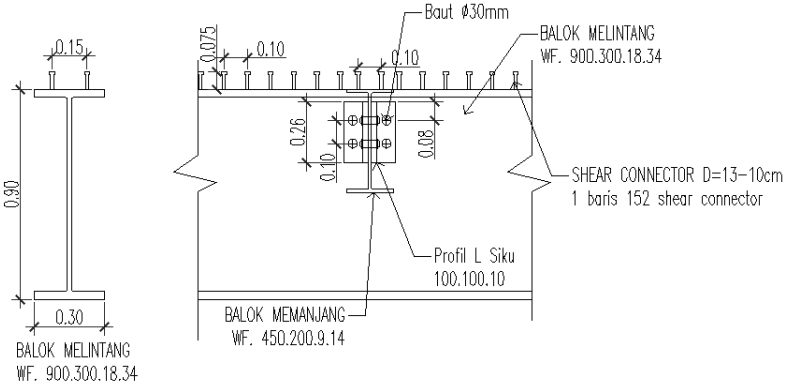
1. Gelagar Memanjang→ Lendutan = δ =0,568 ≤ δ_{ijin} = 0,63

   Gelagar Melintang → Lendutan = δ =0,7 ≤ δ_{ijin} = 1,65

2. Shear Connector Gelagar memanjang



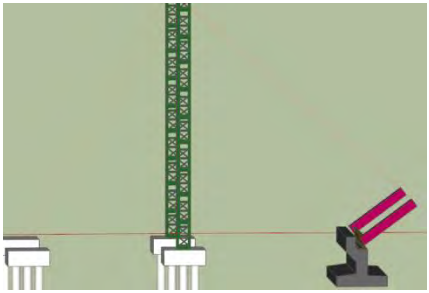
Shear Connector Gelagar melintang



3. Urutan Tahapan pelaksanaan:

1. Pengecekan Struktur Bawah
   Pembangunan jembatan dimulai dari tahapan struktur bawah, pastikan kondisi abutment, perletakan serta bangunan bawah lainnya dalam keadaan baik.
2. Pekerjaan Persiapan Gelagar
   Pekerjaan persiapan gelagar-gelagar baja, meliputi pekerjaan pelapisan cat anti karat serta pemotongan baja sesuai dengan kebutuhan
3. Pekerjaan pemasangan tongkang/ponton/barge
   Merupakan salah satu sarana atau alat angkutan laut yang biasanya banyak digunakan untuk mengangkut barang, kontruksi bangunan baik barang padat (kayu log, mesin – mesin), curah (batubara), ataupun cair (minyak mentah/crude oil). Pada ponton ini terdapat beberapa alat berat serta tower crane yang berfungsi mempermudah pada sat pengangkutan baja.
4. Pemasangan shoring atau perancah
   Berfungsi sebagai alat bantu untuk penyokong gelagar serta untuk mempermudah pada pekerja pada saat melakukan pembautan, pengelasan pada segmen sambungan baja.

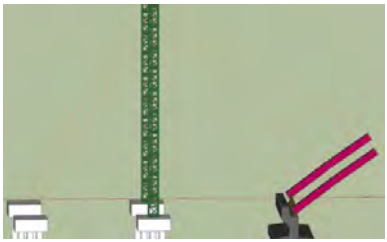
5. Pabrikasi gelagar
   Sebelum gelagar-gelagar terpasang, harus di pabrikasi dahulu, pembautan tiap segmen gelagar, serta dilakukan bending pada busur baja yang melengkung, proses penekukan atau pembengkokan menggunakan mesin bending.
6. Pemasangan frame
   Adapun pemasangan frame dibagi menjadi beberapa segmen, antara lain:
   - Segmen 1



Gambar Pemasangan segmen 1

Pemasangan busur baja untuk segmen 1 sepanjang 1λ= 5m yang di angkat dengan tower crane yang berada diatas ponton dan sudah dipabrikasi. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka busur tersebut ditarik dengan dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya.

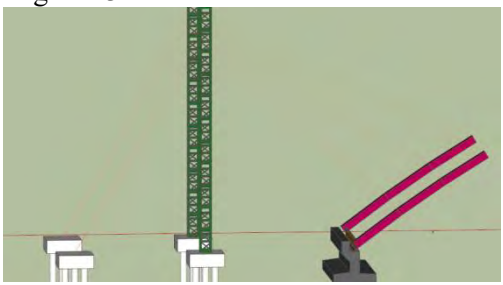
   - Segmen 2



Gambar Pemasangan segmen 2

Pemasangan busur baja untuk segmen 2 sepanjang λ= 5m serta ditarik dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya

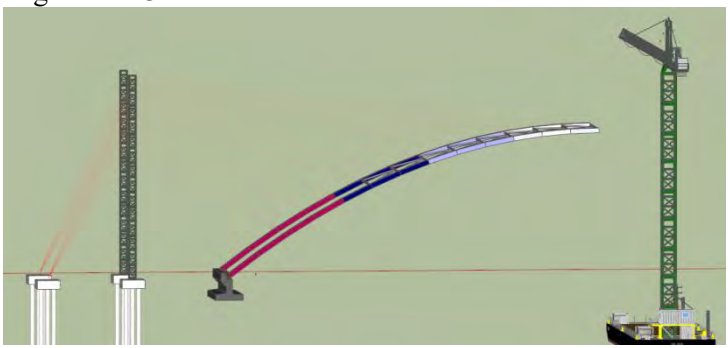
- Segmen 3



Gambar Pemasangan segmen 3

Pemasangan busur baja untuk segmen 3 sepanjang λ= 5m serta ditarik dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya

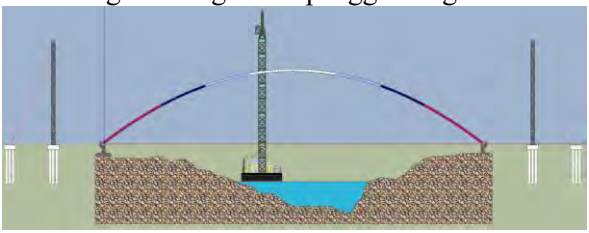
- Segmen 4-13



Gambar Pemasangan segmen 4-13

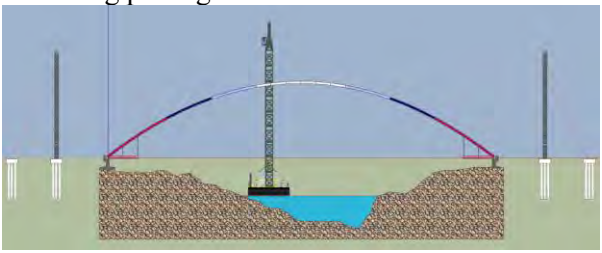
Pemasangan busur baja untuk segmen 4-13 sama, untuk tiap segmen sepanjang λ= 5m serta ditarik dengan kabel dengan bantuan temporary tower yang sudah disiapkan sebelumnya

7. Pemasangan Gelagar dan penggantung



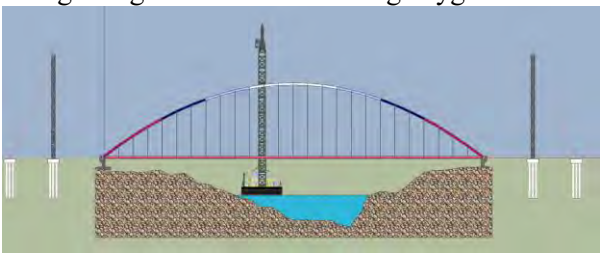
Gambar Pemasangan busur

Pastikan batang tekan busur sudah menyatu dengan baik, setelah itu lakukan pemasangan gelagar memanjang dan melintang per segmen.



Gambar Pemasangan gelagar dan penggantung awal

Pekerjaan ini di lakukan hingga semua elemen struktur saling menguatkan elemen 1 dengan yg lain.



Gambar pemasangan gelagar dan penggantung akhir

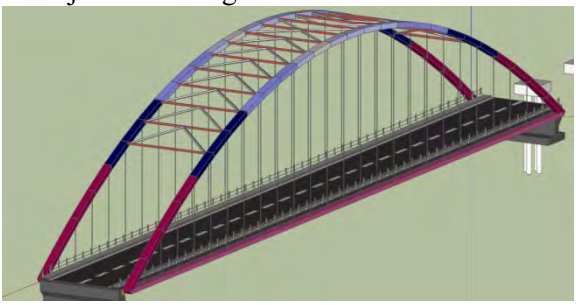
Pada tahap ini dilakukan hingga tahapan pemasangan gelagar dan penggantung selesai semua

8. Pekerjaan deck jembatan

Gambar Pemasangan deck jembatan

Setelah dilakukan pekerjaan pemasangan frame, gelagar serta penggantung maka dilakukanan pekerjaan bekisting pada deck jembatan, lalu dilanjutkan dengan pekerjaan pembesian dan pengecoran pada lantai kendaraan.

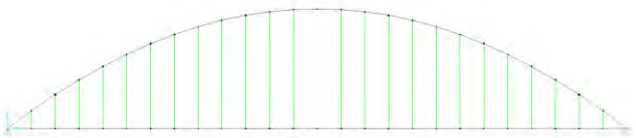
9. Pekerjaan Finishing



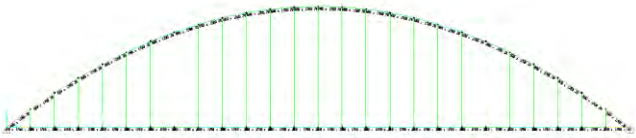
Gambar Pekerjaan Finishing

Setelah dilakukan pengecoran pada deck jembatan/ lantai kendaraan selanjutnya dilakukan pekerjaan pengaspalan sepanjang bentang jembatan, pekerjaan pembuatan marka, pemasangan tiang sandaran dan pemasangan lampu pada sepanjang bentang jembatan

1. Ø pin untuk hangar
   Pada brosur OVM hanging cable pada D56mm *breaking force* nya didapatkan 1823 kN = 182,3 ton.
   sedangkan pada brosur Houston struktur didapatkan 310 ton (1ton = 2000 lbs)
   1 ton = 2204,62 lbs
   2000 lbs/2204,64 lbs = 0,97
   310 ton x 0,97 = 281 ton (Ø pin = 4 13/16 in. = 12,22 cm)
   sehingga perbandingan 50% antara 182,3 ton dengan 281 ton.
   maka baut pin menggunakan Ø pin = 2 9/16 in. = 6,5 cm.
2. Pengaruh / prosedur perawatan pada struktur
   Pengaruh /prosedur perawatan pada struktur lain yaitu
   - Penutupan kegiatan lalu lintas pada jembatan.
   - Pengencangan ulang baut-baut
   - Pengecatan ulang pada lapisan baja untuk mencegah terjadinya karat
   - Perawatan penggantung cable
     Adapun beberapa kondisi kritis pada cable
     - Kondisi tanpa penggantung tengah

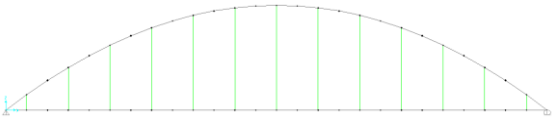
       

       Pmax = 65,41 ton
       Pmin = 34,81 ton
     - Kondisi tanpa penggantung tepi

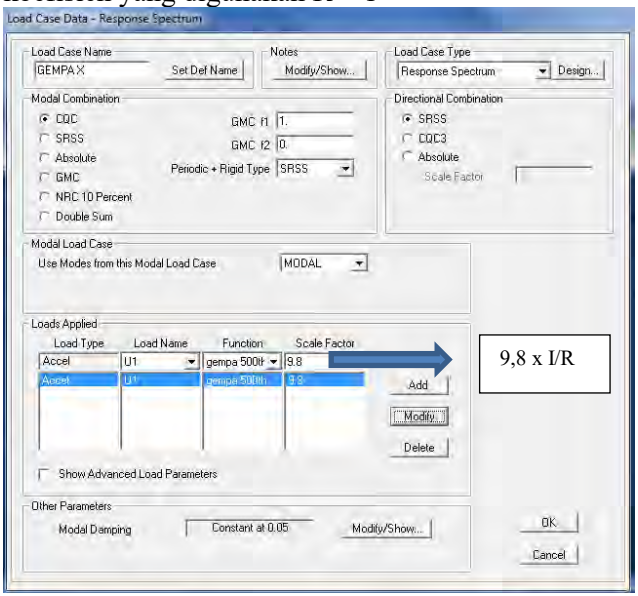
       Pmax = 66,54 ton
       Pmin = 34,84 ton

- Kondisi 50% tanpa penggantung



Pmax = 89,05 ton
Pmin = 62,48 ton
Jadi kondisi yang paling kritis adalah Kondisi 50% tanpa penggantung

3. Koefisien R pada gempa jembatan
RSNI Gempa Jembatan 2833:201X pada pasal 5.9.2 yang terletak pada zona 2, nilai R/2 tidak boleh kurang dari 1.
R(pada tabel 6 RSNI - 2833:201X) = 1,5
R/2 = 1,5/2 = 0,75
sedangkan nilai R/2 tidak boleh kurang dari 1, sehingga koefisien yang digunakan R = 1



4. Hubungan gelagar melintang dengan box (terlampir gmbar A3)
5. Detail hangar disempurnakan(terlampir gambar A3)
6. Gambar 13(terlampir gambar A3)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

ARCFIX STUD WELDING Shear Connectors

Headed Shear Connectors are used as an essential component in composite beam design and construction.

Shank Diameter (d)	Length (L) tolerance	Head Diameter tolerance	Minimum head height HT
19.0 +0.00 -0.33	±1.6	31.7 ± 0.4	6.5
22.2 +0.00 -0.33	±1.6	34.9 ± 0.4	9.5

Material	LOW CARBON STEEL AS1445 S1010 to S1020 Or K1010 to K1020	
Mechanical Properties	Tensile	410MPa (min)
	Yield	345MPa (min)
	Elongation	17%
	Reduction of area	50% (min)

contoh

Shear Connectors

Size	Part Number	Pack Size
13 X 50	ESC11-13-050	250
13 X 75	ESC11-13-075	150
13 X 100	ESC11-13-100	125
16 X 75	ESC11-16-075	125
16 X 100	ESC11-16-100	100
16 X 150	ESC11-16-150	75
19 X 75	ESC11-19-075	100
19 X 95	ESC11-19-095	75
19 X 100	ESC11-19-100	75
19 X 105	ESC11-19-105	75
19 X 115	ESC11-19-115	60
19 X 120	ESC11-19-120	60
19 X 127	ESC11-19-127	60
19 X 150	ESC11-19-150	50
19 X 178	ESC11-19-178	45
19 X 198	ESC11-19-198	40
22 X 100	ESC11-22-100	50
22 X 125	ESC11-22-125	50
22 X 150	ESC11-22-150	40
22 X 178	ESC11-22-178	40
22 X 198	ESC11-22-198	35

ANTEC

Distributed by: **ANTEC ENGINEERING PTY LTD**
9 Chicago Avenue, Blacktown, NSW, 2148, Australia
Ph: +61 (02) 9622-9622 | Fax: +61 (02) 9622-9199
www.antec.com.au

Strand Tied-cable System

Strand tied-cable system is a kind of full anticorrosive system, which has much better anticorrosive quality. It also prevents the HDPE cover splitting by the stress effectively. The cable system has A and B types. A type is plain (or zinc-plating) steel strand cable system and is divided into two types: A1 and A2. A1 is single layer HDPE structure and A2 is double layer HDPE structure, which adopts the technology of low stress anticorrosive cable system. B type is epoxy coating steel strand cable system with double protective HDPE layers, which the internal layer is bondless reinforcement structure. See the following structures:

Structure Diagram of Strand Tied-cable

Type A1

Type $A2_b$

Type B

Technical Parameters of Strand Cable

Type A1:

Model of Cable System	Nominal Sectional Area of Steel Strand (unit: cm^2)	Unit Mass of Steel Strand (kg/m)	Unit Mass of Cable (kg/m)	Outer Diameter of Cable (mm)	Breaking Force (KN)
OVMXG15-7	9.8	7.7	8.5	56	1823
OVMXG15-12	16.8	13.2	14.2	72	3125
OVMXG15-19	26.6	20.9	22.4	88	4949
OVMXG15-22	30.8	24.2	25.8	92	5729
OVMXG15-27	37.8	29.7	31.8	106	7031
OVMXG15-31	43.4	34.1	36.3	110	8072
OVMXG15-37	51.8	40.7	43.4	123	9635

Type A2:

Model of Cable System	Nominal Sectional Area of Steel Strand (unit: cm^2)	Unit Mass of Steel Strand (kg/m)	Unit Mass of Cable (kg/m)	Outer Diameter of Cable (mm)	Breaking Force (KN)
OVMXG15-7	9.8	7.7	9.2	64	1823
OVMXG15-12	16.8	13.2	15.1	80	3125
OVMXG15-19	26.6	20.9	23.5	96	4949
OVMXG15-22	30.8	24.2	27.0	105	5729
OVMXG15-27	37.8	29.7	33.1	114	7031
OVMXG15-31	43.4	34.1	37.8	118	8072
OVMXG15-37	51.8	40.7	44.9	131	9635

Electrical properties of Arawelds® ground wire A.C. current 60 Hz.

Designation	Resistance at 20 °C Ohm/km		Reactance at 1 ft (30.5 cm) spacing 60 Hz		Corona inception voltage
	Small current at 20 °C	Current 25% of Capacity at 75%	Inductive ohm/km	Capacitive Meg ohm/km	kV rms
3 AP 1 Awg	3.237	3.313	0.470	0.196	0.896
3 AP 2 Awg	2.581	2.642	0.448	0.202	0.798
3 AP 3 Awg	2.048	3.095	0.456	0.207	0.711
3 AP 4 Awg	3.452	4.733	0.465	0.213	0.633
3 AP 5 Awg	4.574	5.259	0.434	0.218	0.564
3 AP 6 Awg	5.527	6.030	0.488	0.224	0.503
7 AP 1 Awg	0.770	1.057	0.435	0.180	0.901
7 AP 2 Awg	0.954	1.240	0.448	0.186	0.802
7 AP 3 Awg	1.203	1.496	0.462	0.191	0.714
7 AP 4 Awg	1.518	1.901	0.465	0.197	0.635
7 AP 5 Awg	1.914	2.357	0.434	0.203	0.566
7 AP 10 Awg	2.417	2.955	0.483	0.208	0.505
7 AP 7 Awg	3.040	3.635	0.491	0.213	0.450
7 AP 12 Awg	3.831	4.510	0.500	0.219	0.400
19 AP 1 Awg	0.280	0.417	0.402	0.186	1.503
19 AP 2 Awg	0.353	0.493	0.409	0.192	1.337
19 AP 3 Awg	0.445	0.601	0.418	0.197	1.190
19 AP 4 Awg	0.562	0.735	0.426	0.173	1.060
19 AP 5 Awg	0.708	0.902	0.435	0.178	0.944
19 AP 15 Awg	0.893	1.108	0.444	0.183	0.840

Table 1

Characteristics of Arawelds® overhead grounwires IEC

Code	Section	No. of wires	Diameter		Weight	Rated strength	Cat. designation
	mm²		Wire mm	Cond. mm	Kg/Km	Kn	Miller
16	16	7	1.71	5.13	138.6	59.00	5.30/88
20	20	7	2.15	6.45	168.6	80.00	3.45/37
40	40	7	2.82	8.46	288.5	98.00	2.74/35
50	63	7	3.50	10.50	473.8	154.00	1.90/12
100	100	7	4.36	13.08	688.3	197.00	1.35/34
125	125	19	2.85	14.25	878.8	192.00	3.98/01
160	160	19	3.21	16.45	1237.1	192.00	3.57/84
200	200	19	3.62	18.10	1558.8	230.00	2.45/07
250	250	37	2.89	20.25	1977.8	300.00	2.59/04
315	315	37	3.26	22.85	2134.0	377.00	2.22/42
400	400	37	3.71	26.00	2684.5	440.00	2.27/33
450	450	37	3.94	27.55	3030.1	495.00	2.13/10
500	500	37	4.15	29.00	3355.6	536.00	2.17/27
560	560	37	4.39	30.70	3758.3	590.00	2.15/43
630	630	37	4.66	32.60	4230.1	650.00	2.15/71
710	710	61	3.65	34.60	4773.4	781.00	2.12/18

Characteristics of Arawelds® overhead groundwires DIN 48201/8

Code	Section	No. of wires	Diameter		Weight	Rated strength	Cat. designation
	mm²		Wire mm	Cond. mm	Kg/Km	Kn	Miller
25	24.71	7	2.10	6.30	102.5	71.00	3.14/00
35	34.36	7	2.50	7.50	720.6	64.72	2.40/00
50	49.48	7	3.00	9.00	102.0	84.40	1.72/00
70	69.31	19	2.10	10.5	647.6	85.65	1.41/00
95	93.27	19	2.45	12.5	826.5	121.00	0.97/00
120	116.99	19	2.80	14.0	1054.0	153.26	0.71/00
150	147.11	37	2.25	15.7	1300.0	201.46	0.58/00
185	181.62	37	2.45	17.5	1622.0	238.00	0.47/00
240	230.54	61	2.25	20.2	1609.0	299.00	0.35/00
300	289.43	61	2.50	22.5	2027.0	369.00	0.28/00

Characteristics of Arawelds® overhead groundwires ASTM B - 416

Code	Section	No. of wires	Diameter		Weight	Rated strength	Cat. designation
	mm²		Wire mm	Cond. mm	Kg/Km	Kn	Miller
2 No. 1 Awg	50.32	7	3.02	9.06	194.1	94.40	1.89/00
2 No. 2 Awg	39.90	7	2.68	8.04	153.8	81.28	2.14/00
2 No. 3 Awg	31.65	7	2.37	7.11	121.1	68.30	2.70/00
2 No. 4 Awg	25.10	7	2.10	6.30	96.7	57.00	3.40/00
2 No. 5 Awg	19.90	7	1.89	5.67	76.2	51.42	4.29/45
2 No. 10 Awg	13.29	7	1.54	4.62	50.8	35.00	5.49/00
2 No. 6 Awg	12.65	7	1.52	3.98	48.1	29.37	6.92/00
2 No. 8 Awg	10.10	7	1.37	4.11	38.5	29.14	8.67/00
2 No. 9 Awg	7.91	7	1.22	3.66	30.1	24.00	11.07/00
2 No. 10 Awg	6.26	7	1.09	3.26	23.8	20.00	14.00/00
1 No. 1 Awg	48.44	7	2.97	8.91	184.9	94.20	1.96/45
1 No. 10 Awg	12.85	7	1.52	4.56	48.1	44.50	5.72/00
1 No. 11 Awg	10.11	7	1.37	4.11	38.4	37.10	7.00/00
1 No. 12 Awg	8.16	7	1.22	3.66	30.2	30.20	8.67/00
0 No. 1 Awg	61.31	19	2.52	11.11	233.9	120.70	3.09/00
0 No. 2 Awg	50.31	19	2.27	10.20	188.8	104.70	3.74/00
0 No. 3 Awg	39.48	19	2.02	9.09	149.8	94.70	4.70/00
0 No. 4 Awg	31.31	19	1.80	8.10	118.8	81.40	5.94/00
0 No. 5 Awg	24.81	19	1.61	7.24	94.2	70.00	7.49/00
0 No. 6 Awg	19.73	19	1.44	6.46	74.7	60.00	9.44/00
0 No. 10 Awg	12.65	19	1.14	5.13	47.6	44.50	14.80/00
00 No. 1 Awg	77.47	37	2.11	10.55	296.0	147.00	2.44/00
00 No. 2 Awg	63.67	37	1.91	9.55	239.0	127.00	2.96/00
00 No. 3 Awg	49.92	37	1.69	8.45	187.4	111.00	3.78/00
00 No. 4 Awg	39.59	37	1.52	7.60	148.6	98.00	4.77/00
00 No. 5 Awg	31.38	37	1.35	6.75	117.8	85.00	6.02/00
00 No. 6 Awg	24.93	37	1.21	6.05	93.5	73.00	7.58/00
00 No. 10 Awg	16.00	37	0.96	4.80	60.0	53.00	11.80/00
000 No. 1 Awg	97.93	37	2.37	11.85	374.2	178.00	1.93/00
000 No. 2 Awg	80.49	37	2.14	10.70	302.1	154.00	2.34/00
000 No. 3 Awg	63.09	37	1.90	9.50	236.9	134.00	2.99/00
000 No. 4 Awg	50.03	37	1.71	8.55	187.8	118.00	3.77/00
000 No. 5 Awg	39.66	37	1.52	7.60	148.7	107.00	4.76/00
000 No. 6 Awg	31.50	37	1.36	6.80	118.0	89.00	5.99/00
000 No. 10 Awg	20.23	37	1.07	5.35	75.8	64.00	9.34/00
0000 No. 1 Awg	123.73	37	2.66	13.30	472.8	215.00	1.53/00
0000 No. 2 Awg	101.71	37	2.40	12.00	381.6	186.00	1.85/00
0000 No. 3 Awg	79.73	37	2.13	10.65	299.3	161.00	2.37/00
0000 No. 4 Awg	63.21	37	1.92	9.60	237.4	142.00	2.98/00
0000 No. 5 Awg	50.11	37	1.71	8.55	188.2	128.00	3.77/00
0000 No. 6 Awg	39.79	37	1.52	7.60	149.2	107.00	4.76/00
0000 No. 10 Awg	25.56	37	1.20	6.00	95.7	77.00	7.40/00

ecn

Closed Bridge Sockets

UF 600 'C' SERIES

Material Specification

- Sockets are ASTM A148 Grade 105/85
- All sockets are magnetic particle inspected at critical areas and proof tested on special order

Note: This drawing illustrates three grooves used on sockets 1 5/8" and larger. Sockets 1/2" and smaller use 1 groove and sockets 9/16" – 1 1/2" have two grooves

				A FOR TAKE-UP									
Part #	Rope Diameter	Strand Diameter	Std. Take Up	Std.	48"	72"	84"	96"	B	C	d	D	J
601	1/2	1/2	9	17	56	80	92	104	1 1/4	3 3/8	5/8	1 1/4	3 1/8
602	5/8	9/16 - 5/8	9	19	58	82	94	106	1 5/8	4 3/8	3/4	1 7/16	3 1/4
603	3/4 - 7/8	11/16 - 3/4	9	20	59	83	95	107	1 23/32	4 3/4	1	1 11/16	4 3/8
604	1	13/16 - 7/8	9	22	61	85	97	109	1 29/32	5 3/16	1 1/8	2 1/16	5
605	1 1/8	15/16 - 1	9	23	62	86	98	110	2 1/16	5 3/4	1 1/4	2 5/16	5 13/16
606	1 1/4	1 1/16 - 1 1/8	12	27	63	87	99	111	2 1/8	6	1 3/8	2 9/16	6
607	1 3/8	1 3/16 - 1 1/4	12	28	64	88	100	112	2 11/32	6 3/4	1 5/8	2 13/16	6 1/4
608	1 1/2	1 5/16 - 1 3/8	12	30	66	90	102	114	2 1/2	7 3/16	1 3/4	3 1/16	6 7/16
609	1 5/8 - 1 3/4	1 7/16 - 1 1/2	15	34	67	91	103	115	2 27/32	8 1/2	2	3 9/16	6 11/16
610	1 7/8 - 2	1 9/16 - 1 3/4	15	36	69	93	105	117	3 5/32	9	2 1/4	3 13/16	7 7/8
611	2 1/8 - 2 1/4	1 13/16 - 2	18	42	72	96	108	120	3 21/32	10 1/4	2 1/2	4 5/16	8 11/16
612	2 3/8 - 2 1/2	2 1/16 - 2 1/4	18	45	75	99	111	123	4 5/32	11 1/2	2 3/4	4 13/16	10 1/8
613	2 5/8 - 2 3/4	2 5/16 - 2 3/8	18	48	78	102	114	126	4 5/8	12 3/4	3	5 1/16	11 13/16
614	2 7/8 - 3	2 7/16 - 2 5/8	21	53	80	104	116	128	4 27/32	13 3/8	3 1/4	5 5/16	12 15/16
615	3 1/4	2 11/16 - 2 3/4	21	55	82	106	118	130	5 1/16	14 1/8	3 1/2	5 13/16	13 1/2
616	3 1/2	2 7/8 - 3	21	58	85	109	121	133	5 17/32	15 1/4	3 3/4	6 13/16	15 1/4
617	3 3/4	3 1/8 - 3 1/4	24	65	89	113	125	137	6 1/8	17 1/4	4	7 1/16	17 1/8
618	(none)	3 3/8 - 3 1/2	24	69	93	117	129	141	6 29/32	18 5/16	4 1/4	7 5/16	19 1/4
619	4	3 5/8 - 3 3/4	24	72	96	120	132	144	7 5/16	19 3/8	4 1/2	7 9/16	18 1/4
620	4 1/4 - 4 3/8	3 7/8 - 4	24	75	99	123	135	147	7 23/32	20 7/16	4 3/4	7 13/16	20
621	4 1/2 - 4 3/4	4 1/8 - 4 3/8	25	78	101	125	137	149	7 21/32	20	5	7 5/16	20
622	5 - 5 1/4	4 1/2 - 4 3/4	27	81	102	126	138	150	7 29/32	21	5 1/4	7 9/16	21 1/4
623	5 1/2 - 5 3/4	4 7/8 - 5 1/8	30	87	105	129	141	153	8 9/32	22	5 1/2	8 1/16	22 3/4
624	6	5 1/4 - 5 1/2	31	91	108	132	144	156	8 17/32	23	5 3/4	8 9/16	24 1/8

AN ULVEN COMPANY

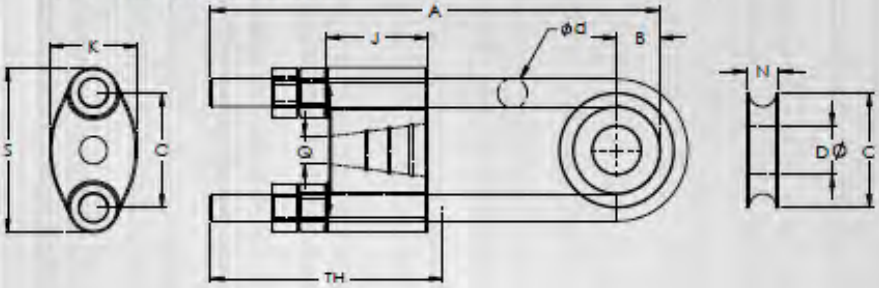
HOUSTON STRUCTURES INC

Closed Bridge Sockets

UF 600 'C' SERIES

Tolerances

- Dimensions under 4": ± 1/8"
- Dimensions over 4": ± 1/4"
- Q (smaller sizes): ± 1/32"
- D: + 0 - 1/32" in a self-colored socket



		TH FOR TAKE-UP							WT. (LBS) TAKE-UP					
K	N	Std.	48"	72"	84"	96"	Q	S	Std.	48"	72"	84"	96"	Part #
2 1/8	1	10 1/2	49 1/2	73 1/2	85 1/2	97 1/2	5/8	4 3/4	9	16	20	22	24	601
2 1/2	1 1/8	10 3/4	49 3/4	73 3/4	85 3/4	97 3/4	13/16	5 7/8	16	26	32	35	38	602
3 1/4	1 7/16	11 1/4	50 1/4	74 1/4	86 1/4	98 1/4	1	6 1/2	28	45	56	61	67	603
3 3/4	1 9/16	11 1/2	50 1/2	74 1/2	86 1/2	98 1/2	1 1/8	7 3/8	40	62	75	82	89	604
4 1/8	1 11/16	11 3/4	50 3/4	74 3/4	86 3/4	98 3/4	1 1/4	8 1/8	55	82	99	107	115	605
4 11/16	1 13/16	15	51	75	87	99	1 1/2	8 5/8	68	98	118	127	139	606
4 3/4	2 1/16	15 1/2	51 1/2	75 1/2	87 1/2	99 1/2	1 5/8	9 3/4	100	142	170	185	199	607
5 1/4	2 3/8	15 3/4	51 3/4	75 3/4	87 3/4	99 3/4	1 3/4	10 7/16	124	173	206	222	238	608
6 3/8	2 9/16	19 1/4	52 1/4	76 1/4	88 1/4	100 1/4	2	11 11/16	198	267	209	231	252	609
7 1/4	2 13/16	19 3/4	52 3/4	76 3/4	88 3/4	100 3/4	2 1/4	13 1/8	249	323	377	404	431	610
8 1/8	3 1/16	20 1/4	53 1/4	77 1/4	89 1/4	101 1/4	2 1/2	14 3/4	356	439	506	539	573	611
8 3/4	3 5/16	20 3/4	53 3/4	77 3/4	89 3/4	101 3/4	2 3/4	16 1/2	485	586	667	707	747	612
8 1/8	3 11/16	24 1/4	54 1/4	78 1/4	90 1/4	102 1/4	3	18	610	730	826	874	922	613
10 5/8	3 15/16	27 3/4	54 3/4	78 3/4	90 3/4	102 3/4	3 1/4	19 1/4	776	903	1015	1072	1128	614
11 1/4	4 3/16	28 1/4	55 1/4	79 1/4	91 1/4	103 1/4	3 1/2	20 1/4	882	1029	1160	1225	1290	615
11 7/8	4 1/2	28 3/4	55 3/4	79 3/4	91 3/4	103 3/4	3 3/4	22	1180	1369	1499	1574	1649	616
13	4 3/4	32 1/4	56 1/4	80 1/4	92 1/4	104 1/4	4	24	1508	1679	1849	1935	2020	617
13 7/8	5	32 3/4	56 3/4	80 3/4	92 3/4	104 3/4	4 1/8	26	1621	1814	2006	2103	2199	618
12 3/4	5 1/4	33 1/4	57 1/4	81 1/4	93 1/4	105 1/4	4 1/2	27 5/8	2031	2247	2463	2571	2679	619
13 7/16	5 1/2	33 3/4	57 3/4	81 3/4	93 3/4	105 3/4	4 3/4	29 7/16	2444	2685	2925	3046	3166	620
14	5 3/4	36	57	82 1/2	94 1/2	106 1/2	5 1/4	30	2310	2566	2832	2966	3099	621
14 7/8	6	37	58	83 1/2	95 1/2	107 1/2	5 3/4	30 1/4	2910	3167	3461	3608	3755	622
16	6 1/4	40 1/2	58 1/2	84 1/2	96 1/2	108 1/2	6 1/4	31 1/2	3425	3667	3990	4151	4313	623
17	6 1/2	40 1/2	59 1/2	86 1/2	98 1/2	110 1/2	6 1/2	33	4166	4415	4788	4964	5120	624

Galvanized Structural Strand (ASTM A586)

Strand Diameter (in.)	Minimum Breaking Strength in Tons of 2000 lbs.				Approx. Metallic Area (sq. in.)	Approx. wt/ft (lbs.)
	Grade 1			Grade 2		
	Class A Coating Throughout	Class A Coating Inner Wires / Class B Coating Outer Wires	Class A Inner Wires / Class C Coating Outer Wires	Class A Coating Throughout		
1/2	15.0	14.5	14.2	17.3	0.15	0.52
9/16	19.0	18.4	18.0	21.9	0.19	0.66
5/8	24.0	23.3	22.8	27.6	0.23	0.82
11/16	29.0	28.1	27.5	33.4	0.28	0.99
3/4	34.0	33.0	32.3	39.1	0.34	1.2
13/16	40.0	38.8	38.0	46.0	0.40	1.4
7/8	46.0	44.6	43.7	52.9	0.46	1.6
15/16	54.0	52.4	51.3	62.1	0.53	1.9
1	61.0	59.2	57.9	70.2	0.60	2.1
1 1/16	69.0	66.9	65.5	79.4	0.68	2.4
1 1/8	78.0	75.7	74.1	89.7	0.76	2.7
1 3/16	86.0	83.4	81.7	98.9	0.85	3.0
1 1/4	96.0	94.1	92.2	110	0.94	3.3
1 5/16	106.0	104.0	102.0	122	1.0	3.6
1 3/8	116.0	114.0	111.0	133	1.1	4.0
1 7/16	126.0	123.0	121.0	145	1.2	4.3
1 1/2	138.0	135.0	132.0	159	1.4	4.7
1 9/16	150.0	147.0	144.0	173	1.5	5.1
1 5/8	162.0	159.0	155.0	186	1.6	5.6
1 11/16	176.0	172.0	169.0	202	1.7	6
1 3/4	189.0	184.0	180.0	216	1.8	6.4
1 13/16	202.0	198.0	194.0	232	2.0	7.0
1 7/8	216.0	212.0	207.0	248	2.1	7.4
1 15/16	230.0	226.0	221.0	265	2.3	7.9
2	245.0	241.0	238.0	282	2.4	8.4
2 1/16	261.0	257.0	253.0	300	2.6	8.9
2 1/8	277.0	273.0	269.0	319	2.7	9.5
2 3/16	293.0	289.0	284.0	337	2.9	10
2 1/4	310.0	305.0	301.0	357	3.0	11
2 5/16	327.0	322.0	317.0	376	3.2	11
2 3/8	344.0	339.0	334.0	396	3.4	12
2 7/16	360.0	355.0	349.0	414	3.6	12
2 1/2	376.0	370.0	365.0	432	3.8	13
2 9/16	392.0	386.0	380.0	451	3.9	14
2 5/8	417.0	411.0	404.0	480	4.1	14
2 11/16	432.0	425.0	419.0	497	4.3	15
2 3/4	452.0	445.0	438.0	520	4.5	16
2 7/8	494.0	486.0	479.0	568	5.0	17
3	539.0	530.0	522.0	619	5.4	19
3 1/8	584.0	575.0	566.0	672	5.9	21
3 1/4	625.0	616.0	606.0	719	6.3	22
3 3/8	673.0	663.0	653.0	774	6.8	24
3 1/2	724.0	714.0	702.0	833	7.4	26
3 5/8	768.0	757.0	745.0	883	7.9	28
3 3/4	822.0	810.0	797.0	945	8.4	30
3 7/8	878.0	865.0	852.0	1010	9.0	32
4	925.0	911.0	897.0	1060	9.6	34

AN ULVEN COMPANY

HOUSTON STRUCTURES INC

BAB VII
KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil Modifikasi Struktur Jembatan Pulorejo-Blooto Dengan system Busur Box Baja di Kota Mojokerto,dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mutu baja profil yang di gunakan:
   - BJ 55 → fu = 550 Mpa
     fy = 410 Mpa

   Mutu beton fc'= 35 Mpa
2. Tebal Pelat = 250 mm
   Tebal aspal = 50 mm
   Tulangan melintang yang dipakai D16-200 mm
   Tulangan memanjang D13-300mm
3. Kerb → b = 1000 mm
   h = 200 mm
   Tulangan utama yang dipakai D12-150 mm
   Tulangan susut D8-150mm
4. Tiang dan Pipa Sandaran
   Jarak tiang sandaran = 2,5 m
   Diameter luar (do) = 60,5 mm
   Kolom Tiang Sandaran → b= 20 cm
   h= 20 cm
   L= 1,2 m
   Tulangan Utama Dipasang 4D12
   Tulangan Geser diPasang Φ 8-90mm
5. Gelagar Memanjang menggunakan profil WF 450.200.9.14
   Shear Connector D = 13 mm dan L= 75 mm
   Jumlah Shear connector = 81 buah (untuk 2 baris)
   = 40 buah (untuk 1 baris)
   dipasang dengan jarak12 cm
   Rasio = 0,73
   Lendutan = δ =0,568 ≤ $\delta_{ij\,in}$ = 0,63
6. Gelagar Melintang menggunakan profil WF 900.300.18.34

Shear Connector D = 13 mm dan L = 75 mm
Jumlah Shear connector = 304 buah (untuk 2 baris)
= 152 buah (untuk 1 baris)
dipasang dengan jarak 10 cm
Rasio = 0,9
Lendutan = δ =0,7 ≤ $\delta_{ij\,in}$ = 1,65

7. Batang penggantung
   Profil yang dipakai OVMXG15-7 D= 56 mm
8. Profil Busur Atas (tengah) → box 1200 800 20
   Rasio = 0,62
   Profil Busur Atas (tepi) → box 1200 800 30
   Rasio = 0,83
   Profil Busur Bawah → box 1200 600 30
9. Ikatan Angin Atas (Vertikal) → WF 250 x 250 x 14 x 14
   Rasio = 0,8
   Ikatan Angin Atas (Diagonal) → 2L 200 200 15
   Rasio = 0,51
10. Ikatan Angin bawah (Diagonal) → 2L 200 200 15
    Rasio = 0,22
11. Perletakan berupa sendi - rol

7.2 Saran

1. Sebaiknya dimensi pada box batang Tarik minimal elevasi dengan gelagar melintang sama, dari dimensi box 1200x600x30 menjadi 1200 x 900 x 30, karena dimensi tinggi gelagar melintang 900 mm yang bertujuan menghindari terjadinya blok shear.

DAFTAR PUSTAKA

1. Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005. Standar Pembebanan Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
2. Standar Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
3. Standar Nasional Indonesia (SNI) T-12-2004. Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
4. Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS). 1992. Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
5. Standar Nasional Indonesia (SNI) 2833-2013. Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa
6. Ir. H. J. Struyk, Prof. Ir. K. H. C. W. Van Der Veen, dan Soemargono.1990. Jembatan.
7. Brockenbrough, R.L., Merritt, F.S. (2006) : Structural Steel Designer's Handbook, 4th edition, McGraw-Hill, New York

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Luki Dia Utariningrum**,** Penulis dilahirkan di Surabaya, 03 Nopember 1993, merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Sholahuddin Wates Mojokerto, SD Negeri Wates VI Mojokerto, SMP Negeri 2 Mojokerto, SMA Negeri 2 Mojokerto. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Mojokerto tahun 2012, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma III Teknik Sipil ITS dan diterima pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112.030.039. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis mengikuti ujian masuk Diploma IV LJ Teknik Sipil ITS dan diterima pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 3115.040.504. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kampus ITS Manyar yaitu KOMPAS-ITS. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kampus, Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan dibeberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”