



**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN GROBOGAN
LUMAJANG (KM SBY 132 + 240) DENGAN SISTEM *CABLE STAYED***

SKRIPSI

Oleh

Laily Zakiah Ilmi

NIM 121910301081

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN GROBOGAN
LUMAJANG (KM SBY 132 + 240) DENGAN SISTEM *CABLE STAYED***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Laily Zakiah Ilmi

NIM 121910301081

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum
hingga mereka mengubah diri mereka sendiri.”

(Q.S. Ar-Ra'd:11)

“Barang siapa meniti jalan dalam rangka menuntut ilmu maka Allah akan
mempermudah baginya jalan menuju surga.”

(H.R. Ahmad)

“Segala upaya yang dibangun dengan keikhlasan dan kerja keras,
maka Allah akan senantiasa menolong hamba-hamba-Nya
yang ikhlas berjuang.”

(AA Gym)

“Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat
masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitarmu
dengan penuh kesadaran.”

(James Thurber)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kehadiran Allah Swt., sebuah karya kecil saya ini ingin saya persembahkan kepada :

1. Ayahanda Sudarminto, A.Md., yang telah memberikan semangat, motivasi, serta inspirasi dan doanya selama ini.
2. Ibunda Lilik Maslichah, yang telah memberikan dukungan, semangat, kasih sayang serta doa yang tak pernah putus.
3. Kakak-kakakku tersayang, Hikmah Anita Ratnaningsih, S.Pd., Hendra Akbar Hidayatullah, S.Pd., serta adikku Maya Andini Putri, dan segenap keluarga di Lumajang yang telah memberikan cinta serta pengertiannya.
4. Keluarga keduaku selama di Jember, yang selalu memberikan perhatian, semangat dan dukungan.
5. Sahabat-sahabat terkasih, Shahnaz Apsari Maghfirah, Dewi Puspita Febriyanti, FBF, Candu Alam Lumajang, KKN 56, dan sahabat-sahabat lain yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, yang tak luput membangkitkan dorongan dan semangat.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember, khususnya teman-teman dan sahabat-sahabat Teknik Sipil angkatan 2012, terima kasih sudah pernah hadir dan menjadi saksi hidup saya dalam menapak masa depan.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Laily Zakiah Ilmi

NIM : 121910301081

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang (KM SBY 132 + 240) dengan Sistem Cable Stayed*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Mei 2016

Yang menyatakan,

Laily Zakiah Ilmi

NIM. 121910301081

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN GROBOGAN
LUMAJANG (KM SBY 132 + 240) DENGAN SISTEM *CABLE STAYED***

Oleh

Laily Zakiah Ilmi

NIM 121910301081

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang (KM SBY 132 + 240) dengan Sistem Cable Stayed*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 18 Mei 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Mokhammad Farid Maruf, S.T., M.T., Ph.D.

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

NIP 19721223 199803 1 002

NIP. 19731015 199802 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.

Nunung Nuring Hayati, S.T., M.T.

NIP. 19710327 199803 1 003

NIP. 19760217 200112 2 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN GROBOGAN LUMAJANG (KM SBY 132 + 240) DENGAN SISTEM *CABLE STAYED*, Laily Zakiah Ilmi, NIM 121910301081, Program Studi Strata 1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pada umumnya, tipe jembatan bentang panjang terdiri dari jembatan *Cable Stayed*, *Suspension*, *Box Girder Cantilever*, dan Pelengkung. Jembatan Grobogan Lumajang awalnya adalah jembatan tipe pelengkung beton dengan panjang 144,5 meter, merupakan jalan nasional antara Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Lumajang. Karena jarang sekali jembatan dengan sistem *Cable Stayed*, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan studi perencanaan struktur atas tentang sistem tersebut.

Pada perencanaan struktur atas ini akan dilakukan analisis beban meliputi: berat sendiri, beban mati tambahan, beban lajur "D" (BTR dan BGT), beban "T", beban angin, dan pengaruh respons spektrum gempa berdasarkan lokasi jembatan. Acuan dari perencanaan ini antara lain Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-02-2005, Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan RSNI T-03-2005, Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan RSNI T-04-2005, SNI 03-1729-2002 dan Surat Edaran Menteri PUPR 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel.

Dari hasil perencanaan diperoleh pipa sandaran baja hollow D-42,7 mm, tiang sandaran dengan tulangan utama 2-D12 dan sengkang praktis Ø10-200. Lantai trotoar dan pelat kendaraan dengan tulangan lentur D-16 dan tulangan bagi Ø10. Gelagar memanjang profil WF 300.200.8.12, gelagar melintang profil WF 600.200.11.17, ikatan angin profil L 150.150.16. *Shear connector* dengan stud D-19 dan H-120 mm (BJ-41). Strand kabel digunakan strand 61. Pylon dengan tulangan utama D-32 dan sengkang lateral Ø22. Sambungan berupa baut D-19 dan tebal plat sambung 10 mm. Angkur kabel berdimensi 500 mm x 500 mm x 40 mm.

Kata kunci: Perencanaan Struktur, Jembatan, *Cable Stayed*

SUMMARY

STUDY OF DESIGN UPPER-STRUCTURE ON GROBOGAN BRIDGE AT LUMAJANG (KM SBY 132 + 240) USING *CABLE STAYED* SYSTEM, Laily Zakiah Ilmi, NIM 121910301081, Tier 1 Program Study of Civil Engineering, Engineering Faculty, University of Jember.

In general, the long-span Bridge system consist of *Cable Stayed*, *Suspension*, *Box Girder Cantilever*, and *Arch*. Grobogan Lumajang Bridge was originally a concrete arch type Bridge with a length of 144,5 meters, is the national road between Probolinggo and Lumajang. Because rarely Bridge with *Cable Stayed* system, then in this final project will be a study on the structural design of the system.

On top of this structural design load analysis will be done include: self weight, additional dead load, load lane "D" (BTR and BGT), load "T", wind loads, and the effect of the earthquake response spectrum based on the location of the bridge. Reference of this planning there are Standard Imposition for Bridge RSNI T-02-2005, Steel Structural Design for Bridge RSNI T-03-2005, Concrete Structural Design for Bridge RSNI T-04-2005, SNI 03-1729-2002 and Circular Minister PUPR 2015 on Guidelines for Technical Cable Stayed Bridge.

From the results, planning of hollow steel pipes backrest D-42,7 mm, pole backrest with the main reinforcement 2-D12 and stirrups practical Ø10-200. Walkways and vehicle floor plate with a flexural D-16 dan reinforcement for Ø10. Longitudinal girder profile WF 300.200.8.12, transverse girder profile WF 600.200.11.17, wind bond profile L 150.150.16. Stud *shear connector* with D-19 and H-120 mm (BJ-41). Strand cable using strand 61. Pylon with main reinforcement D-32 and the lateral stirrups Ø22. Bolt connection using D-19 and the dial plate thickness 10 mm. The dimension of cable anchor is 500 mm x 500 mm x 40 mm.

Keyword : Structural Design, Bridge, Cable Stayed

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt., yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul “Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang (KM SBY 132 + 240) dengan Sistem Cable Stayed” dengan sebaik-baiknya. Karya Tulis Ilmiah ini disusun sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Strata 1 (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan karya ilmiah tertulis ini, yaitu:

1. Ibunda tercinta Lilik Maslichah, dan ayahanda tersayang Sudarminto, A.Md., yang telah memberikan doa, restu, pengorbanan, kasih sayang, dukungan, dan semangat dalam kondisi suka maupun duka serta menjadi inspirasi. Saudara tersayang Hikmah Anita Ratnaningsih, S.Pd., Fajar Kurniahadi, S.Pd., Hendra Akbar Hidayatullah, S.Pd., Evi Puriani, dan Maya Andini Putri serta keponakan-keponakan lucu Jiyhan, Kiran, Najwa dan Zafran yang tak henti-hentinya memberikan semangat selama ini.
2. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan selama proses serta berbagi ilmu dalam penyusunan karya ilmiah tertulis ini.
3. Bapak Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang membantu penulis dalam mengarahkan penulisan karya tulis menjadi lebih baik.
4. Bapak Mokhammad Farid Maruf, S.T., M.T., Ph.D., dan ibu Nunung Nuring Hayati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan untuk penyempurnaan karya tulis ilmiah ini.
5. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember, Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Dr. Anik Ratnaningsih,

S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil, dan ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.

6. Sahabat-sahabat tersayang, Dewi Puspita Febriyanti, Shahnaz Apsari Maghfirah, Lestari Puteri Utami, yang telah membantu dalam survei lokasi penelitian, dan juga selalu memberi dukungan yang besar dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini.
7. Keluarga di Jember, Tante Endang, Mak Ri, Mbak Orin yang selalu memberikan dorongan dalam menyelesaikan pendidikan.
8. Sahabat sekonsentrasi (struktur) Mbak Yuneng, Bahrul, Mbak Nining, Mas Bagus, Bhisma, Yoga, Arga dan yang lainnya, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah.
9. Alifa, Linda, Romli, Bang Kholiq, Dany dan sahabat-sahabat Teknik Sipil 2012 lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, yang saling menguatkan semangat selama perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
10. Sahabat-sahabat di Lumajang, Elok, Ninis, Ariek, Mas Bulleng, Mas O'ong, Mas Imam, Mas Sinyo, Mas Ryan dan segenap keluarga Candu Alam Lumajang, Keluarga KKN 56 Nuyus, Yudik, Ncil, Tina, Mbak Dew, Pak Sang, Ncep, Mas Okik, Dhany, serta sahabat-sahabat lain di Probolinggo, Bondowoso, Surabaya, Madura, Jakarta, Jambi, Jawa Tengah, yang telah mendorong dan memberikan semangat serta dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan karya ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang selalu memberikan semangat selama studi hingga selesai penulisan skripsi.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2016

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Perumusan Masalah.....	3
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Tujuan.....	3
1.5.Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1.Pengertian	5
2.2 Bagian-bagian Jembatan	7
2.3 Kriteria Perencanaan	13
2.4 Tahap-tahap Perencanaan.....	25
BAB 3. METODOLOGI.....	38
3.1.Lokasi dan Waktu Penelitian.....	38
3.2.Data yang Diperlukan.....	40

3.3. Metodologi	40
3.4. Diagram Alir Perencanaan Jembatan	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1. Data Perencanaan Jembatan	50
4.1.1. Pengambilan Data Jembatan	50
4.1.2. Data Jembatan Rencana	51
4.1.3. Gambar Rencana Struktur	52
4.2. Perhitungan Struktur Jembatan	53
4.2.1. Perencanaan Sandaran	55
4.2.2. Perencanaan Lantai Trotoar	60
4.2.3. Perencanaan Plat Lantai Kendaraan	63
4.2.4. Perencanaan Gelagar Memanjang	72
4.2.5. Perencanaan Gelagar Melintang	81
4.2.6. Perencanaan Penghubung Geser (<i>Shear Connector</i>)	97
4.2.7. Perencanaan Ikatan Angin	106
4.2.8. Analisa SAP2000	112
4.2.9. Perencanaan Kabel	116
4.2.10. Perencanaan Pylon	122
4.2.11. Perencanaan Sambungan dan Blok Angkur	135
4.2.11.1. Perencanaan Sambungan	135
4.2.11.2. Perencanaan Blok Angkur	138
4.2.12. Perencanaan Elastomer	145
4.3. Gambar Kerja	148
BAB 5. PENUTUP	149
5.1. Kesimpulan	149
5.2. Saran	150
DAFTAR PUSTAKA	151
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat Isi untuk Berat Sendiri	14
Tabel 2.2 Faktor Beban keadaan batas ultimate	20
Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Baja.....	20
Tabel 2.4 Jenis kabel dan angkur	32
Tabel 2.5 Tipe-tipe Baut.....	34
Tabel 4.1 Spesifikasi Pipa Sandaran	56
Tabel 4.2 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan.....	64
Tabel 4.3 Parameter Garis Netral Komposit	93
Tabel 4.4 Parameter Garis Netral Komposit	103
Tabel 4.5 Gaya aksial tarik kabel dari SAP2000.....	117
Tabel 4.6 Perhitungan penampang dan jumlah strand kabel.....	118
Tabel 4.7 Gaya masing-masing kabel	122
Tabel 4.8 Gaya aksial kabel pada 1 pylon.....	123
Tabel 4.9 Gaya Aksial dan Tegangan Kabel pada Pylon 1	134
Tabel 4.10 Gaya Aksial dan Tegangan Kabel pada Pylon 2	135
Tabel 4.11 Kontrol aksial tekan angkur pada pylon 1	144
Tabel 4.12 Kontrol aksial tekan angkur pada pylon 2.....	145

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jembatan Dryburgh Abbey Footbridge	5
Gambar 2.2 Bagian-bagian jembatan <i>Cable Stayed</i>	7
Gambar 2.3 Gelagar <i>stiffening truss</i> (Troitsky, 1977).....	8
Gambar 2.4 Gelagar solid web	9
Gambar 2.5 Sistem Kabel (Troitsky, 1977).....	11
Gambar 2.6 Jenis-jenis Pylon/Menara.....	12
Gambar 2.7 Skema Penyebaran Muatan “D”	17
Gambar 2.8 Penyebaran Beban Truk “T”	18
Gambar 2.9 Tipe-tipe ruji kabel	32
Gambar 2.10 Tata Letak Baut	36
Gambar 2.11 Angkur mati (atas) dan angkur hidup (bawah).....	37
Gambar 2.12 Alternatif Pengangkuran pada Pylon	39
Gambar 2.13 Alternatif lokasi angkur pada dek jembatan	40
Gambar 2.14 Representasi perletakan bantalan elastomer	42
Gambar 3.1 Peta Lokasi Jembatan (1).....	38
Gambar 3.2 Peta Lokasi Jembatan (2).....	39
Gambar 3.3 Peta Lokasi Jembatan (3).....	39
Gambar 3.4 Diagram Alir Perencanaan Jembatan <i>Cable Stayed</i>	42
Gambar 4.1 Tampak Memanjang Jembatan	52
Gambar 4.2 Bagian Struktur Atas Jembatan	52
Gambar 4.3 Tampak Melintang Jembatan.....	53
Gambar 4.4 Perencanaan Gelagar dan Ikatan Angin.....	53
Gambar 4.5 Distribusi Beban Jembatan <i>Cable Stayed</i>	54
Gambar 4.6 Potongan tiang sandaran	55
Gambar 4.7 Skema Pembebanan Pipa Sandaran	56
Gambar 4.8 Potongan Melintang dan Penampang Tiang Sandaran	58
Gambar 4.9 Potongan Lantai Trotoar	60

Gambar 4.10 Pembebanan Lantai Trotoar.....	61
Gambar 4.11 Plat Lantai Kendaraan.....	63
Gambar 4.12 Beban “T” Kondisi 1	65
Gambar 4.13 Penyebaran Beban “T” Kondisi 1	65
Gambar 4.14 Beban T dan Penyebarannya pada Kondisi 2	67
Gambar 4.15 Luas Bidang Kontak	67
Gambar 4.16 Potongan gelagar memanjang.....	72
Gambar 4.17 Pemodelan beban gelagar memanjang.....	73
Gambar 4.18 Pembebanan pada Gelagar Tepi	73
Gambar 4.19 Pengaruh Beban D pada Gelagar Memanjang.....	76
Gambar 4.20 Profil Gelagar Memanjang	79
Gambar 4.21 Potongan Gelagar Melintang jembatan	81
Gambar 4.22 Pembebanan gelagar melintang sebelum komposit.....	83
Gambar 4.23 Profil Gelagar Melintang	85
Gambar 4.24 Beban mati setelah komposit.....	87
Gambar 4.25 Penyebaran Beban “D” Gelagar Melintang.....	90
Gambar 4.26 Profil Gelagar Melintang dan Komposit.....	92
Gambar 4.27 Garis Netral Penampang Komposit	93
Gambar 4.28 Diagram Tegangan Gelagar Melintang	95
Gambar 4.29 Garis netral komposit.....	95
Gambar 4.30 Pembebanan <i>Shear Connector</i> pada Gelagar Melintang.....	97
Gambar 4.31 Diagram Gaya Lintang	99
Gambar 4.32 Perencanaan Stud.....	99
Gambar 4.33 Pemasangan <i>Shear Connector</i>	101
Gambar 4.34 Pembebanan <i>Shear Connector</i> pada Gelagar Melintang.....	101
Gambar 4.35 Profil Gelagar Memanjang dan Komposit.....	102
Gambar 4.36 Garis Netral Penampang Komposit	103
Gambar 4.37 Sisi samping jembatan yang terkena beban angin	106
Gambar 4.38 Pembebanan gelagar memanjang	113

Gambar 4.39 Penyebaran beban angin pada gelagar	114
Gambar 4.40 Penyebaran beban angin pada pylon	114
Gambar 4.41 Grafik Perbandingan Spektral Percepatan dan Periode wilayah Lumajang.....	115
Gambar 4.42 Pembagian kabel	116
Gambar 4.43 Struktur Pylon.....	124
Gambar 4.44 Perencanaan Sambungan	136
Gambar 4.45 Angkur Mati dan Angkur Hidup	139
Gambar 4.46 Detail Elastomer	148

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Site Plan
- Lampiran 2. Gambar Denah
- Lampiran 3. Gambar Tampak
- Lampiran 4. Gambar Potongan
- Lampiran 5. Perencanaan Sandaran
- Lampiran 6. Perencanaan Trotoar
- Lampiran 7. Perencanaan Plat Lantai Kendaraan
- Lampiran 8. Perencanaan *Shear Connector*
- Lampiran 9. Rencana Pembalokan
- Lampiran 10. Rencana Sambungan
- Lampiran 11. Detail Sambungan
- Lampiran 12. Rencana Kabel
- Lampiran 13. Detail Kabel
- Lampiran 14. Perencanaan Pylon
- Lampiran 15. Penulangan Pylon

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum, jembatan dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi penghubung dua jalan yang terputus dikarenakan ada rintangan dibawahnya, seperti sungai, jurang, lembah, saluran irigasi dan lain sebagainya. Kini jembatan tidak hanya berfungsi sebagai struktur penghubung antara ruas jalan, melainkan juga sebagai bangunan monumental yang menjadi kebanggaan atau ciri khas pada daerah tersebut.

Jembatan Grobogan, Lumajang, adalah jembatan jalan raya (umum) dan merupakan jalan nasional yang menghubungkan arus kendaraan dari Kabupaten Probolinggo menuju Kabupaten Jember maupun menuju Kabupaten Lumajang sendiri, dan sebaliknya. Jembatan ini sudah cukup tua dan sudah tidak sudah tidak mampu menahan beban kendaraan yang melintas secara dua arah. Jembatan Grobogan lama konstruksinya melemah sehingga kendaraan yang melintas dari arah utara atau Probolinggo tetap melalui jalur jembatan lama di sisi sebelah timur. Maka dari itu, pada tahun 2010 dibangun jembatan Grobogan baru, sehingga untuk kendaraan yang melaju dari arah selatan melalui jalur jembatan baru di sisi sebelah barat.

Lemahnya jembatan Grobogan lama ditinjau dari segi usia, jembatan ini merupakan bangunan lama peninggalan Belanda yang dibuat pada tahun 1890. Maka dapat disimpulkan bahwa jembatan ini sudah tidak layak digunakan sebab masih menggunakan peraturan-peraturan lama, dimana dalam peraturan tersebut sudah tidak sesuai dengan perkembangan aktivitas lalu lintas pada jembatan.

Selain dari faktor usia, beban tonase yang berlebihan dan padatnya lalu lalang kendaraan yang melewati jembatan tersebut semakin memperapuh kondisi jembatan. Kondisi secara visual menunjukkan, aspal pada jembatan terlihat retak di sejumlah

tempat, bahkan ada besi konstruksi jembatan yang muncul di beberapa bagian jalan. Jembatan ini lebih sering dilakukan perbaikan-perbaikan dan belum pernah dilakukan perencanaan ulang.

Melihat kelemahan-kelemahan tersebut, maka dilakukan pembangunan jembatan Grobogan baru. Jembatan Grobogan baru, dibangun dengan sistem yang sama yaitu pelengkung beton bawah dengan bentang 144,5 meter, sehingga dapat dikategorikan sebagai jembatan bentang panjang. Jembatan bentang panjang biasanya didesain dengan beberapa metode diantaranya *Cable Stayed*, *Suspension*, *Box Girder*, *Cantilever*, dan Pelengkung (beton atau baja).

Pada lokasi jembatan Grobogan Lumajang, sungai Grobogan memiliki kedalaman lebih dari 10 meter untuk mencapai dasar sungai. Terdapat lebih dari tiga pilar untuk menumpu struktur atas jembatan. Dengan medan yang cukup sulit, pembangunan pilar membutuhkan metode pelaksanaan yang tidak mudah pula dan waktu yang cukup lama. Untuk mengurangi jumlah pilar dengan metode pelaksanaan yang sama namun dalam waktu yang lebih cepat, maka harus mengubah tipe jembatan tersebut dengan sistem lain yang hanya membutuhkan sedikit pilar.

Jembatan pelengkung beton menahan beban sendiri yang cukup besar, belum lagi ditambah dengan beban hidupnya, mengingat fungsi dari jembatan tersebut sebagai jalan nasional dengan bentang yang cukup panjang. Tentunya beban yang dialami oleh struktur atas jembatan akan sangat besar. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan tipe jembatan yang memiliki beban sendiri yang lebih ringan, seperti jembatan gantung (*Suspension Bridge*) dan jembatan kabel (*Cable Stayed Bridge*).

Atas dasar tersebut, maka dalam tugas akhir ini akan dibahas perencanaan ulang struktur atas jembatan Grobogan namun dengan sistem yang berbeda, dimana struktur atas jembatan akan mampu ditumpu hanya dengan satu pilar, yaitu *Cable Stayed*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka diperoleh rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang struktur atas jembatan Grobogan Lumajang dengan sistem *Cable Stayed*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dari perencanaan jembatan *Cable Stayed* ini diantaranya adalah:

1. Tinjauan hanya mencakup struktur atas (*Up-structure*) ditambah dengan pylon.
2. Tidak mendesain ukuran dan jumlah pondasi serta kontrol terhadap bangunan bawah.
3. Perencanaan jembatan ini tidak termasuk kemungkinan pembangunan dinding penahan tanah akibat kondisi topografis lapangan.
4. Jembatan yang direncanakan adalah jembatan dengan sistem *Cable Stayed* dengan bentang 145 meter dan lebar 10,6 meter.
5. Kontrol tegangan pada pylon dan kabel hanya ditinjau dari mutu beton dan baja yang digunakan.
6. Tidak menganalisa pengaruh momen tambahan pada pylon akibat kemiringan kabel.
7. Tidak menganalisa harga satuan dan merencanakan anggaran biaya (RAB) pembangunan.
8. Tidak meninjau metode pelaksanaan proyek secara keseluruhan (realisasi jembatan).

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan perencanaan ini adalah untuk merancang struktur atas jembatan Grobogan Lumajang dengan sistem *Cable Stayed*.

1.5 Manfaat

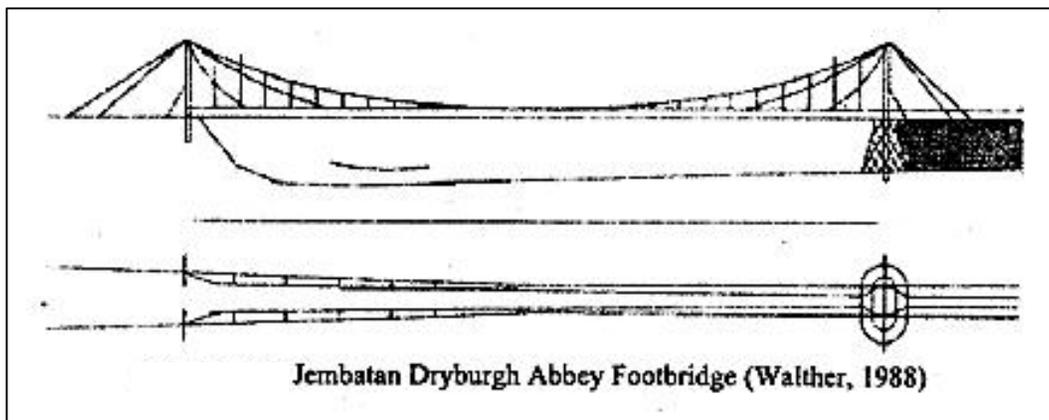
Dari perencanaan jembatan dengan sistem *Cable Stayed* ini, dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Untuk menambah wawasan tentang sistem atau tipe jembatan, dalam hal ini jembatan dengan sistem *Cable Stayed*.
2. Untuk memberikan alternatif desain jembatan bentang panjang untuk pembangunan jembatan lanjutan apabila jembatan yang ada telah sampai pada kelebihan kapasitas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian

Jembatan *Cable Stayed* merupakan salah satu tipe bentuk jenis jembatan. Jembatan *Cable Stayed* sudah dikenal sejak lebih dari 200 tahun yang lalu (Walther, 1988) yang pada awal era tersebut umumnya dibangun dengan menggunakan kabel vertikal dan miring seperti Dryburgh Abbey Footbridge di Skotlandia yang dibangun tahun 1817. Jembatan seperti ini masih merupakan kombinasi dari jembatan *Cable Stayed* modern. Sejak saat itu jembatan *Cable Stayed* mengalami banyak perkembangan dan mempunyai bentuk yang bervariasi dari segi material yang digunakan maupun segi estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007:197).



Sumber: buku "Jembatan" Cetakan ke-4 oleh Supriyadi dan Muntohar (2007)

Gambar 2.1 Jembatan Dryburgh Abbey Footbridge

Pada umumnya jembatan *Cable Stayed* menggunakan gelagar baja, rangka, beton, atau beton pratekan sebagai gelagar utama (Zarkast dan Roliansjah, 1995).

Pemilihan bahan gelagar tergantung pada ketersediaan bahan, metode pelaksanaan dan harga konstruksi. Penilaian parameter tersebut tidak hanya tergantung pada perhitungan saja, tetapi juga masalah ekonomi dan estetika lebih dominan. Kecenderungan sekarang adalah menggunakan gelagar beton, *cast in situ* atau *prefabricated (pre cast)* (Supriyadi dan Muntohar, 2007:197).

Jembatan *Cable Stayed* sebenarnya sudah dikenal sejak 200 tahun lalu, pada masa itu jembatan *Cable Stayed* dibangun dengan menggunakan kabel vertikal dan miring yang masih merupakan kombinasi jembatan modern (Supriyadi, 2000). Sejak saat itu jembatan *Cable Stayed* berkembang dan semakin bervariasi baik dari segi material yang digunakan maupun segi estetika.

Jembatan *Cable Stayed* adalah jembatan yang dibangun dengan menggunakan gelagar baja, rangka beton, atau beton pratekan sebagai gelagar utama (Zarkast dan Roliansjah, 1995). Pemilihan bahan gelagar tergantung pada ketersediaan bahan, metode pelaksanaan dan harga konstruksi. Penilaian parameter tersebut tidak hanya tergantung pada perhitungan semata melainkan masalah ekonomi dan estetika lebih dominan. Kecenderungan sekarang adalah menggunakan gelagar beton, *cast in situ* atau *prefabricated (pre cast)*.

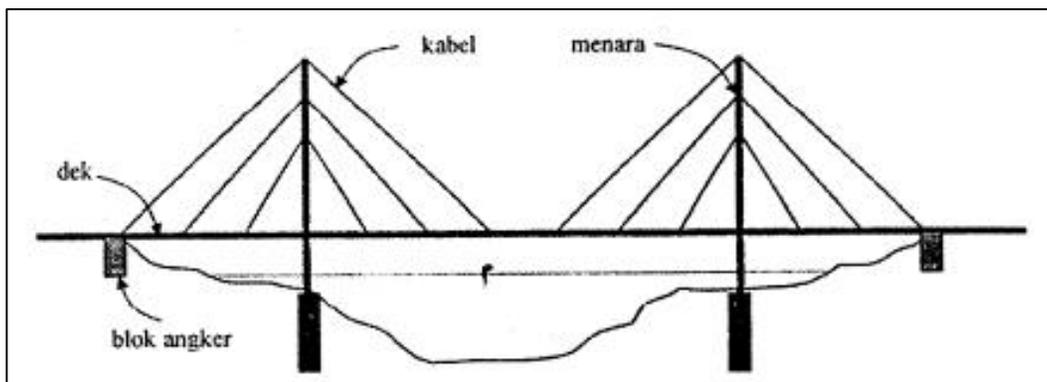
Berikut adalah beberapa pertimbangan yang dapat diambil mengapa penyusun merencanakan jembatan sistem *Cable Stayed*:

- Jembatan tipe *Cable Stayed* mampu menopang bentang yang sangat panjang dan proses ereksinya dengan cara kantilever bebas sehingga tidak mengganggu aktifitas dibawahnya (O'Connor, 1971).
- Defleksi yang terjadi pada jembatan tipe *Cable Stayed* lebih kecil daripada jembatan dengan tipe *Suspended Bridge*, selain itu pada tipe *Cable Stayed* mempunyai kekakuan struktur yang lebih tinggi (Troistsky, 1997).
- Menurut Bambang Supriyadi dan Agus Setyo Muntohar (2007), rasio panjang bentang utama dan tinggi pylon pada jembatan *Cable Stayed* lebih murah dibandingkan dengan jembatan gantung.

- Gaya-gaya angker pada ujung kabel bekerja secara vertikal dan biasanya diseimbangkan dengan berat dari pilar dan fondasi tanpa menambah biaya konstruksi (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2.2 Bagian - Bagian Jembatan

Pada dasarnya komponen utama jembatan *Cable Stayed* terdiri atas gelagar, sistem kabel dan menara atau pylon (Supriyadi dan Muntohar, 2007:198).



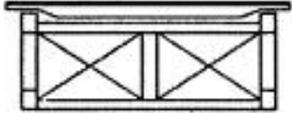
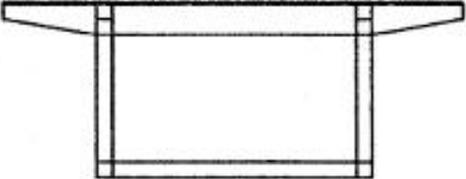
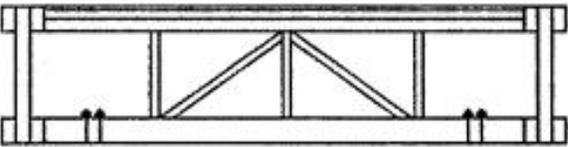
Sumber: buku "Jembatan" Cetakan ke-4 oleh Supriyadi dan Muntohar (2007)

Gambar 2.2 Bagian-bagian jembatan *Cable Stayed*

2.2.1 Gelagar

Menurut Podolny dan Scalzi, (1976), Bentuk gelagar jembatan *Cable Stayed* sangat bervariasi namun yang paling sering digunakan ada dua jenis yaitu *stiffening truss* dan *solid web*. Pada awal perkembangan jembatan *Cable Stayed* modern, *stiffening truss* banyak digunakan tetapi sekarang sudah mulai ditinggalkan dan jarang digunakan dalam desain, karena mempunyai banyak kekurangan. Kekurangannya adalah membutuhkan pabrikasi yang besar, perawatan yang relatif sulit, dan kurang menarik dari segi estetika. Meskipun demikian dapat digunakan sebagai gelagar dengan alasan yang memiliki sifat aero dinamik yang baik. Dalam keadaan jembatan jalan raya disatukan dengan jembatan jalan rel dan biasanya menggunakan deck ganda

yang bertingkat, *stiffening truss* dapat dipertimbangkan sebagai elemen utama deck (Supriyadi dan Muntohar, 2007:205). Berikut adalah contoh gambar *stiffening truss*:

Tipe Jembatan	Tipikal potongan melintang
Jalan raya	
Jalan raya dan jalan rel	
Jalan raya dan jalan rel	

Sumber: buku “Jembatan” Cetakan ke-4 oleh Supriyadi dan Muntohar (2007)

Gambar 2.3 Gelagar *stiffening truss* (Troitsky, 1977)

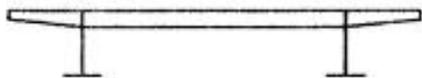
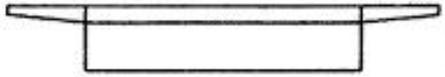
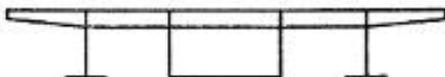
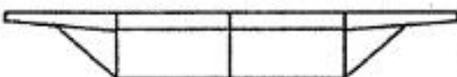
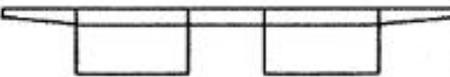
Gelagar yang tersusun dari solid web yang terbuat dari baja atau beton cenderung terbagi atas dua tipe yaitu:

- a) Gelagar pelat (plate girder), dapat terdiri atas dua atau banyak gelagar,
- b) Gelagar box (box girder), dapat terdiri atas satu atau susunan box yang dapat berbentuk persegi panjang atau trapesium.

Susunan dek yang tersusun dari gelagar pelat tidak memiliki kekakuan torsi yang besar sehingga tidak dapat digunakan untuk jembatan yang bentangnya panjang dan lebar atau jembatan yang direncanakan hanya menggunakan satu bidang kabel penggantung. Dek jembatan yang menggunakan satu atau susunan box akan memiliki kekakuan torsi yang sangat besar sehingga sangat cocok untuk jembatan yang

mengalami torsi sangat besar. Jembatan yang menggunakan satu bidang kabel penggantung biasanya menggunakan gelagar box tunggal, sedangkan jembatan yang lebar menggunakan susunan gelagar box. Gelagar pelat atau box mempunyai masalah seperti pada truss berupa perawatan terhadap korosi yang relatif mahal meskipun biaya konstruksinya lebih murah.

Perkembangan teknologi beton yang sangat cepat membuat baja mulai ditinggalkan dan beralih ke gelagar beton yang dapat berupa beton precast atau cetak setempat. Gelagar beton umumnya berupa gelagar box tunggal yang diberi pengaku lateral pada jarak tertentu (Supriyadi dan Muntohar, 2007:206). Berikut adalah gambar gelagar solid web:

	Susunan	Tipikal potongan melintang
Tipe gelagar utama	Gelagar I Kembar	
	Gelagar box persegi	
	Kombinasi gelagar box (tengah) - gelagar I individual (tepi)	
	Kombinasi gelagar box seluler kembar individual dan sloping struts	
	Gelagar box trapezoidal individual	
	Gelagar box persegi kembar	

Sumber: buku "Jembatan" Cetakan ke-4 oleh Supriyadi dan Muntohar (2007)

Gambar 2.4 Gelagar solid web

Solid web yang terbuat dari beton precast mempunyai banyak keuntungan (Zarkasi dan Rosliansjah, 1995) antara lain:

- a) Struktur dek beton cenderung untuk tidak bergetar dan dapat berbentuk aerodinamis yang menguntungkan,
- b) Komponen gaya horizontal pada kabel akan mengaktifkan gaya tekan pada sistem dek dimana beton sangat cocok untuk menahan gaya desak,
- c) Beton mempunyai berat yang sangat besar sehingga perbandingan beban hidup dan beban mati menjadi kecil, sehingga perbandingan lendutan akibat beban hidup dan beban mati tidak terlalu besar,
- d) Pemasangan bangunan atas dan kabel yang relatif mudah dengan teknik prestressing masa kini, prefabrikasi, segmental dan mempunyai kandungan lokal yang tinggi,
- e) Pemeliharaan lebih mudah karena beton tidak berkarat seperti baja.

Pengalaman dalam perancangan jembatan *Cable Stayed* (Troitsky, 1977) menunjukkan bahwa tinggi gelagar dapat digunakan antara $\frac{1}{15} - \frac{1}{18}$ panjang panel atau $\frac{1}{100} - \frac{1}{200}$ panjang bentang utama. Sedangkan menurut Leonart (dalam Zarkasi dan Rosliansjah, 1995), perbandingan antara tinggi gelagar dengan bentang utama jembatan sangat tergantung pada rasio lendutan maksimum akibat beban hidup dan beban mati, dan memberikan nilai yang ekonomis jika nilainya berkisar antara $\frac{1}{10} - \frac{1}{90}$. Khusus untuk jembatan *Cable Stayed* beton dengan sistem kabel dua bidang, pada kolom ujung tidak menunjukkan gejala aerodinamis yang mengkhawatirkan bila memenuhi persyaratan:

$$B \geq 10H \text{ atau } B \geq \frac{L}{30}$$

Dengan: B = lebar jembatan

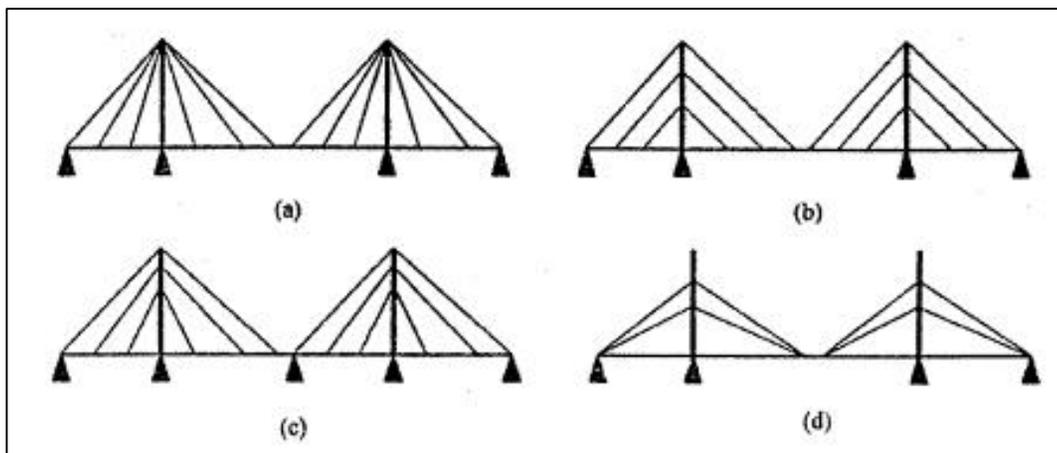
H = tinggi gelagar

L = panjang bentang

Untuk jembatan baja yang relatif ringan dan bentang diatas 400 meter sehingga cenderung mudah bergetar, persyaratan diatas masih berlaku namun sebaiknya digantung ke menara bentuk A dan harus mempunyai $B \geq \frac{1}{25}$.

2.2.2 Kabel

Sistem kabel merupakan salah satu hal mendasar dalam perencanaan jembatan *Cable Stayed*. Kabel digunakan untuk menopang gelagar diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke menara/pylon. Sistem kabel terbagi menjadi empat bentuk dasar, yaitu: a) sistem radiating; b) sistem harp; c) sistem fan; d) sistem star.



Sumber: buku "Jembatan" Cetakan ke-4 oleh Supriyadi dan Muntohar (2007)

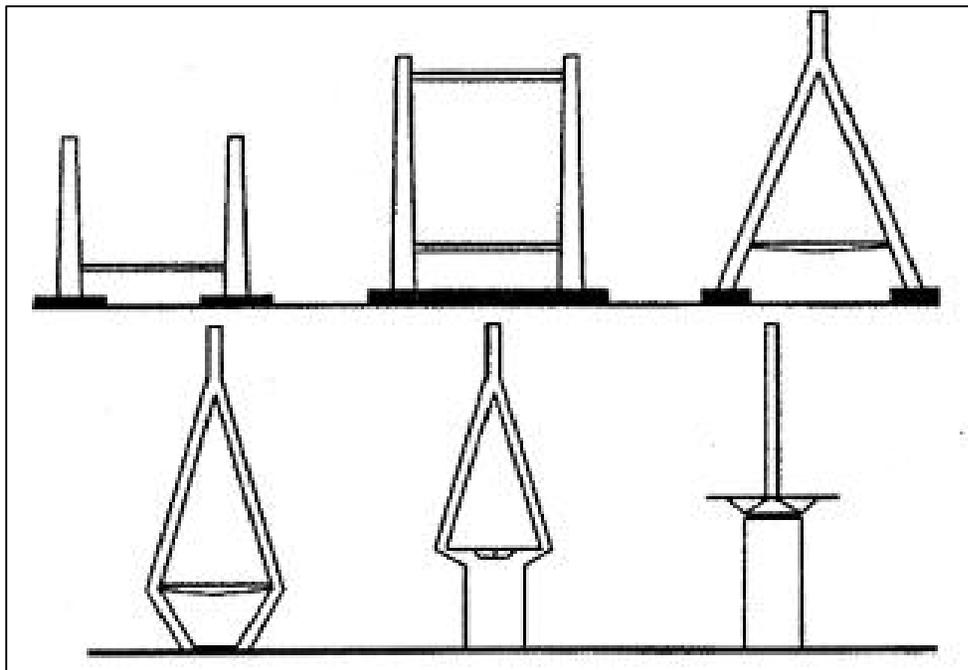
Gambar 2.5 Sistem Kabel (Troitsky, 1977)

Dari gambar di atas, dapat dilihat perbedaan dari setiap sistem kabel. Pada sistem kabel radiating, kabel dipusatkan pada ujung atas menara dan disebar sepanjang bentang pada gelagar. Pada sistem harp, kabel-kabel penggantung dipasang sejajar dan disambungkan ke menara dengan ketinggian yang berbeda pada satu kabel dengan kabel lainnya. Sistem kabel fan merupakan kombinasi antara sistem radiating dan sistem harp, dimana kabel disebar pada bagian atas menara dan pada dek sepanjang

bentang, sehingga kabel tidak sejajar. Sedangkan pada sistem kabel star, bentuknya berlawanan dengan sistem radiating dimana kabel terpusat pada gelagar.

2.2.3 Menara/Pylon

Pemilihan menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika, dan kebutuhan perencanaan serta pertimbangan biaya. Bentuk-bentuk menara dapat berupa rangka portal trapezoid, menara kembar, menara A, atau menara tunggal (Supriyadi dan Muntohar, 2007:204).



Sumber: buku "Jembatan" Cetakan ke-4 oleh Supriyadi dan Muntohar (2007)

Gambar 2.6 Jenis-jenis Pylon/Menara

Menurut Troitsky (1977:33), tinggi pylon adalah:

$$H \geq L/6$$

$$H = n \cdot a \cdot \tan 25^\circ$$

Dengan: L = bentang jembatan
 n = jumlah kabel
 a = jarak kabel antar gelagar
 H = tinggi pylon

Sedangkan menurut Gimsing (2012:353):

$$H = 0,291 L$$

2.3 Kriteria Perencanaan

Dalam perencanaan jembatan cable stayed, terdapat beberapa literatur yang digunakan sebagai penunjang, antara lain:

1. RSNI T-02-2005 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan
2. RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan
3. RSNI T-04-2005 tentang Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan
4. Surat Edaran Menteri PUPR 2015 Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel

2.3.1 Pembebanan Struktur

Dengan menggunakan dasar RSNI T-02-2005 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan, ada dua kategori aksi berdasarkan lamanya beban bekerja, yaitu:

- a. Aksi tetap atau beban tetap

Merupakan aksi yang bekerja sepanjang waktu dan bersumber pada sifat bahan, cara jembatan dibangun, dan bangunan lain yang mungkin menempel pada jembatan.

- b. Aksi transien atau beban sementara

Merupakan aksi yang bekerja dengan jangka waktu yang pendek, walaupun mungkin sering terjadi.

Sedangkan menurut sumbernya sendiri, aksi-aksi dalam pembebanan jembatan dikelompokkan menjadi:

1. Beban Permanen
 - a. Beban Sendiri
 - b. Beban Mati Tambahan
 - c. Susut dan Rangkak
 - d. Pengaruh Pratekan
 - e. Tekanan Tanah
2. Beban Lalu Lintas
3. Beban Lingkungan, dll

2.3.1.1 Beban Permanen

1. Beban Sendiri

Beban sendiri dari bangunan yang dimaksud adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural yang dipikulnya. Atau berat sendiri adalah berat dari bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Berat isi dari berbagai bahan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Berat Isi untuk Berat Sendiri

Bahan	Berat / Satuan Isi kN/m ³
Aspal Beton	22
Beton Bertulang	25
Baja	77
Kayu	7,8

Sumber: RSNI T-02-2005

2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur rencana. Beban mati tambahan diantaranya:

- a. Perawatan permukaan khusus
- b. Pelapisan ulang dianggap sebesar 50 mm aspal beton (hanya digunakan dalam kasus menyimpang dan dianggap nominal 22 kN/m³)
- c. Sandaran, pagar pegangan, dan penghalang beton
- d. Tanda-tanda
- e. Perlengkapan umum, seperti pipa air dan penyaluran (dianggap kosong atau penuh)

3. Susut dan Rangkak

Pengaruh rangkak dan penyusutan lebih diperhitungkan dalam perencanaan jembatan beton. Susut dan rangkak menyebabkan momen, geser, dan reaksi ke dalam komponen bertahan. Penyebab gaya-gaya tersebut umumnya diperkecil dengan retakan beton dan baja leleh.

4. Pengaruh Pratekan

Selain dari pengaruh primer, pratekan menyebabkan pengaruh sekunder dalam komponen tertahan dan struktur tidak tentu. Cara yang digunakan untuk menentukan pengaruh penuh dari pratekan dalam struktur statis tak tentu adalah dengan cara beban ekuivalen dimana gaya tambahan pada beton akibat kabel pratekan dipertimbangkan sebagai beban luar. Struktur kemudian dianalisa pada aksi beban tersebut dengan menggunakan program rangka.

5. Tekanan Tanah

Koefisien tekanan tanah harus nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah yang meliputi: kepadatan, kadar kelembapan, kohesi, sudut geser, dsb.

2.3.1.2 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk rencana jembatan jalan raya terdiri dari pembebanan lajur “D” dan pembebanan truk “T”. Pembebanan lajur “D” ditempatkan melintang pada lebar penuh dari jalur lalu lintas pada jembatan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan rangkaian kendaraan sebenarnya.

Pembebanan truk “T” adalah kendaraan berat tunggal (*semitriller*) dengan tiga gandar yang ditempatkan dalam kedudukan jembatan pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua pembebanan bidang kontak yang dimaksud agar mewakili pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” yang boleh ditempatkan per spasi lajur lalu lintas rencana.

1. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari:

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

Beban Terbagi Rata diasumsikan dengan intensitas q kPa, dimana q tergantung pada panjang total jembatan yang dibebani (L).

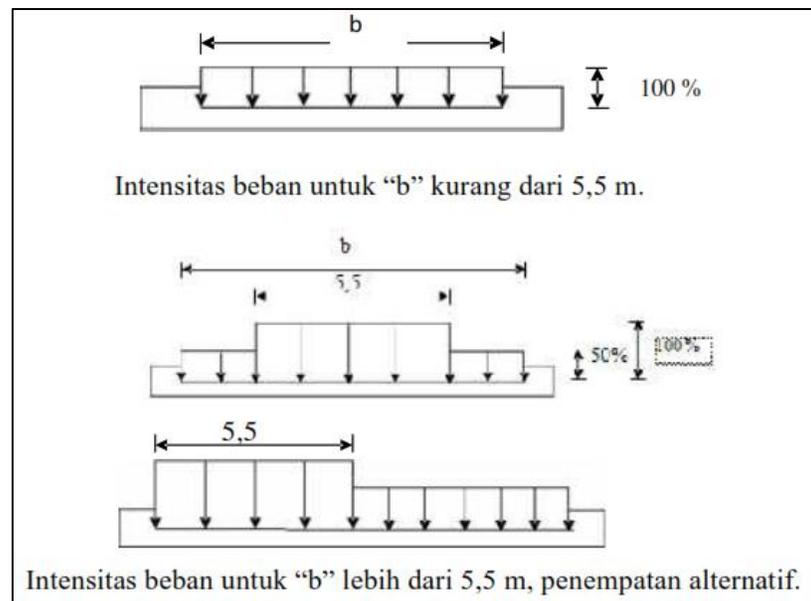
$L \leq 30 \text{ m}$	$q = 9,0 \text{ kPa}$
$L \geq 30 \text{ m}$	$q = 9,0(0,5 + 15/L)$

Sumber: RSNI T-02-2005

Beban BTR boleh ditempatkan dalam panjang terputus agar terjadi pengaruh maksimum. Dalam hal ini, L adalah jumlah dari panjang masing-masing beban terputus tersebut. Beban BTR ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas.

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

Beban Garis Terpusat (BGT) bekerja sebesar P kN/m, ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas. Besar $P = 49$ kN/m. Pada bentang menerus, BGT ditempatkan dalam kedudukan lateral sama yaitu tegak lurus arah lalu lintas pada dua bentang agar momen lentur negatif menjadi maksimum.

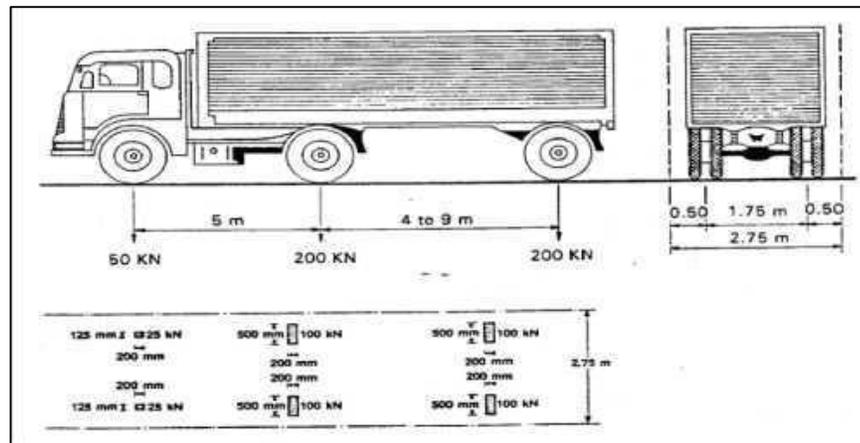


Sumber: RSNI T-02-2005

Gambar 2.7 Skema Penyebaran Muatan "D"

2. Beban Truk "T"

Hanya satu truk yang harus ditempatkan dalam tiap lajur lalu lintas rencana. Untuk panjang penuh dari beban truk “T” harus ditempatkan di tengah lajur lalu lintas.



Sumber: RSNI T-02-2005

Gambar 2.8 Penyebaran Beban Truk “T”

2.3.1.3 Beban Lingkungan

1. Beban Angin

Beban angin merupakan beban lingkungan yang berpengaruh dalam perhitungan perencanaan bangunan atas dari suatu jembatan. Gaya angin pada bangunan atas tergantung pada luas ekuivalen diambil sebagai luas padat jembatan dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan yang terdapat unsur rangka baja ini diambil 30% luas yang dibatasi oleh unsur terluar.

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b$$

Sumber: RSNI T-02-2005

Dan untuk gaya angin akibat adanya kendaraan berada di atas jembatan, diberikan dengan rumus:

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b$$

Sumber: RSNI T-02-2005

Dengan:

T_{EW} = Gaya angin (kN)

C_w = Koefisien seret

= 1,2 (tabel 27 Koefisien Seret RSNI T-02-2005)

V_w = Kecepatan angin rencana (m/s)

= 30 m/s (untuk daerah > 5 km dari pantai dengan keadaan batas ultimit)

A_b = Luas bagian samping jembatan (m²)

2. Beban Gempa

Terdapat dua metode dalam menganalisis beban gempa, yaitu metode statis ekuivalen dan metode analisa beban gempa dinamis.

Dalam analisa beban gempa dinamis, digunakan data Respon Spectrum gempa yang sesuai dengan lokasi jembatan yang akan direncanakan. Data respons spektrum tersebut diperoleh dari web resmi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yaitu http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ untuk wilayah Lumajang dengan kondisi tanah sedang dengan output berupa data perbandingan Percepatan dan Periode yang kemudian akan dianalisa oleh program SAP2000.

2.3.1.4 Faktor Beban

Tabel 2.2 Faktor Beban keadaan batas ultimate

Jenis	Faktor Beban Keadaan Batas Ultimate	
	Keterangan	Faktor Beban
Berat sendiri	Baja	1,1
	Beton cor di tempat	1,3
	Beton pracetak	1,2
	Kayu	1,4
Beban mati tambahan	Kasus umum	2,0
	Kasus khusus	1,4
Beban lajur "D"	-	1,8
Beban truk "T"	-	1,8
Beban angin	-	1,2
Beban gempa	-	1,0

Sumber : RSNi T-02-2005

2.3.1.5 Faktor Reduksi

Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Baja

Situasi Rencana	Faktor Reduksi
a. Lentur	0,90
b. Geser	0,90
c. Aksial Tekan	0,85
d. Aksial Tarik	
1. Terhadap Leleh	0,90
2. Terhadap Fraktur	0,75
e. Penghubung Geser	0,75
f. Sambungan Baut	0,75
g. Hubungan Las	
1. Las tumpul	0,90
2. Las sudut	0,75

Sumber : RSNi T-03-2005

2.3.1.6 Kontrol Perencanaan

Ada beberapa kontrol yang digunakan dalam perhitungan perencanaan. Diantaranya adalah kontrol terhadap lentur, kontrol terhadap geser, kontrol terhadap lendutan, serta kontrol terhadap tekan/tarik.

Sebelum masuk dalam kontrol-kontrol di atas, ditinjau juga kelangsingan penampang. Kelangsingan penampang (λ) sendiri adalah ukuran dari kecenderungan untuk menekuk pada lentur atau beban aksial atau kombinasi keduanya. Untuk profil WF yang sering digunakan pada jembatan, kelangsingan penampang dapat dirumuskan :

a. Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{f_y}$$

Sumber: RSNI T-03-2005

b. Sayap :

$$\frac{b}{t_f} \leq \frac{170}{f_y}$$

Sumber: RSNI T-03-2005

Dengan :

h = tinggi bersih profil

b = lebar profil

t_w = tebal badan profil

t_f = tebal sayap profil

f_y = tegangan leleh elemen

- Kekuatan unsur terhadap lentur

Kekuatan unsur terhadap momen lentur ultimit rencana (M_u) tergantung pada tekuk pada penampang elemen unsur, sehingga ditentukan $M_u \leq \phi M_n$. Jika unsur berpenampang kompak atau $\lambda \leq \lambda_p$ maka besarnya momen nominal adalah sama dengan momen plastis ($M_n = M_p$). Momen plastis sendiri dapat dirumuskan:

$$M_p = Z \cdot f_y$$

dan

$$Z = f \cdot S$$

Sumber: RSNI T-03-2005

Dengan:

Z = modulus elastis penampang

F = faktor bentuk penampang (penampang I, f = 1,12)

S = modulus elastisitas penampang

Ø = faktor reduksi kekuatan bahan

Mn = momen ultimit struktur

Mp = momen nominal penampang

- Kekuatan unsur terhadap geser

Kekuatan unsur terhadap geser ultimit rencana (V_u) ditentukan oleh kekuatan geser badan, dengan perumusan:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

dengan

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

Sumber: RSNI T-03-2005

Dalam hal ini:

V_u = kekuatan geser ultimit unsur

V_n = Kekuatan geser nominal penampang

Ø = faktor reduksi kekuatan bahan

A_w = luas elemen bahan

- Kekuatan unsur terhadap lendutan

Lendutan pada bentang dapat ditinjau berdasarkan :

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

1. Gaya yang berupa beban merata :

2. Gaya yang berupa beban terpusat :
$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

3. Momen yang terjadi :
$$\delta = \frac{M \cdot L^2}{16 \cdot E \cdot I}$$

Dari total lendutan yang terjadi nantinya harus kurang dari:

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{300}$$

Sumber: RSNI T-03-2005

- Kekuatan unsur terhadap tekan

Kemampuan suatu unsur untuk menahan gaya tekan dari beban sangat menentukan ketahanan unsur. Menurut RSNI T-03-2005, komponen struktur yang mengalami gaya tekan harus memenuhi persamaan:

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

Dengan :

N_u = gaya tekan pada batang (kg)

ϕ = faktor reduksi batas kekuatan
= 0,85 (aksial tekan)

N_n = Kuat tekan nominal (kg)

Kelangsingan elemen penampang (tabel 4 RSNI T-03-2005) :

$$\lambda < \lambda_r$$

$$\frac{b}{t} < \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

Untuk komponen struktur $\lambda < \lambda_r$ (RSNI T-03-2005 Pasal 6.2) berlaku persamaan

$$N_n = 0,66 \lambda_c^2 A_g \times f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 1,5$$

$$N_n = \frac{0,88}{\lambda_c^2} A_g \times f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,5$$

Dengan :

$$\lambda_c = \frac{Lk}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

- Kekuatan unsur terhadap tarik

Menurut RSNI T-03-2005, komponen struktur yang mengalami gaya tarik harus memenuhi persamaan:

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

Dengan:

N_u = gaya tarik pada batang (kg)

ϕ = faktor reduksi batas kekuatan

= 0,90 (kuat tarik leleh)

= 0,75 (kuat tarik fraktur)

N_n = Kuat tarik nominal (kg)

Kelangsingan elemen penampang (tabel 4 RSNI T-03-2005)

$$\lambda < \lambda_r$$

$$\frac{b}{t} < \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

Menurut RSNI T-03-2005 Pasal 5.1, tahanan nominal tarik komponen struktur:

1. Kuat tarik leleh

$$\phi \cdot N_n = 0,90 \times A_g \times f_y$$

2. Kuat tarik fraktur

$$\phi \cdot N_n = 0,75 \times A_e \times f_u$$

2.4 Tahap-tahap Perencanaan

2.4.1 Perencanaan Sandaran

Sandaran adalah pembatas pada tepi jembatan yang berfungsi sebagai pengaman untuk pemakai lalu lintas maupun pejalan kaki yang melewati jembatan tersebut. Sandaran (Hand Rail) terbuat dari pipa besi.

Menurut RSNI T-02 2005 Pasal 12.5 sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu $q=0,75$ kN/m, yang bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang dan vertikal pada sandaran. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah:

1. Merencanakan panjang sandaran sesuai dengan gambar rencana.
2. Menentukan mutu dan profil sandaran
3. Menghitung dua pembebanan arah V dan H ($q = 0,75$ kN/m x faktor beban)
4. Analisa struktur (momen dan gaya litang)
5. Cek kapasitas pipa sandaran
6. Penulangan tiang sandaran
7. Kontrol kemampuan penampang tiang sandaran

2.4.2 Perencanaan Trotoar

Fungsi dari trotoar adalah untuk memberikan pelayanan optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Konstruksi trotoar direncanakan sebagai plat beton yang terletak di atas plat

lantai tepi jembatan yang dalam perhitungan diasumsikan sebagai konstruksi kantilever yang tertumpu pada gelagar memanjang. Dilihat dari ukurannya konstruksi trotoar dianggap sebagai plat satu arah.

Berdasarkan RSNI T-02-2005 pasal 12.1 trotoar harus direncanakan untuk menahan beban rencana ultimit sebesar $q_u = 15 \text{ kN/m}$ yang bekerja sepanjang bagian atas trotoar. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah :

1. Menentukan mutu beton (f_c') dan mutu tulangan (f_y) yang digunakan.
2. Menentukan dimensi plat trotoar yang direncanakan (h, L, b).
3. Menghitung pembebanan ($q_u = 15 \text{ kN/m}$) tanpa berat sendiri plat trotoar, karena seluruhnya menumpu pada plat lantai jembatan.

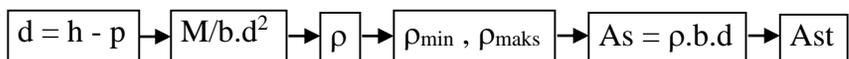
4. Analisa struktur (momen)

$$M_u = 0,5 \cdot q_u \cdot L^2$$

5. Menghitung tulangan (desain plat satu arah)

Menurut buku dari Ir. Gideon Kusuma dkk. yang berjudul “Beton Bertulang” urutan perhitungan penulangan plat trotoar adalah sebagai berikut :

- a. Tulangan utama (arah x)



Dengan :

d = tinggi efektif trotoir

h = tebal trotoir

p = tebal selimut beton

b = lebar trotoir per meter

M = momen

ρ = rasio tulangan

As = luas tulangan analisa

Ast = luas tulangan terpakai

b. Tulangan pembagi/ susut (arah y)

Berdasar pada SKSNI T15-1991-03 dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi sebesar :

Untuk $f_y = 240 \text{ MPa}$; $A_s = 25\% \times b \times h$

Untuk $f_y = 400 \text{ MPa}$; $A_s = 18\% \times b \times h$

2.4.3 Perencanaan Lantai Kendaraan

Pelat lantai berfungsi sebagai konstruksi penahan beban lalu lintas. Konstruksi pelat lantai dicor di tempat dan harus menumpu tekan dan lentur. Sebenarnya konstruksi pelat lantai bagian tengah diasumsikan tertumpu menerus pada gelagar-gelagar di empat sisi-sisinya, sedangkan pada bagian tepi dianggap sebagai konstruksi kantilever yang menumpu pada gelagar memanjang.

Berdasarkan RSNI T-02-2005 beban pada pelat lantai jembatan berupa beban truk "T" yang merupakan beban roda ganda sebesar 125 kN, dari kendaraan truk semitriller. Beban ini mempunyai bidang kontak pada pelat dan disebarkan 45° ke arah bawah sampai ke tengah-tengah tebal pelat.

Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah :

1. Menentukan mutu beton (f_c') dan mutu tulangan (f_y) yang digunakan.
2. Menentukan tebal pelat yang direncanakan.
3. Menghitung pembebanan.
 - a. Beban mati, berupa beban perkerasan dan beban trotoar.
 - b. Beban hidup, berupa beban truk "T" (*faktor beban dan dinamik) dan beban air hujan (*faktor beban).
4. Analisa struktur (momen), perencanaan plat dua arah seperti pada buku beton bertulang Ir. Gideon Kusuma dkk. (metode amplop dan koefisien momen).

5. Memilih momen yang menentukan (terbesar).
6. Menghitung tulangan dua arah pada daerah serat atas/tekan saja (idem).

2.4.4 Perencanaan Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang berfungsi menahan beban pelat lantai, beban perkerasan, beban lalu lintas “D” dan beban air hujan, kemudian menyalurkannya ke gelagar utama/ melintang. Gelagar ini tidak direncanakan sebagai struktur komposit karena bentangnya pendek ($L = 5$ m) namun tetap saja diberikan elemen pengikat (baut) antara profil gelagar dengan metal dek yang berfungsi juga sebagai pengikat lateral gelagar memanjang.

Untuk perhitungan gelagar memanjang pada beban hidup lalu lintas yang digunakan adalah beban truk “T”. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah :

1. Menentukan profil yang digunakan beserta mutu bajanya (σ_y).
2. Menghitung pembebanan
 - a. Beban mati, berupa berat sendiri profil, beban perkerasan, beban pelat lantai (*faktor beban).
 - b. Beban hidup, berupa beban “T” dan beban air hujan, analisa dan penyebarannya terhadap gelagar memanjang seperti pada penjelasan awal.
3. Analisa struktur (momen dan gaya lintang) yang paling menentukan/ terbesar.
4. Cek kapasitas dan kekakuan (idem).

2.4.5 Perencanaan Gelagar Melintang

Gelagar melintang berfungsi menahan beban pelat lantai, beban perkerasan, beban lalu lintas “D”, beban reaksi gelagar memanjang dan beban air hujan, kemudian menyalurkannya ke rangka utama jembatan. Gelagar ini direncanakan sebagai struktur komposit karena bentangnya panjang ($L \pm 9$ m). Ditandai dengan adanya hubungan antara profil gelagar dengan pelat lantai beton berupa paku (Stud) yang berfungsi sebagai penghubung geser (shear connector) untuk pengikat lateral gelagar.

Untuk perhitungan gelagar melintang pada beban hidup lalu lintas yang digunakan adalah beban “D” saja. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah :

1. Menentukan profil yang digunakan beserta mutu bajanya (σ_y).
2. Menghitung pembebanan.
 - a. Beban mati, berupa berat sendiri profil, beban perkerasan, beban pelat lantai, dan beban reaksi gelagar memanjang.
 - b. Beban hidup, berupa beban “D” dan beban air hujan.
3. Meninjau kondisi sebelum dan sesudah komposit
4. Analisa struktur (momen dan gaya lintang) yang paling menentukan/ terbesar.
5. Pendimensian gelagar komposit.
6. Perhitungan gelagar komposit.
7. Cek kapasitas momen positif pada penampang komposit dengan distribusi
 - a. Menghitung lebar efektif pelat beton (b_e) diambil nilai terkecil dari :

Menurut RSNI T-03-2005 pasal 8.2.1

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } b_{\text{eff}} &< 1/5 \times \text{bentang} \\ b_{\text{eff}} &< \text{jarak antar gelagar} \\ b_{\text{eff}} &< 12 \times \text{tebal pelat} \end{aligned}$$

- b. Menghitung luas penampang dan titik berat komposit.
- c. Menghitung kapasitas penampang dan kontrol perencanaannya.

2.4.6 Perencanaan Penghubung Geser (Shear Connector)

Penghubung geser (shear connector) merupakan pengikat lateral gelagar yang berupa paku (stud). Menurut AISC-LRFD kekuatan nominal paku/stud (Q_n) adalah:

$$Q_n = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times f_u \text{ kN}$$

Sumber: AISC-LRFD

Dari kapasitas stud yang ada, nantinya akan dibandingkan dengan gaya geser yang bekerja pada gelagar untuk memperoleh jarak antar stud yang optimum. Jarak antar stud dapat diperoleh dari persamaan:

$$d = \frac{Q \times I_k}{D \times S}$$

Sumber: AISC-LRFD

Dengan :

Q = kekuatan 1 stud (kg)

I_k = momen inersia komposit (cm^4)

D = gaya lintang (kg)

S = Statis momen bagian yang menggeser terhadap garis netral penampang komposit.

2.4.7 Perencanaan Ikatan Angin

Fungsi dari ikatan angin adalah untuk menahan gaya yang diakibatkan oleh tekanan angin samping, sehingga struktur dapat lebih

kaku. Untuk pekerjaan jembatan Grobogan Lumajang ini, direncanakan ikatan angin bagian bawah saja.

Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah :

1. Menentukan profil yang digunakan beserta mutu bajanya.
2. Menghitung pembebanan akibat tekanan angin yang terjadi dikali faktor beban, semua beban dikonversikan per Joint/ simpul ikatan angin, dimana konstruksi ikatan angin dianggap sebagai konstruksi sederhana yang terletak pada dua tumpuan sendi-rol.
3. Menghitung gaya-gaya batang yaitu jumlah dari aksial profil itu sendiri dan gaya angin tekan maupun angin hisap.
4. Menentukan batang tekan atau batang tarik.
5. Cek kekuatan/ tegangan dan kelangsingan (idem).

2.4.8 Analisa SAP2000

Dalam menganalisa menggunakan program SAP2000 v.14.0.0, beban-beban yang dimasukkan ke dalam analisa antara lain beban mati dan beban hidup dari gelagar melintang, gelagar memanjang, dan ikatan angin serta beban angin yang menimpa pada sisi samping jembatan baik pada gelagar maupun pada pylon.

2.4.9 Perencanaan Kabel

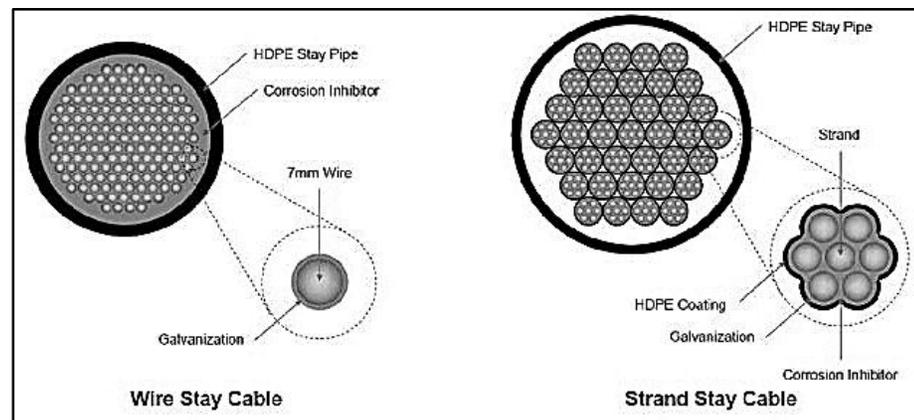
Dalam perencanaan jembatan Cable Stayed, terdapat 2 jenis ruji kabel yang umum dan sering digunakan, antara lain :

a) *Parallel Wire Cables*

Parallel wire Cable terdiri dari kawat bulat digalvanis berdiameter 5 mm sampai 7 mm berbentuk *hexagonal*, dengan suatu *helix* panjang. Kawat tersebut kemudian biasanya dibungkus oleh *High Density polyethylene (HDPE) tube*.

b) *Parallel Strand Cables*

Kabel ini terdiri dari beberapa strand. Strand-strand tersebut selanjutnya dipasang secara paralel. Setiap kabel dapat terdiri dari beberapa strand antara lain sebesar 7, 19, 37, 61, 91, atau 127 buah.



Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel”

Gambar 2.9 Tipe-tipe ruji kabel

Untuk perencanaan dimensi kabel, ada dua jenis kabel parallel VSL 7-wire strand yang biasa digunakan untuk jembatan cable stayed yaitu :

Tabel 2.4 Jenis kabel dan ankur

Standard	ASTM A 416-74 grade 270	Euronorme 138-79
ϕ (mm)	15,2	15,7
As (mm ²)	140	150
fu (f ijin = 0,7 fu) (MPa)	1860 (1302)	1770 (1239)
Ukuran Angkur	7, 12, 19, 31, 37, 61, dan 91 strand	

Dalam perencanaan ini kabel tipe 1 yaitu ASTM 416-74, seperti yang disyaratkan dalam SNI T-03-2005 yaitu mutu kabel yang digunakan memiliki tegangan putus minimal 1800 MPa dan dengan tegangan ijin sebesar 0,7 fu.

Dimensi awal kabel didekati dengan persamaan berikut (Gimsing 2012 halaman 205) :

$$A_{sc} = \frac{P \cos \theta}{(0,7 f_u)(\sin \theta \cdot \cos \theta) - \gamma \cdot a}$$

Dengan :

A_{sc} = Luas penampang kabel

P = beban yang bekerja

θ = sudut kabel terhadap horizontal

γ = berat jenis kabel = 77 kN/m³

a = jarak mendatar dari pylon ke kabel pada gelagar

f_u = tegangan putus kabel = 1860 MPa

2.4.10 Perencanaan Pylon

Penentuan dimensi pylon

Perhitungan dimensi pylon berdasarkan pada besarnya gaya aksial tekan total kabel untuk satu sisi kolom vertikal pylon. Gaya aksial tekan total kabel ini dibandingkan dengan mutu beton pylon yang digunakan, sehingga didapatkan rumus sebagai berikut :

$$A_{\text{perlu}} = \frac{T}{f_c'}$$

Dari A_{perlu} yang didapatkan, dapat ditentukan dimensi pylon dengan rumus berikut ini :

$$A_{\text{perlu}} = b \times h$$

Dengan,

$$h = 1,5 \times b$$

Keterangan :

A_{perlu} = luasan penampang pylon yang diperlukan

T = Gaya aksial total kabel pada pylon

f_c' = mutu beton

b = lebar penampang

h = tinggi penampang

Penulangan pylon

Dalam penulangan pylon, terdapat beberapa kontrol untuk menentukan jumlah tulangan pada pylon.

1. Kontrol lentur
2. Kontrol geser
3. Kontrol tulangan penampang

2.4.11 Perencanaan Sambungan dan Blok Angkur

Perencanaan Sambungan

Sambungan harus dianggap memiliki kekakuan yang cukup agar profil antara unsur tidak mempunyai pengaruh besar pada pembagian pengaruh aksi maupun pada keseluruhan rangka baja. Berikut adalah tipe-tipe baut dengan diameter, proof load dan kuat tarik minimumnya:

Tabel 2.5 Tipe-tipe Baut

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik Min (MPa)
A307	6.35-104	-	60
A325	12.7-25.4	585	825

	28.6-38.1	510	725
A490	12.7-38.1	825	1035

Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel”

Tahanan Nominal Baut

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

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

Dengan:

R_n = tahanan nominal baut sedangkan

ϕ = faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75.

Besarnya R_n berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

1. Tahanan geser baut

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

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b$$

Dengan :

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

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

f_{ub} = kuat tarik baut (MPa)

A_b = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

M = jumlah bidang geser

2. Tahanan tarik baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut:

$$R_n = 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

Dengan :

f_{ub} = Kuat tarik baut (MPa)

A_b = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

3. Tahanan tumpu baut

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

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Dengan :

d_b = diameter baut pada daerah yang tak berulir

t_p = tebal pelat

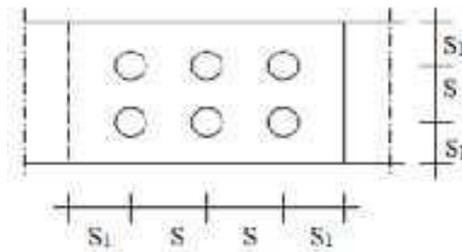
f_u = kuat putus terendah dari baut atau pelat

untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah gaya berlaku

$$R_n = 2,0 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad 3 \cdot 24$$

4. Tata letak baut

Tata letak baut diatur dalam SNI T-03-2005 Pasal 11.5 :



Gambar 2.10 Tata Letak Baut

Jarak antar baut :

$$S > 2,5 d_b$$

$$S < 15 t_p$$

$$S < 200 \text{ mm}$$

Dengan :

Jarak baut ke tepi sambungan :

$$S1 > 1,5 d_b$$

$$S1 < 12 t_p$$

$$S1 < 150 \text{ mm}$$

d_b = diameter baut

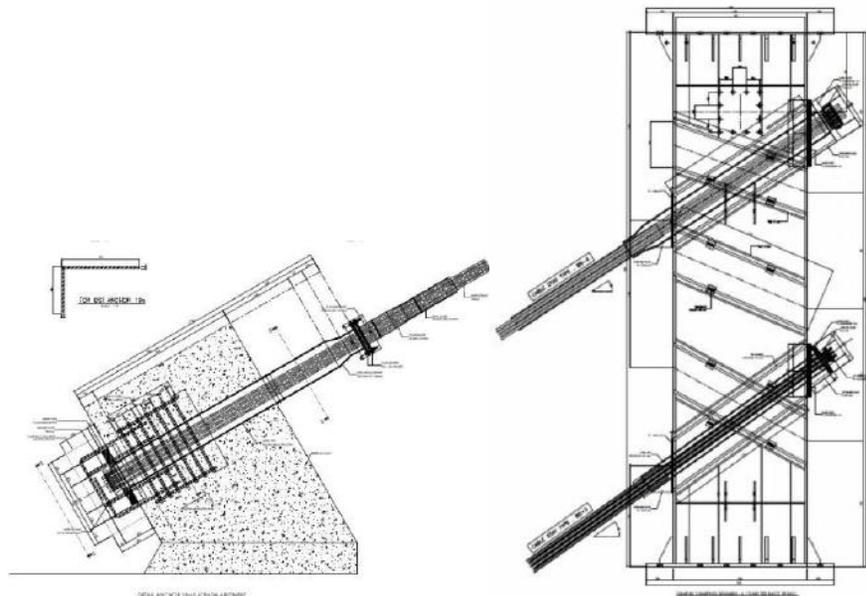
t_p = tebal pelat sambung

Perencanaan Blok Angkur

Angkur pada jembatan kabel berfungsi sebagaiudukan vertikal bagi gelagar sehingga berfungsi menerima hampir semua beban vertikal yang bekerja. Karena itu tegangan yang diijinkan terjadi pada angkur jembatan beruji kabel adalah relatif kecil. Angkur ruji kabel standar mampu memfasilitasi penggunaan 9 – 108 untaian kabel.

Tipe angkur dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Angkur hidup : terletak di ujung kabel ketika dilakukan pemberian tegangan, biasanya pada pylon.
- b. Angkur mati : terletak di ujung kabel ketika tidak dilakukan pemberian tegangan, biasanya di dek jembatan.



Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel”

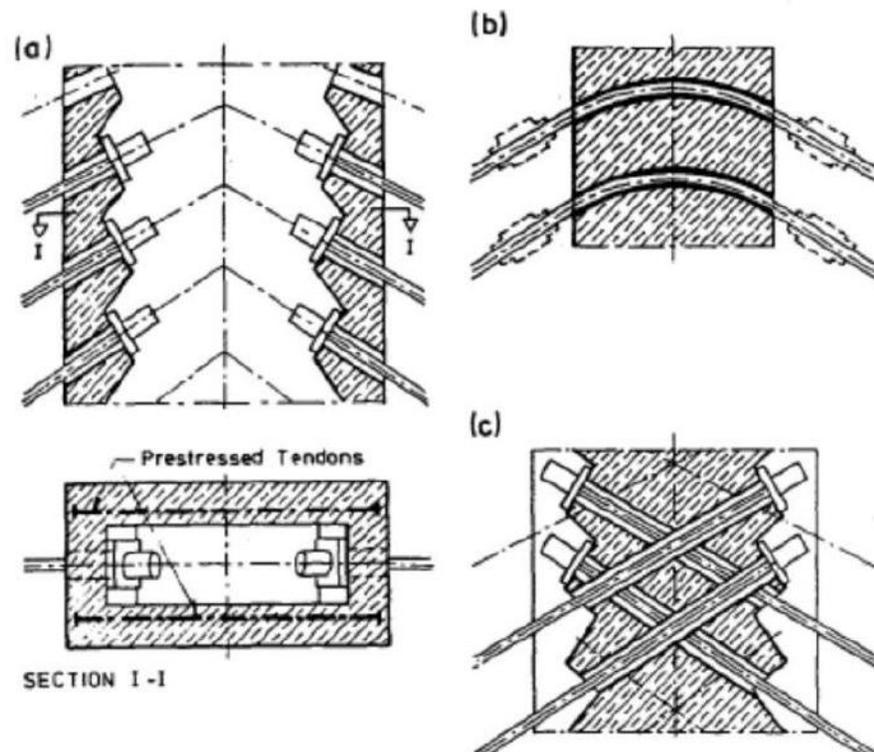
Gambar 2.11 Angkur mati (atas) dan angkur hidup (bawah)

Dari pylon, ruji kabel akan memancar ke arah bentang utama jembatan (*main span*) pada masing-masing sisi jembatan dan jumlah yang sama ke arah bentang samping jembatan (*side span*). Ruji kabel tersebut dipasang dengan angkur di sisi atas di kepala menara dan di sisi bawah di balok tepi lantai kendaraan. Penarikan kabel dilakukan pada angkur hidup yang terletak pada pylon.

Pengangkuran pada pylon

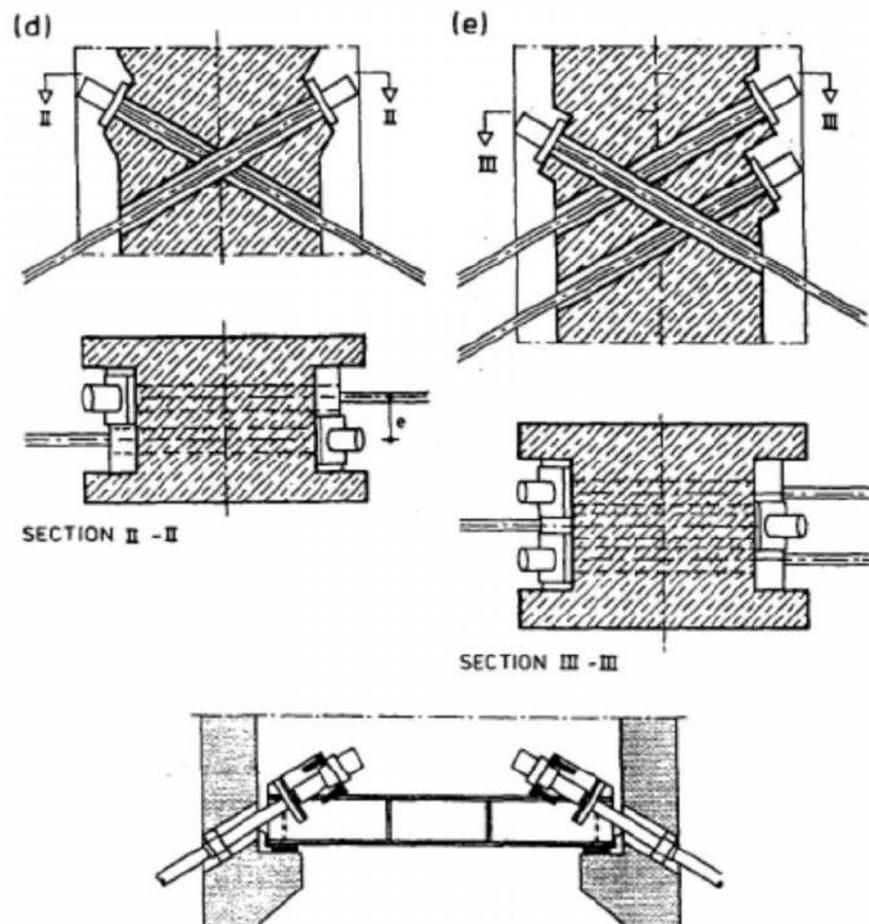
Bagian dari kabel yang masuk ke dalam pylon ditempatkan di dalam suatu pipa pengarah (*guide pipe*) dari konstruksi baja menembus dari sisi *main span* ke sisi *side span* dan sebaliknya.

Berikut adalah beberapa alternatif pengangkuran pada pylon:



Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel”

Gambar 2.12 Alternatif Pengangkuran pada Pylon ((a), (b), (c))

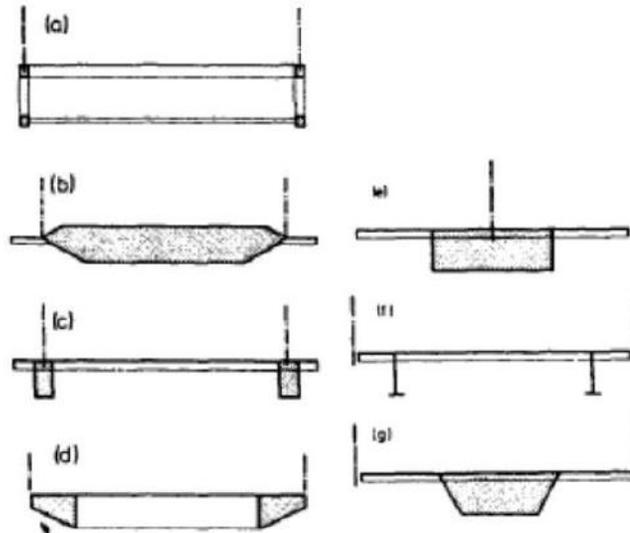


Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel”

Gambar 2.12 Alternatif Pengangkuran pada Pylon ((d), (e), (f))

Pengangkuran pada Dek Jembatan

Berikut adalah lokasi angkur pada dek jembatan:



Sumber : SEM PUPR 2015 "Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel"

Gambar 2.13 Alternatif lokasi angkur pada dek jembatan

2.4.12 Perencanaan Elastomer

Dalam perencanaan bantalan elastomer, digunakan elastomer tipe berlapis dengan perkuatan pelat baja yang membutuhkan keseimbangan kekakuan karena bertujuan untuk menopang beban tekan yang besar dan untuk mengakomodasi translasi dan rotasi. Keseimbangan tersebut dijaga dengan menggunakan elastomer yang relatif lentur dengan nilai modulus geser (G), diantara 0,6 MPa dan 1,3 MPa dan faktor bentuk yang sesuai, dan kekerasan nominal karet harus berada antara 50 dan 60 dalam skala Shore "A". Regangan geser akibat translasi harus dibatasi kurang dari 0,5

mm/mm untuk mencegah guling dan kelelahan yang berlebihan. Ketebalan total bantalan karet tidak boleh melebihi $L/3$ dan/atau $W/3$.

Kekakuan dari bantalan karet ketika dalam kondisi terbebani pada permukaannya terkekang terhadap gelincir, yang tergantung pada faktor bentuk (S) yang merupakan rasio dari daerah yang tertekan terhadap area bebas untuk menjadi gembung. Faktor bentuk untuk lapisan-lapisan elastomer tanpa lubang harus dihitung sebagai berikut:

$$S = \frac{A}{I_p \cdot h_{ri}}$$

$$I_p = 2(L + W)$$

$$A = L \cdot W$$

Sumber : SEM PUPR 2015 "Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan"

Keterangan :

S = faktor bentuk

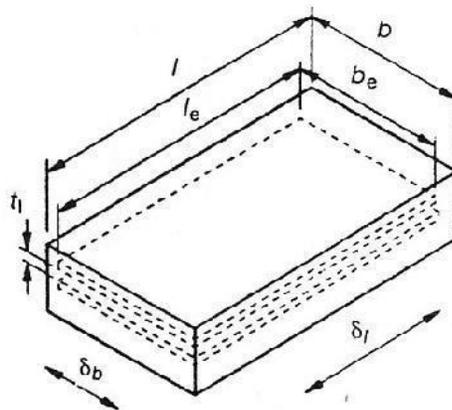
A = luas keseluruhan (mm^2)

I_p = keliling elastomer, termasuk lubang (mm)

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

I = panjang efektif keseluruhan elastomer (mm)

b = lebar efektif keseluruhan elastomer (mm)



Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan”

Gambar 2.14 Representasi perletakan bantalan elastomer

Faktor bentuk (S) harus berada dalam batas berikut ini :

- Untuk bantalan polos $1 < S \leq 4$
- Untuk bantalan tipe berlapis $4 < S \leq 12$

Tegangan tekan maksimum akibat kombinasi beban pada elastomer sebesar 7,0 MPa untuk bantalan yang mengalami deformasi geser. Hal ini adalah untuk mengendalikan agar elastomer tidak terlepas dari pelat penguatnya. Berikut adalah persamaan batasan tekannya:

$$\sigma_s \leq 7,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s \leq 1,0 \times G \times S$$

Sumber : SEM PUPR 2015 “Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan”

Keterangan :

G = modulus geser elastomer (MPa)

S = faktor bentuk

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

Tegangan tarik akan terjadi pada pelat baja karena menahan pergerakan karet. Tegangan tarik ini dapat menentukan tebal pelat yang dibutuhkan, sehingga tebal pelat harus ditentukan berdasarkan :

$$h_s \geq \frac{3h_{rmax}\sigma_s}{f_y}$$

Untuk perhitungan ketahanan fatik berdasarkan AASHTO LRFD 4th Ed 2007 pasal 6.6.1.2.5, kebutuhan pelat ditentukan berdasarkan :

$$h_s \geq \frac{h_{rmax}\sigma_L}{\Delta F_{TH}}$$

Keterangan :

h_{rmax} = ketebalan maksimum lapisan elastomer pada bantalan elastomer (mm)

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

f_y = batas ulur dari plat baja yang digunakan (MPa)

F_{TH} = batas fatik yang digunakan (MPa)

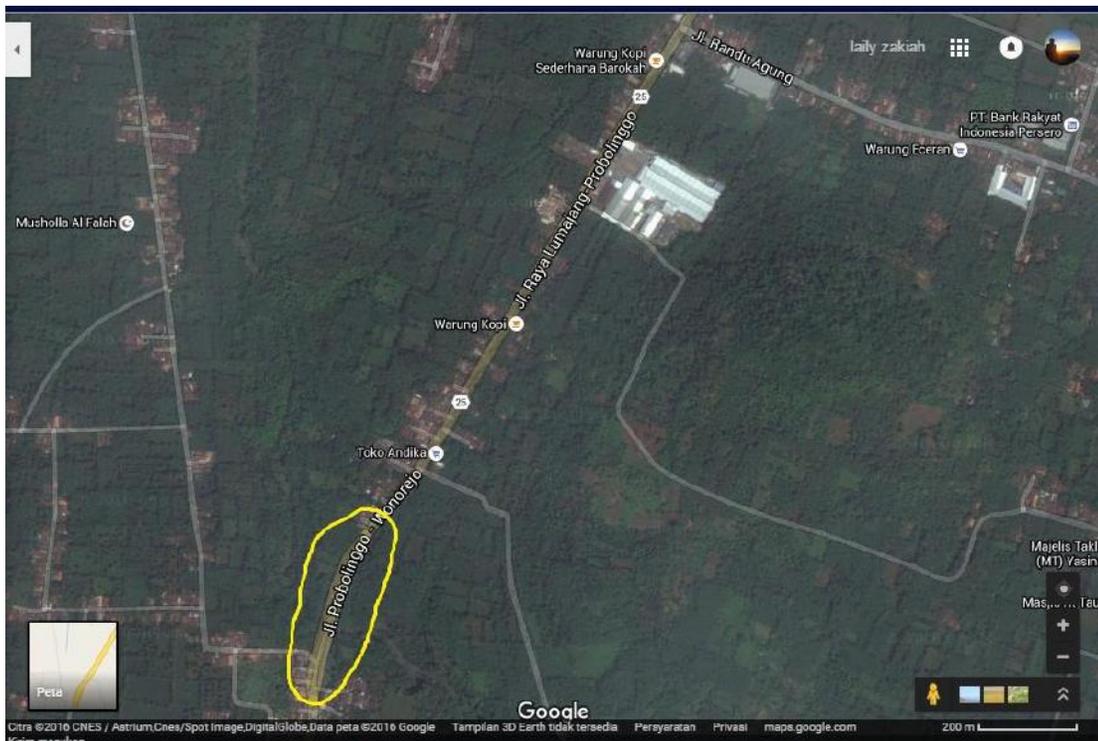
σ_s = tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)

σ_L = tegangan rata-rata akibat beban hidup (MPa)

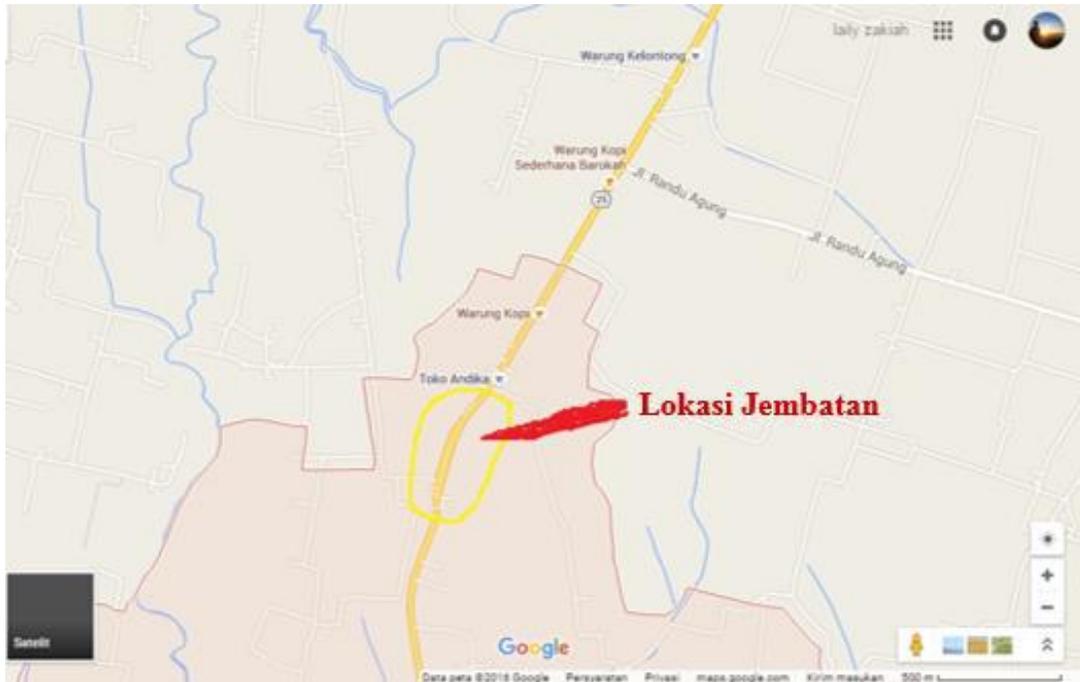
BAB 3. METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

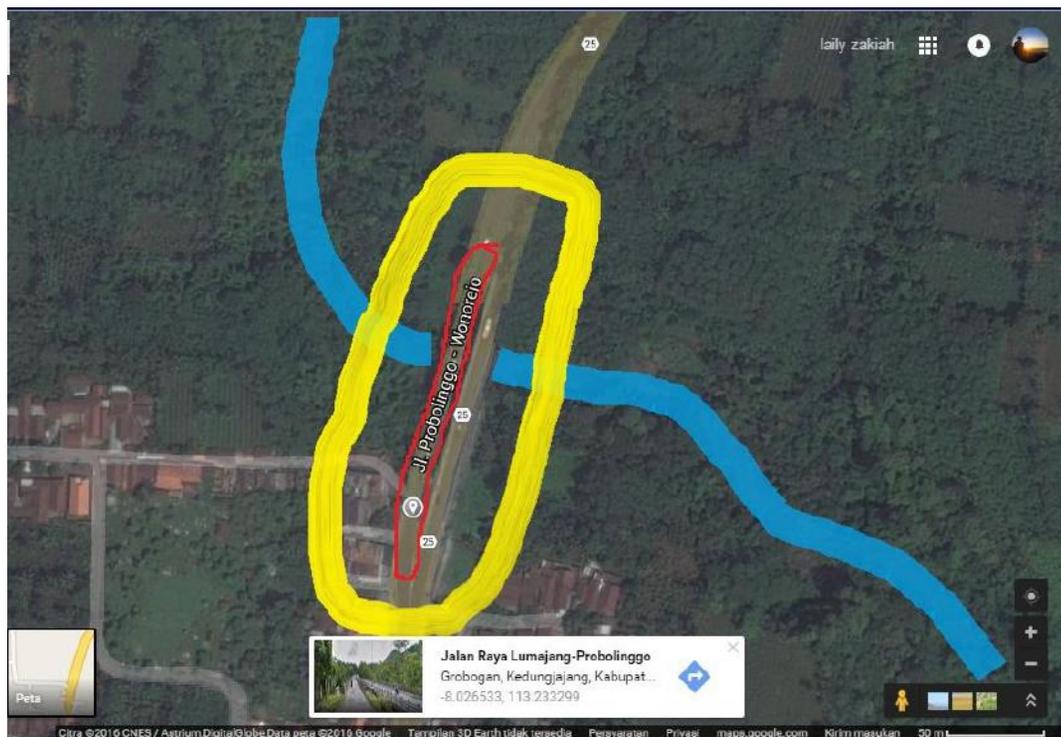
Jembatan yang direncanakan ulang berada di Desa Grobogan, Kecamatan Kedungjajang, Lumajang. Jembatan ini berada di aliran sungai Grobogan yang menghubungkan jalur lalu lintas provinsi dari Kabupaten Probolinggo menuju Kabupaten Lumajang sendiri maupun menuju Kabupaten Jember, dan sebaliknya. Perencanaan ulang jembatan dilakukan pada bulan September 2015 sampai selesai. Berikut adalah gambar yang menunjukkan lokasi jembatan Grobogan:



Gambar 3.1 Peta Lokasi Jembatan (1)



Gambar 3.2 Peta Lokasi Jembatan (2)



Gambar 3.3 Peta Lokasi Jembatan (3)

3.2 Data yang Diperlukan

Untuk merencanakan ulang jembatan jalan raya di aliran sungai Grobogan, Lumajang ini diperlukan data awal jembatan yang digunakan sebagai patokan desain. Data-data tersebut antara lain: a) panjang jembatan; b) tinggi jembatan; dan c) lebar jembatan.

3.3 Metodologi

Perencanaan ulang jembatan diawali dengan pengambilan data awal jembatan. Pengambilan data ini dilakukan dengan survei langsung ke lokasi jembatan tersebut, membaca prasasti jembatan untuk memperoleh data ukuran lebar dan panjang jembatan, kemudian mengukur secara manual untuk tinggi jembatan dengan benang yang diberi pemberat sejenis batu atau kayu. Data-data yang diperoleh tersebut akan digunakan sebagai acuan desain jembatan.

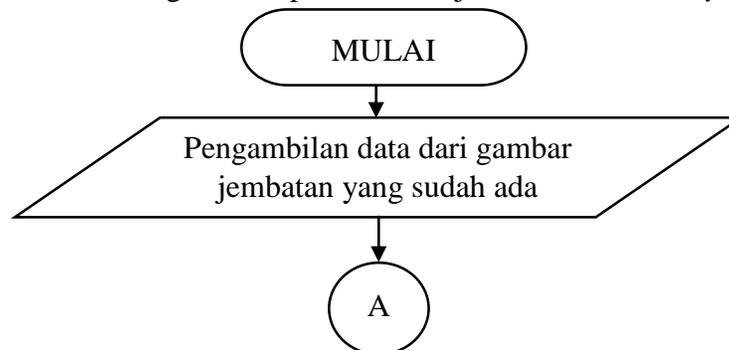
Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan dan perencanaan ulang jembatan dengan desain jembatan *Cable Stayed*. Perhitungan dan perencanaan dilakukan dengan tahap-tahap berikut:

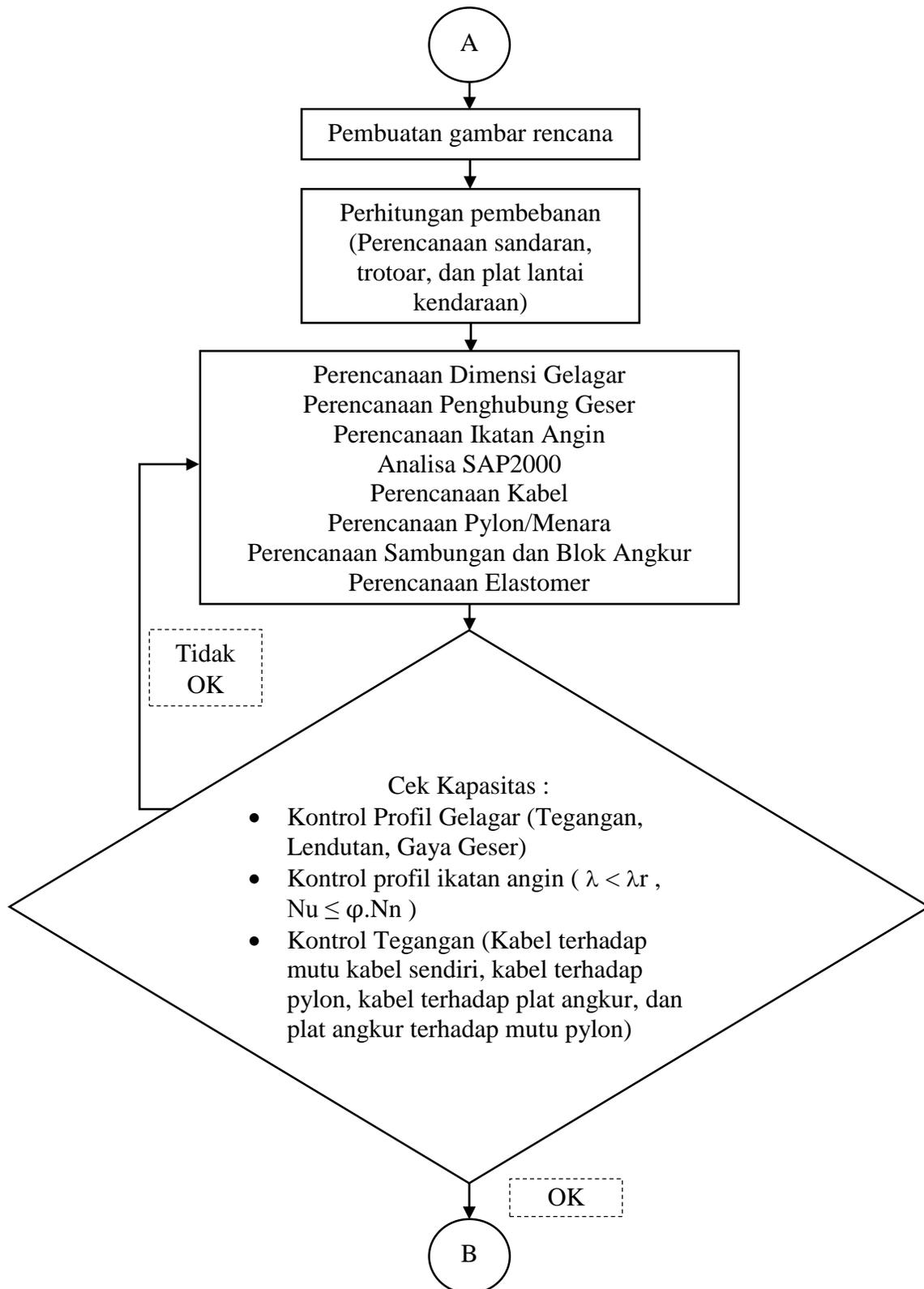
- a. *Pembuatan gambar rencana*, bertujuan untuk menghasilkan gambar rencana jembatan. Gambar yang dihasilkan dari tahap ini masih menggunakan ukuran sebelumnya karena masih belum melakukan perhitungan.
- b. *Perhitungan pembebanan*, terdiri dari perencanaan sandaran, trotoar, dan pelat lantai kendaraan, bertujuan menghitung beban rencana yang akan bekerja pada jembatan dengan mengacu pada RSNi T-02-2005.
- c. *Perencanaan gelagar*, bertujuan untuk merencanakan gelagar memanjang dan melintang jembatan. Gelagar yang direncanakan menggunakan profil baja dengan mengacu pada RSNi T-02-2005.
- d. *Perencanaan sambungan gelagar dan penghubung geser*, untuk menentukan berapa jumlah baut dan stud pada gelagar melintang dan gelagar memanjang. Perhitungan ini berpacu pada RSNi T-03-2005.

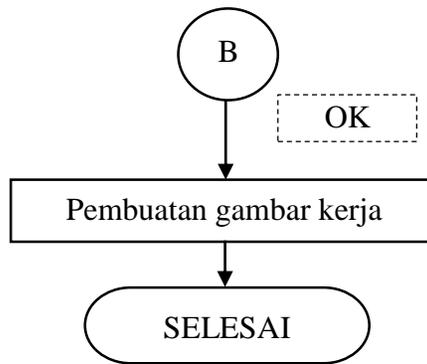
- e. *Perencanaan ikatan angin*, bertujuan untuk menghitung beban angin yang diterima oleh jembatan, dan menentukan profil ikatan angin yang mengikat gelagar di bagian bawah jembatan, mengacu pada RSNI T-02-2005.
- f. *Perencanaan kabel*, bertujuan untuk merancang kabel-kabel penopang jembatan. Pada jembatan *Cable Stayed*, kabel digunakan untuk menopang gelagar diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke menara (Supriyadi dan Muntohar, 2007,198). Untuk menentukan mutu kabel yang akan digunakan, berpacu pada SNI T-03-2005.
- g. *Perencanaan pylon/menara*, bertujuan merencanakan menara jembatan. Pemilihan menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika, dan kebutuhan perencanaan serta pertimbangan biaya. Bentuk-bentuk menara dapat berupa rangka portal trapezoid, menara kembar, menara A, atau menara tunggal (Supriyadi dan Muntohar, 2007:204).
- h. *Perencanaan Elastomer*, untuk menumpu kedua sisi/ujung jembatan. Perhitungan elastomer berdasarkan Surat Edaran Menteri PUPR 2015 tentang Pedoman Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan.
- i. *Pembuatan gambar kerja*, bertujuan untuk menghasilkan gambar yang sesuai dengan ukuran yang telah diperhitungkan.

3.4 Diagram Alir Perencanaan Jembatan

Berikut adalah diagram alir perencanaan jembatan *Cable Stayed*:







Gambar 3.4 Diagram Alir Perencanaan Jembatan *Cable Stayed*

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang dengan Sistem Cable Stayed menggunakan spesifikasi sebagai berikut :

1. Menggunakan baja profil untuk gelagar melintang WF 600.200.11.17, untuk gelagar memanjang WF 300.200.8.12, dan untuk ikatan angin L 150.150.16.
2. Menggunakan mutu beton (f_c') 30 MPa dan mutu baja BJ 55 (f_y 410 MPa, f_u 550 MPa).
3. Pipa sandaran menggunakan baja hollow diameter 76,3 mm dan tebal 2,8 mm, tiang sandaran berdimensi 25 cm x 15 cm x 110 cm dengan tulangan utama 2 – D12 dan sengkang praktis \varnothing 10-200.
4. Lantai trotoar (tebal 30 cm) dan plat lantai kendaraan (tebal 20 cm) menggunakan tulangan lentur D-16 dan tulangan bagi \varnothing -10.
5. *Shear Connector* direncanakan menggunakan stud \varnothing 19 mm dengan tinggi stud (H)=120 mm dan BJ-41. Jumlah stud arah tegak lurus sumbu gelagar melintang adalah 2 buah dengan jarak antar stud 25 cm. Sedangkan stud pada gelagar memanjang, jarak antar stud 125 cm untuk gelagar memanjang tepi dan 50 cm untuk gelagar memanjang tengah.
6. Jenis strand kabel yang digunakan yaitu strand kabel 61. Total kabel pada jembatan sejumlah 40 kabel.
7. Dimensi pylon utama 3x2 m², sedang untuk pylon pengikat atas 1x1 m² dan pylon pengikat bawah 1,5x1,5 m². Diameter tulangan utama 32 mm dan sengkang lateral 22 mm.

8. Pada sambungan di gelagar-gelagar bagian bawah struktur atas jembatan, digunakan baut \varnothing 19 mm dengan tebal pelat sambungan 10 mm. Sedangkan pada angkur kabel digunakan plat angkur berdimensi 500 mm x 500 mm x 40 mm.

5.2 Saran

Berikut ini adalah saran untuk mahasiswa dalam perencanaan jembatan Cable Stayed :

1. Sebaiknya menggunakan software yang analisisnya lebih teliti, terbaru, dan dengan pemodelan 3 dimensi, karena bila menganalisis secara 2 dimensi hasilnya kurang begitu detail dan akurat.
2. Perbanyak referensi-referensi perencanaan jembatan kabel dan metode pelaksanaannya, baik yang ada di Indonesia maupun di mancanegara.
3. Untuk perencanaan selanjutnya, perlu modifikasi bentuk pylon dan juga gelagar. Selain itu, juga dikembangkan lagi dengan memperhatikan perhitungan struktur bawah jembatan dan rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Berita Lumajang. 2015. *Grand Design 2015, Jembatan Baru Dibangun di Timur Jembatan Grobogan*. <http://www.lumajangkab.go.id/>.
- Civil in Action. 2009. *Teknik Jembatan “Jembatan Cable Stayed”*. <http://mydipblog.blogspot.co.id/>
- Departemen Pekerjaan Umum. RSNI T-02-2005. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. RSNI T-03-2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. RSNI T-04-2005. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2011. *Manual Pemeliharaan Jembatan Cable Stayed*.
- Gimsing, N.J. 1983. *Cable Supported Bridges: Concept and Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Hendri. 2013. JURNAL. *Desain Jembatan Cable Stayed Malang Sari – Banyuwangi dengan Two Vertical Planes System*. Surabaya: Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Irawan, R., dkk. 2011. *Perencanaan Teknis Jembatan Cable Stayed*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel*.
- O'Connor, C. 1971. *Design of Bridge Superstructure*. Wiley-Interscience.
- Prasetyo, W. 2013. SKRIPSI. *Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Brantas pada Jalan Tol Kertosono Mojokerto dengan Metode Cable Stayed*. Jember: Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Podolny & Scalm J.B. 1976. *Construction and Design of Cable Stayed Bridges*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Roliansjah, S. & Zarkast I. 1995. *Perkembangan Akhir Jembatan Cable Stayed*. Padang: Makalah pada Konferensi Regional Teknik Jalan (KRTJ) IV.
- Sentral FM Lumajang. 2015. *Penutupan Jembatan Grobogan Lumajang Ditunda Sementara*. <http://www.suarasurabaya.net/>.
- Sentral FM Lumajang. 2015. *Konstruksi 5 Jembatan di Lumajang Kritis dan Terancam Ambruk*. <http://www.suarasurabaya.net/>.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LFRD*. Semarang: Penerbit Erlangga.
- Supriyadi dan Muntohar, 2007. *JEMBATAN (Edisi Ke-IV)*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Suswanto, B., dkk. 2013. JURNAL. *Perancangan Ulang Jembatan Kutai Kertanegara dengan Sistem Cable Stayed*. Surabaya: Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Troitsky, M.S. 1977. *Cable Stayed Bridges: Theory and Design*. London: Crosby Lockwood Staples.

Troitsky, M.S. 1997. *Cable Stayed Bridges Theory and Design*. London: BSP Professional Book.

Walther, R. 1988. *Cable Stayed Bridges*. London: Thomas Telford.

Wijayakusuma, A.F. 2010. SKRIPSI. *Perencanaan Struktur Jembatan Asymmetrical Cable-Stayed Ngrame II Mojosari-Mojokerto dengan Two Vertical Planes System*. Surabaya: Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

GAMBAR KERJA

Jalan Nasional Probolinggo - Lumajang

Perkampungan

Klakah

Sungai Grobogan

Jembatan Grobogan Baru

Jembatan Grobogan Lama



PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Lembangan Grobogan

Lanjutan dengan Sistem *Cable Stayed*

DOSEN PEMBIMBING : DWI NURFANTO, S.T., M.T.
AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.

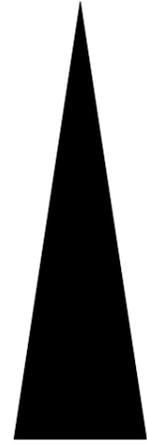
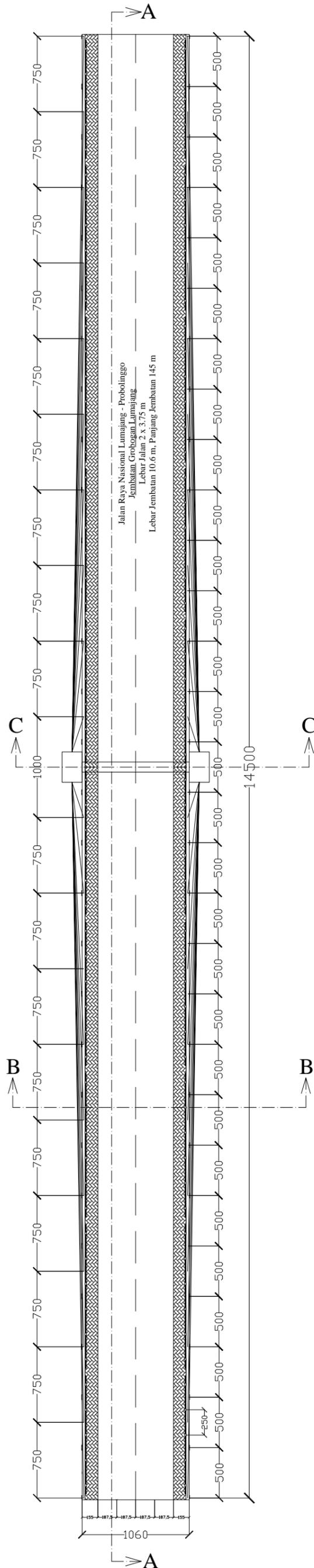
MAHASISWA : LAILY ZAKIAH ILMI
NIM. 121910301081

JUDUL GAMBAR : SITE PLAN

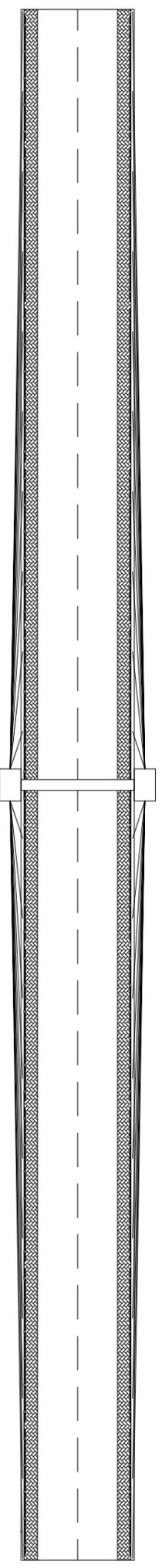
SKALA : 1 : 1000

LEMBAR : 1/15

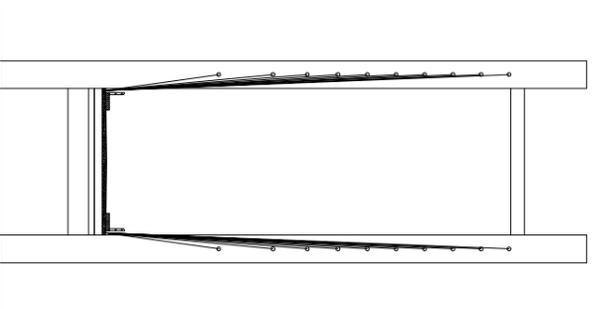
A3



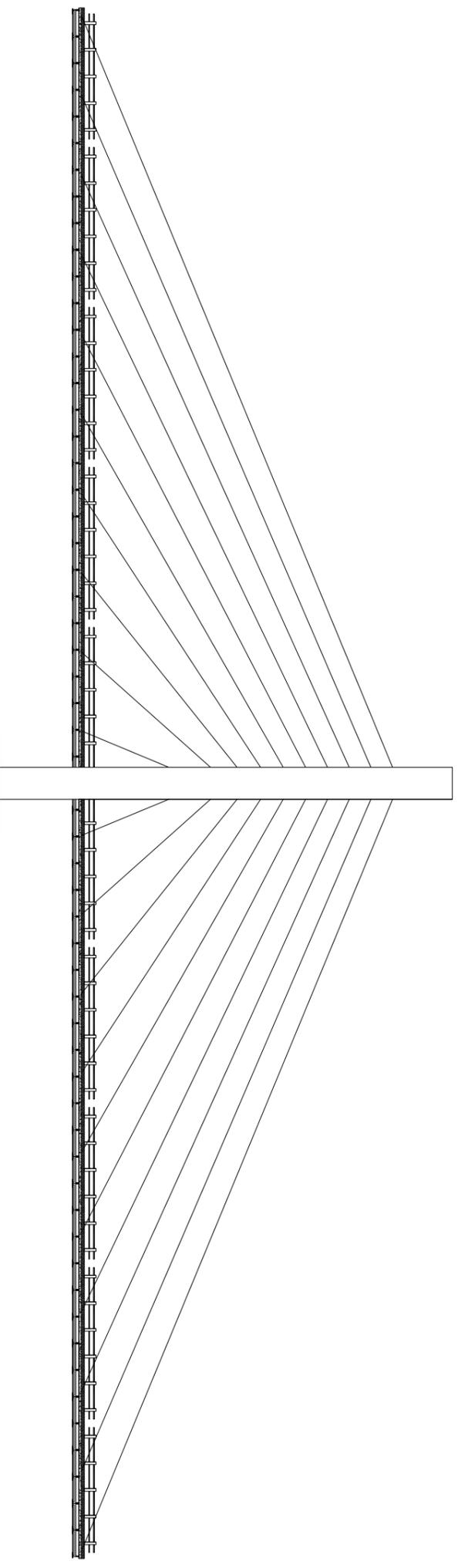
		PROGRAM STUDI STRATA-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	
		TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Groboga Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>	
DOSEN PEMBIMBING : DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.			
MAHASISWA : LAILY ZAKIAH ILMI NIM. 121910301081		2016	
JUDUL GAMBAR : GAMBAR DENAH			
SKALA :	1 : 400	LEMBAR :	2 / 15



TAMPAK ATAS



TAMPAK MELINTANG



TAMPAK MEMANJANG



PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grogog
Lanjutan dengan Sistem Cable Stayed

DOSEN PEMBIMBING : DWI NURFANTO, S.T., M.T.
AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.

MAHASISWA : LAILY ZAKIAHILMI
NIM. 121910301081

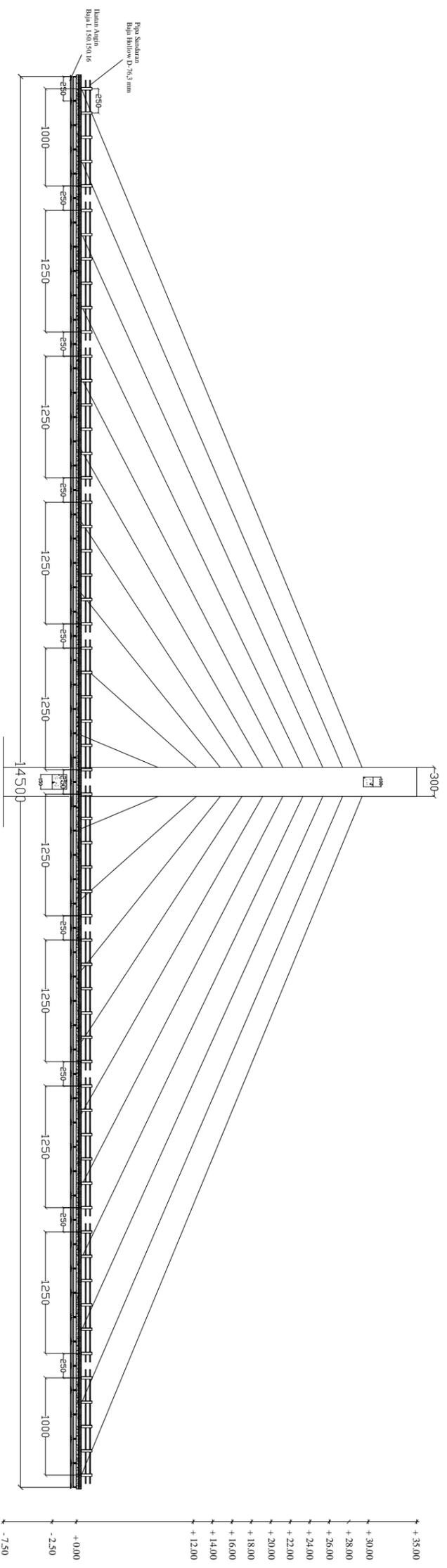
JUDUL GAMBAR : GAMBAR TAMPAK

2016

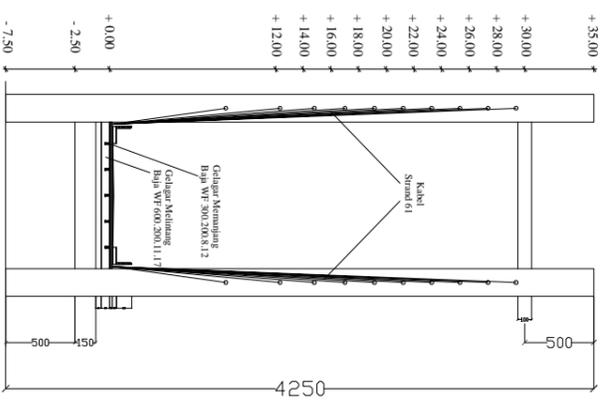
SKALA : 1 : 500

LEMBAR : 3 / 15

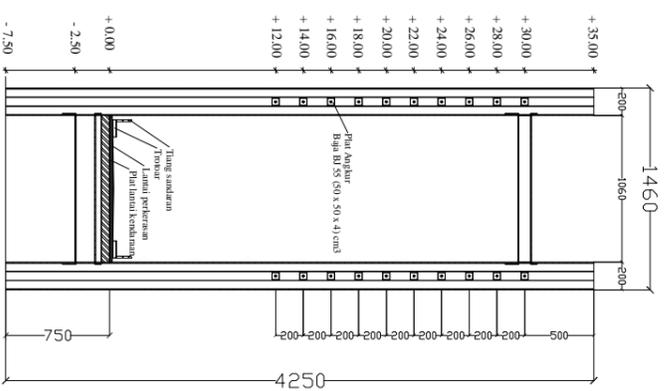
A3



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



POTONGAN C-C



PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR

Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobog
Lanjutan dengan Sistem Cable Stayed

DOSEN PEMBIMBING : DWI NURFANTO, S.T., M.T.

MAHASISWA : LAILY ZAKIAHILMI

NIM. 121910301081

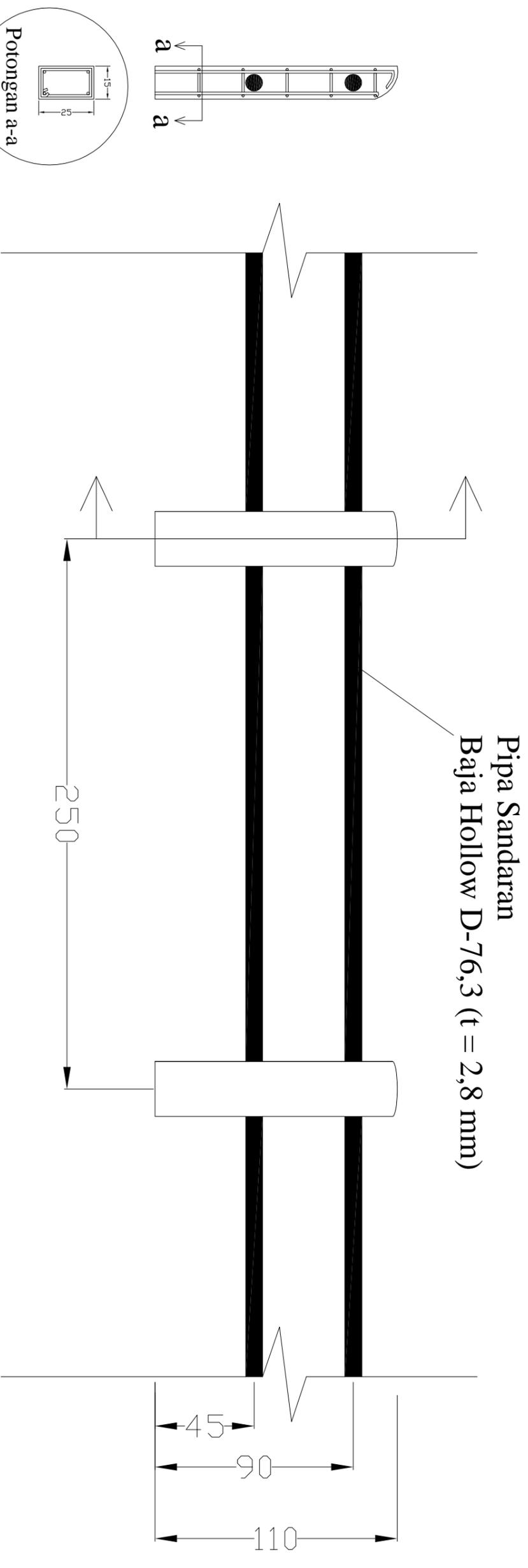
2016

JUDUL GAMBAR : GAMBAR POTONGAN

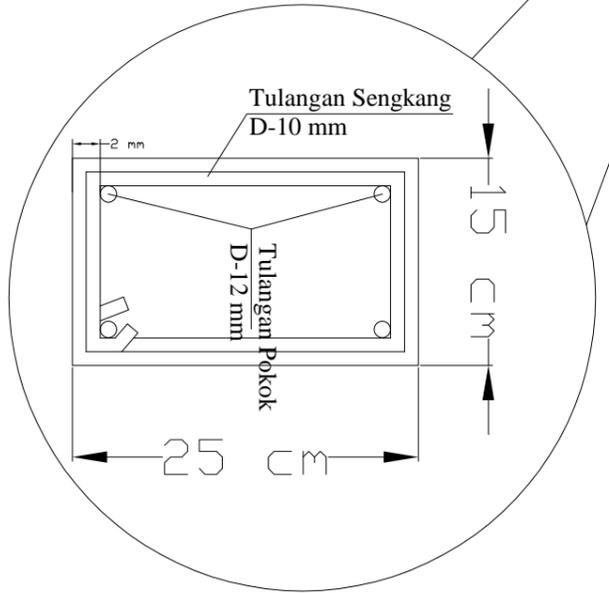
SKALA : 1 : 500

LEMBAR : 4 / 15

A3

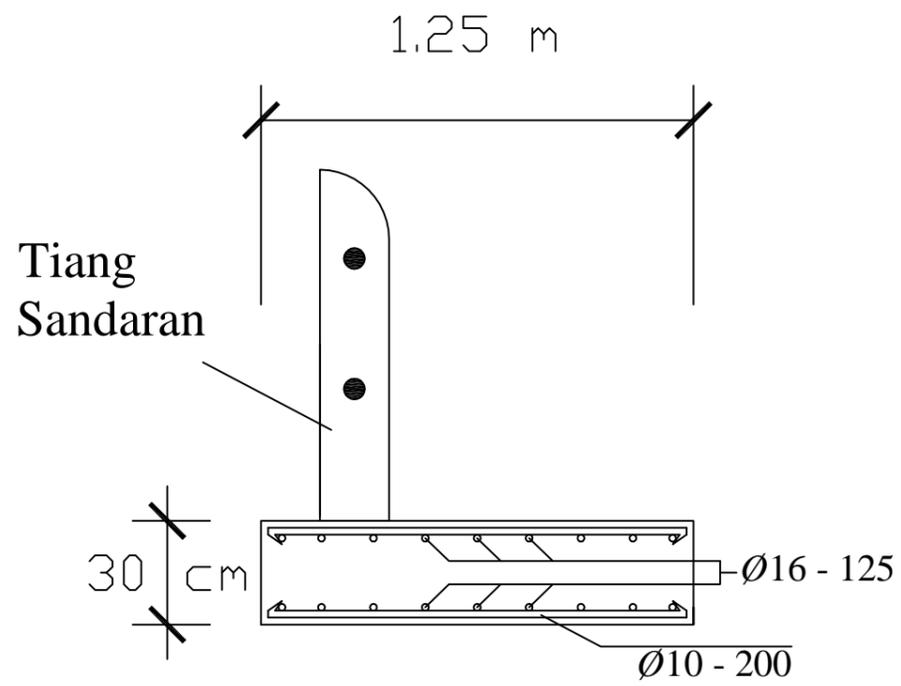


SANDARAN
Skala 1 : 20

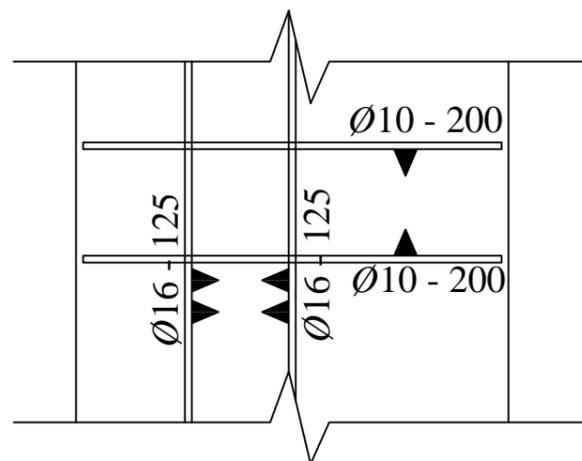


Penulangan tiang sandaran
Skala 1 : 5

		PROGRAM STUDI STRATA-1	
		JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	
TUGAS AKHIR	: Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobong: Lunajang dengan Sistem Cable Stayed		
DOSEN PEMBIMBING	: DWI NURTANTO, S.T., M.T.		
MAHASISWA	: LAILY ZAKIAH ILMI NIM. 121910301081		
JUDUL GAMBAR	: PERENCANAAN SANDARAN		
SKALA :		LEMBAR :	5 / 15
			A3

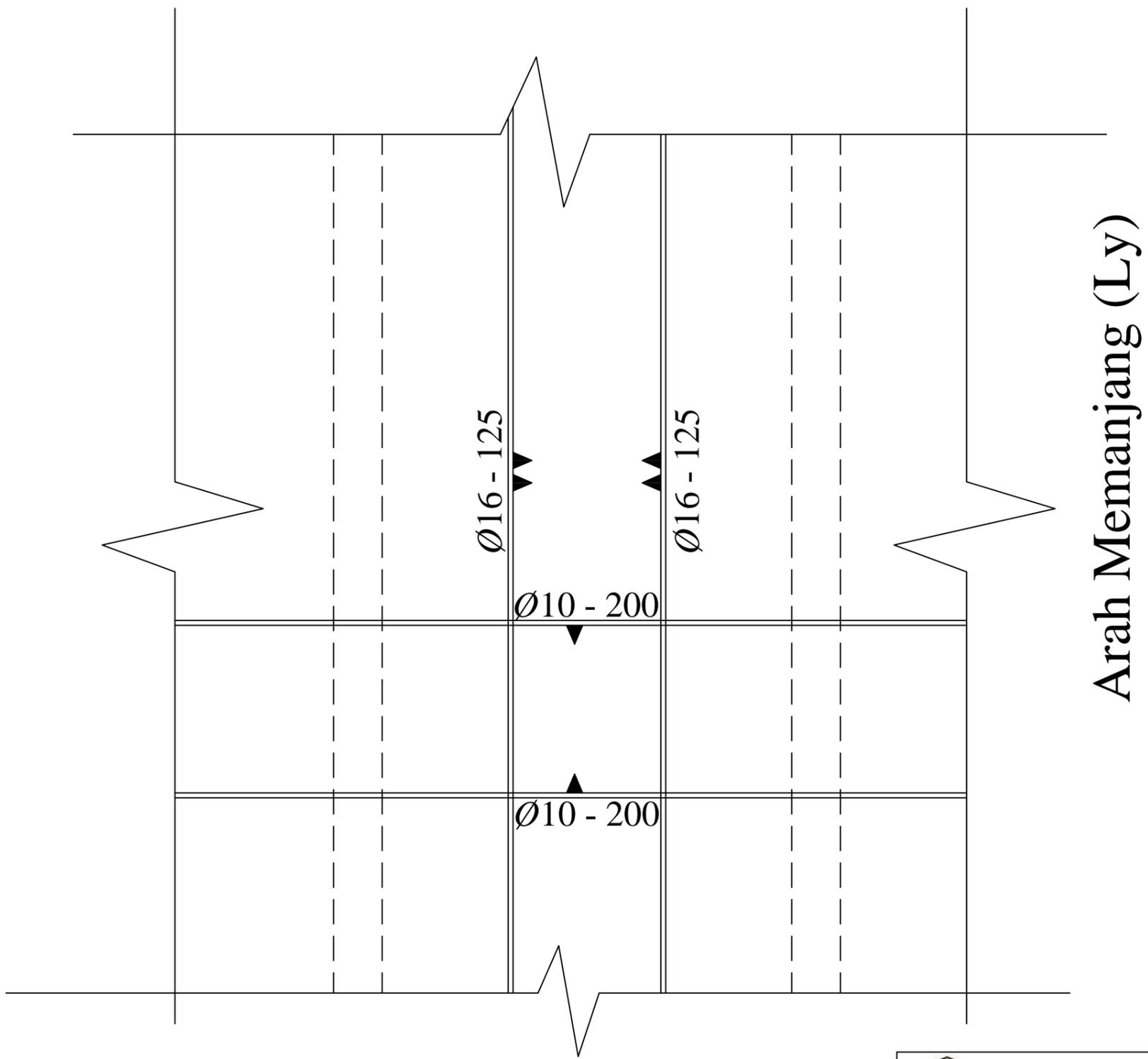
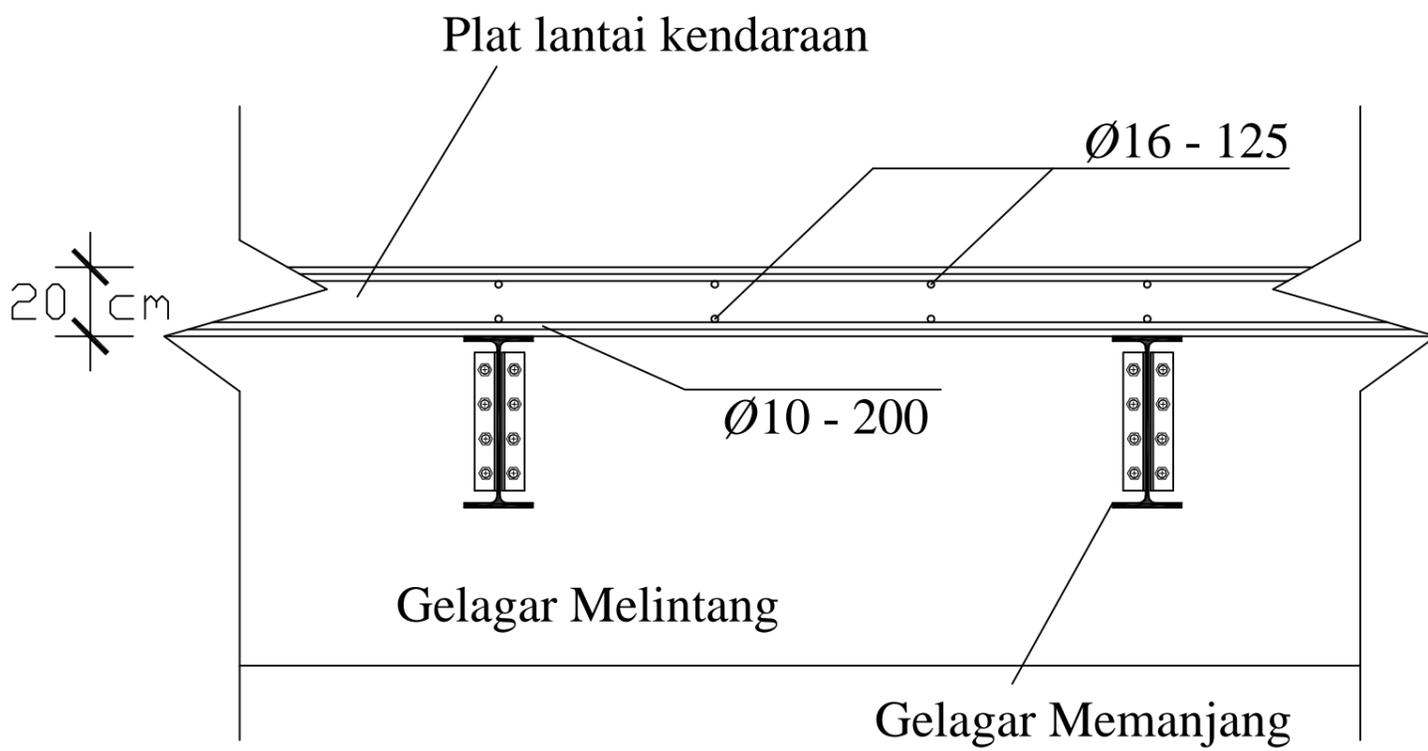


penulangan dalam potongan melintang



penulangan tampak atas

		PROGRAM STUDI STRATA-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	
		TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>	
DOSEN PEMBIMBING : DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.		MAHASISWA : LAILY ZAKIAH ILMU NIM. 121910301081	
JUDUL GAMBAR : PENULANGAN TROTOAR		2016	
SKALA :	1 : 20	LEMBAR :	6 / 15
			A3



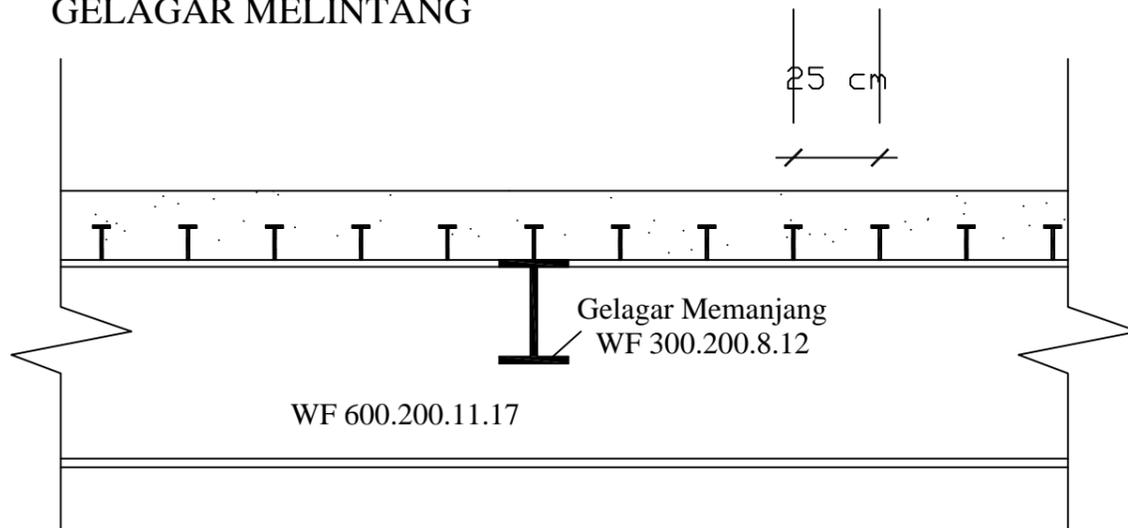
Arah Melintang (Lx)



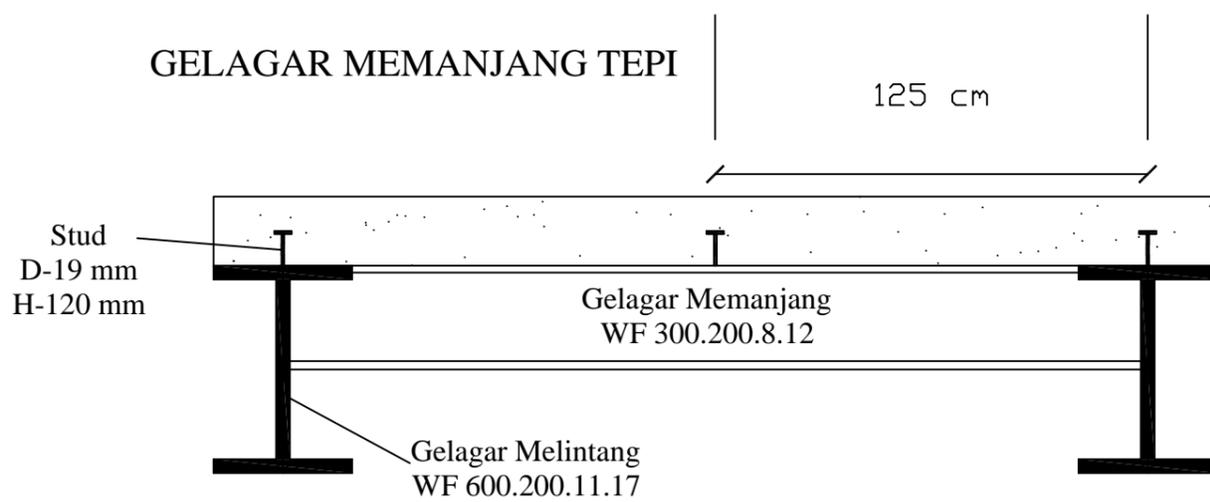
PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR :	Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>	
DOSEN PEMBIMBING :	DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.	
MAHASISWA :	LAILY ZAKIAH ILMU NIM. 121910301081	2016
JUDUL GAMBAR :	PENULANGAN PLAT LANTAI KENDARAAN	
SKALA :	1 : 20	LEMBAR : 7 / 15

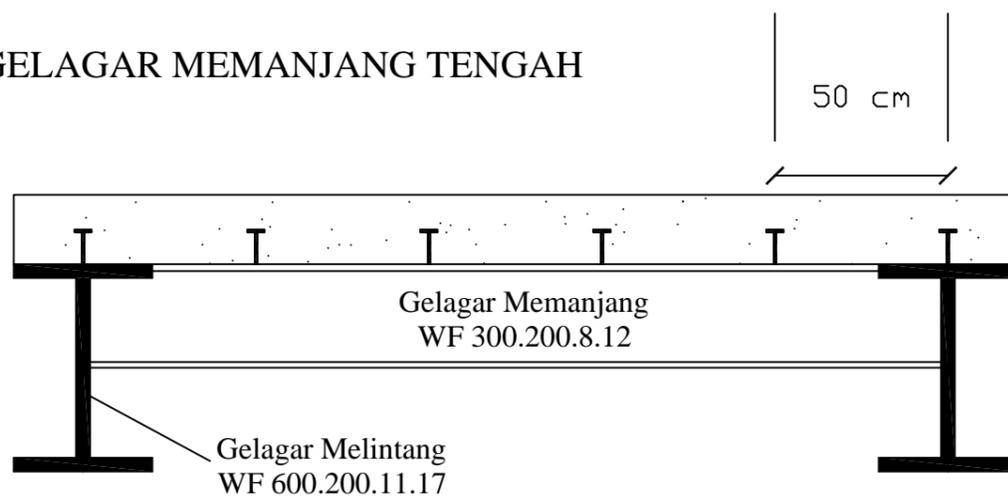
GELAGAR MELINTANG



GELAGAR MEMANJANG TEPI

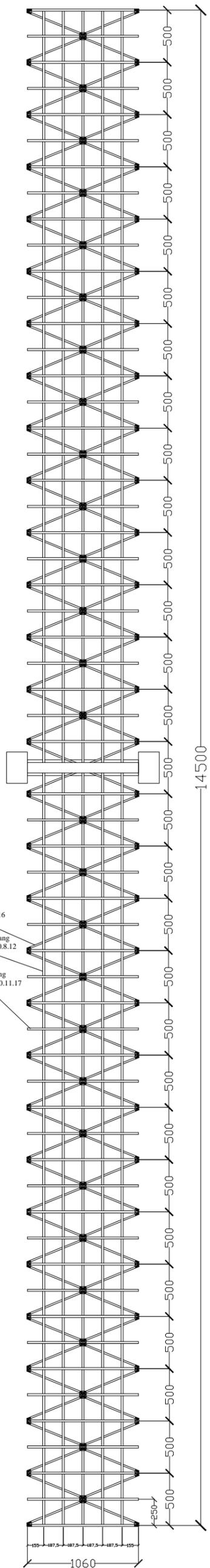


GELAGAR MEMANJANG TENGAH

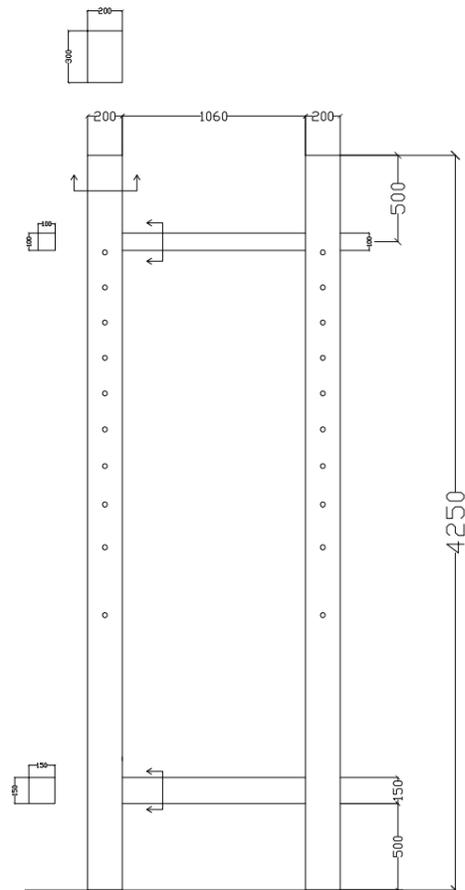


PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR :	Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>		
DOSEN PEMBIMBING :	DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.		
MAHASISWA :	LAILY ZAKIAH ILMI NIM. 121910301081	2016	
JUDUL GAMBAR :	Perencanaan Shear connector (pemasangan stud)		
SKALA :	1 : 20	LEMBAR :	8/15



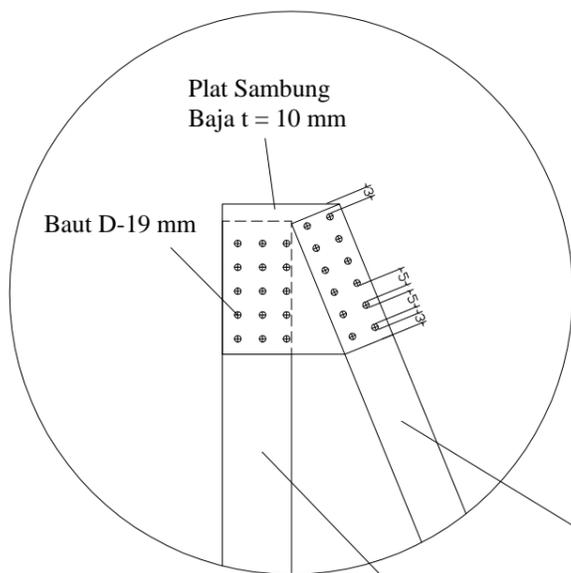
PEMBALOKAN GELAGAR



PEMBALOKAN PYLON

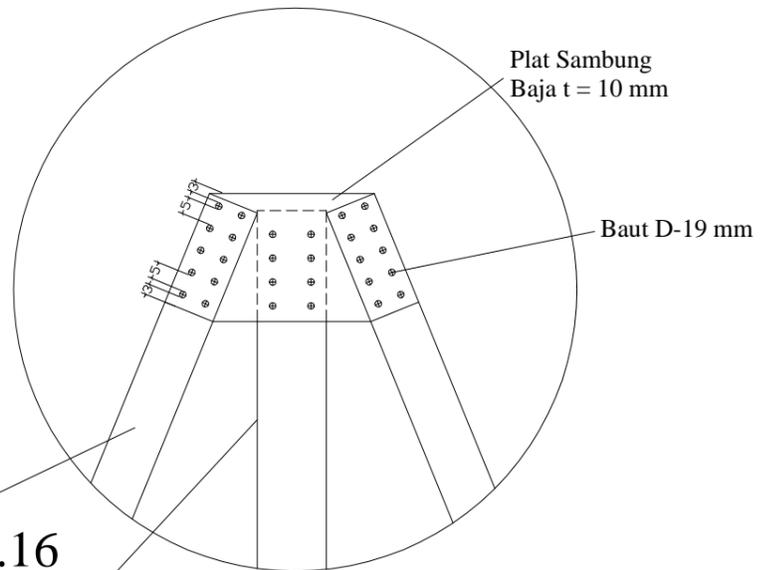
		PROGRAM STUDI STRATA-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	
		TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobog: Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>	
DOSEN PEMBIMBING : DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.		MAHASISWA : LAILY ZAKIAH ILMI NIM. 121910301081	
JUDUL GAMBAR : RENCANA PEMBALOKAN		2016	
SKALA :	1 : 400	LEMBAR :	9 / 15

DETAIL A

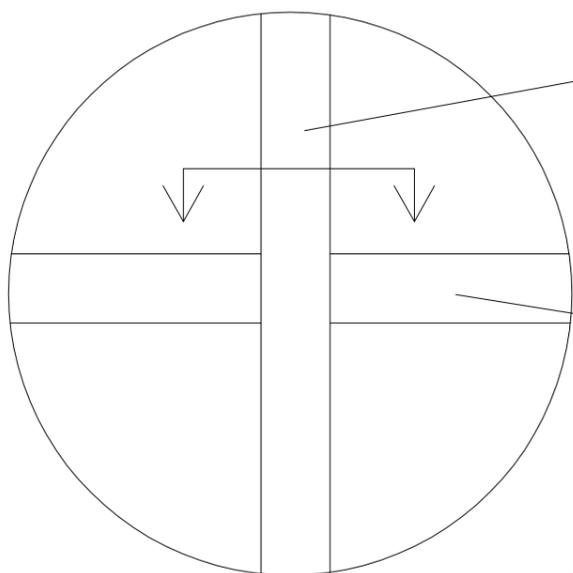


Ikatan Angin
Baja L 150.150.16

DETAIL B



DETAIL C

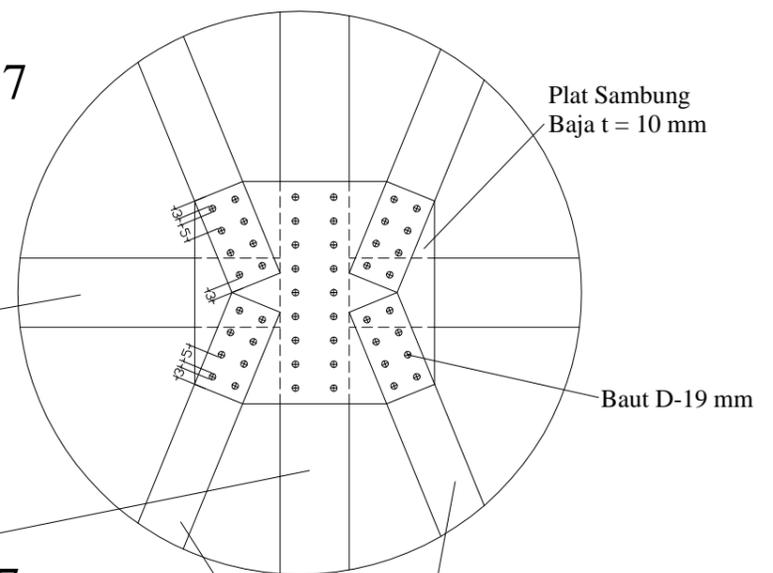


Gelagar Melintang
Baja WF 600.200.11.17

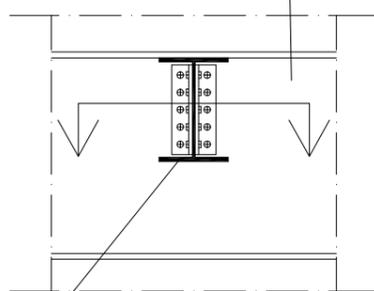
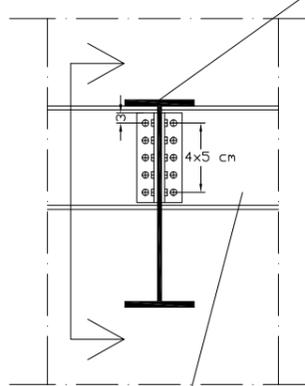
Gelagar Memanjang
Baja WF 300.200.8.12

Gelagar Melintang
Baja WF 600.200.11.17

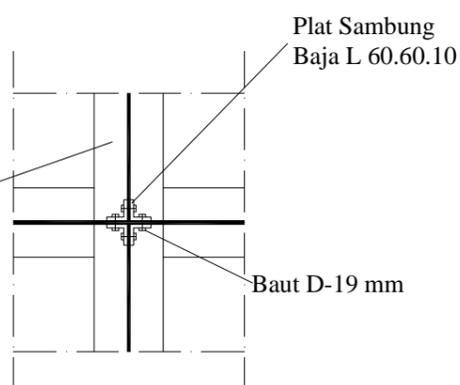
DETAIL D



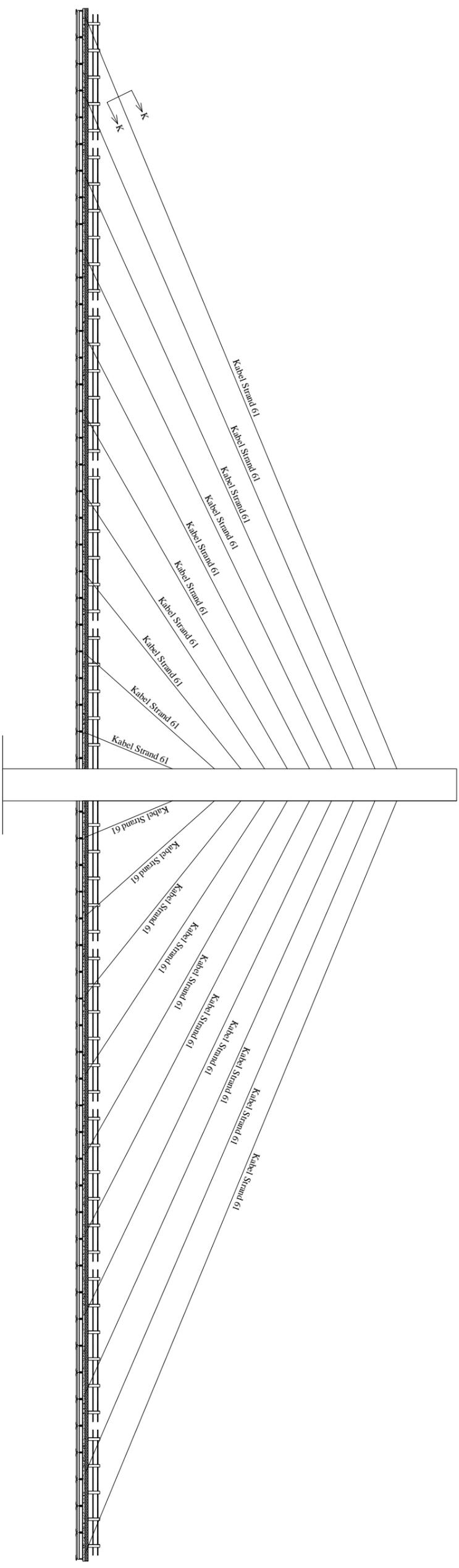
Ikatan Angin
Baja L 150.150.16



Gelagar Memanjang
Baja WF 300.200.8.12



		PROGRAM STUDI STRATA-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	
		TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang dengan Sistem Cable Stayed	
DOSEN PEMBIMBING : DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.		MAHASISWA : LAILY ZAKIAH ILMI NIM. 121910301081	
JUDUL GAMBAR : GAMBAR SAMBUNGAN		2016	
SKALA :	1 : 50	LEMBAR :	11 / 15
			A3



PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR : Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Groboga
 Lumajang dengan Sistem *Cable Stayed*

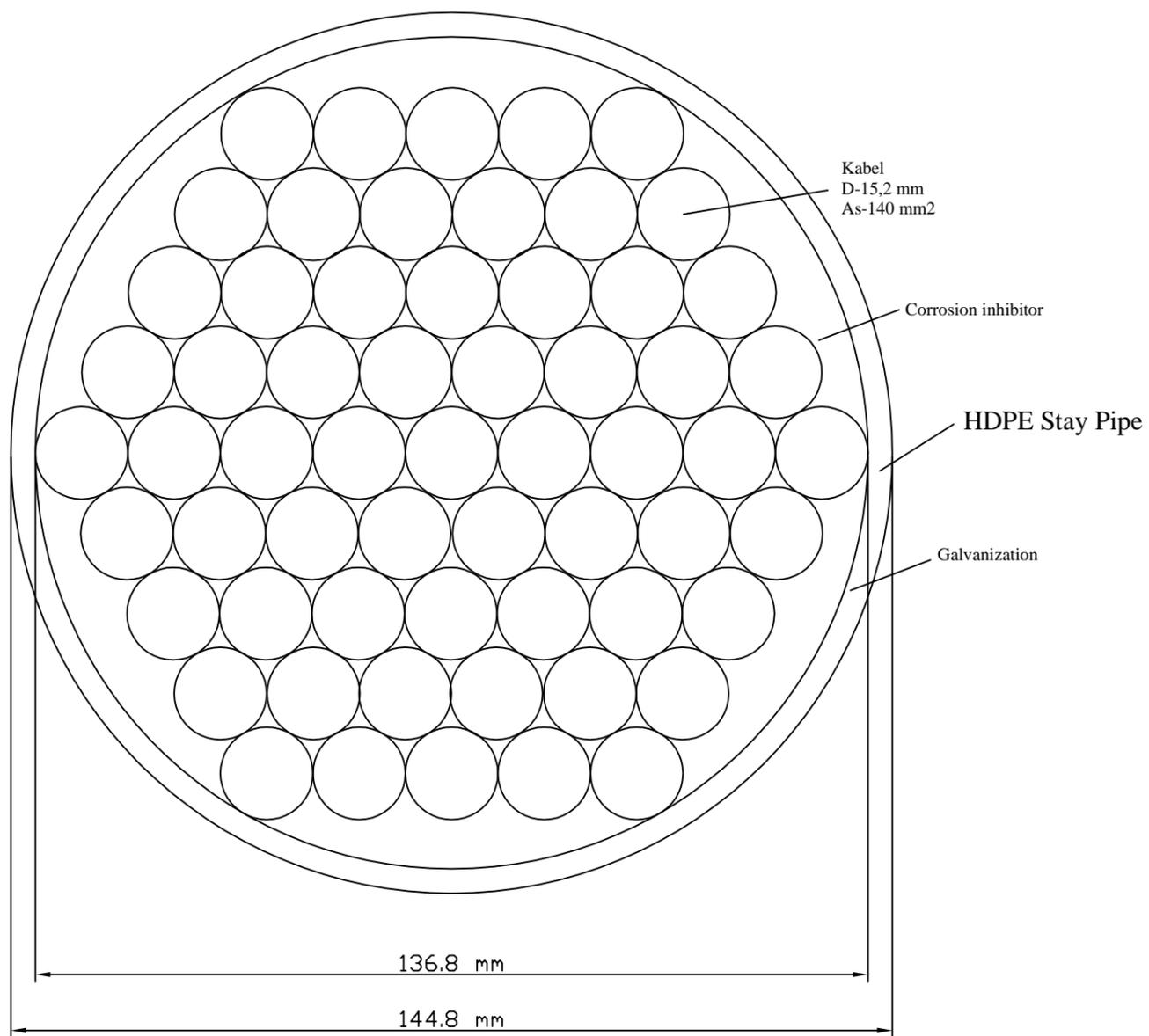
DOSEN PEMBIMBING : DWI NURTANTO, S.T., M.T.
 AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.

MAHASISWA : LAILIY ZAKIAH ILMI
 NIM. 121910301081

JUDUL GAMBAR : PERENCANAAN KABEL

SKALA : 1 : 400 LEMBAR : 12 / 15 **A3**

Kabel Strand 61

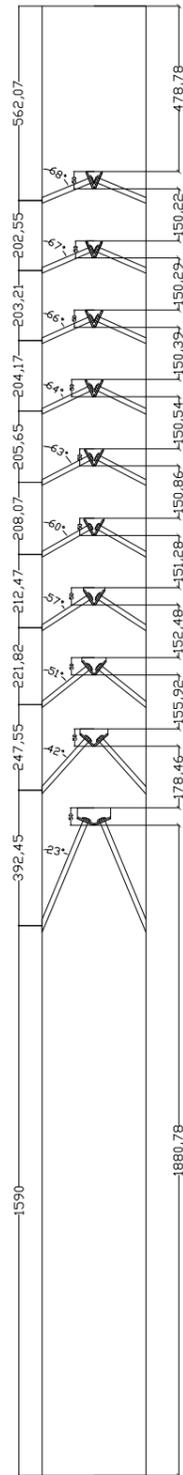
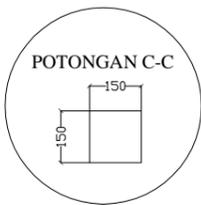
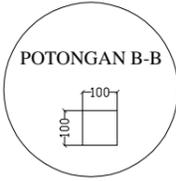
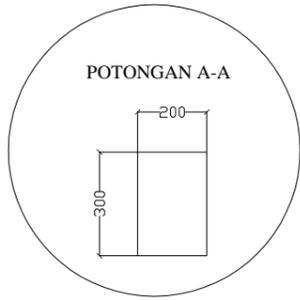


Potongan K - K



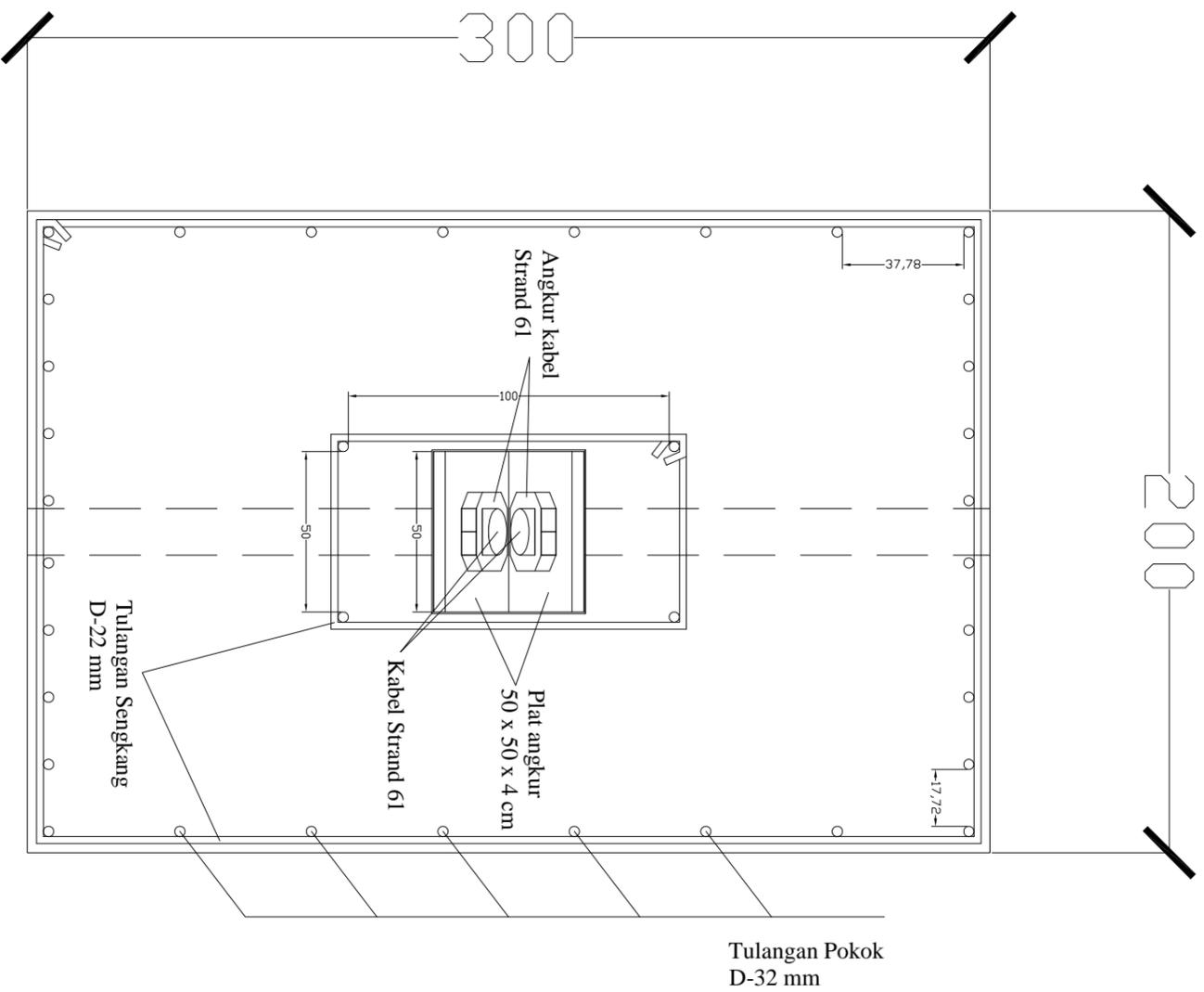
PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR :	Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>		
DOSEN PEMBIMBING :	DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.		
MAHASISWA :	LAILY ZAKIAH ILMU NIM. 121910301081	2016	
JUDUL GAMBAR :	DETAIL KABEL		
SKALA :	1 : 1	LEMBAR :	13/15

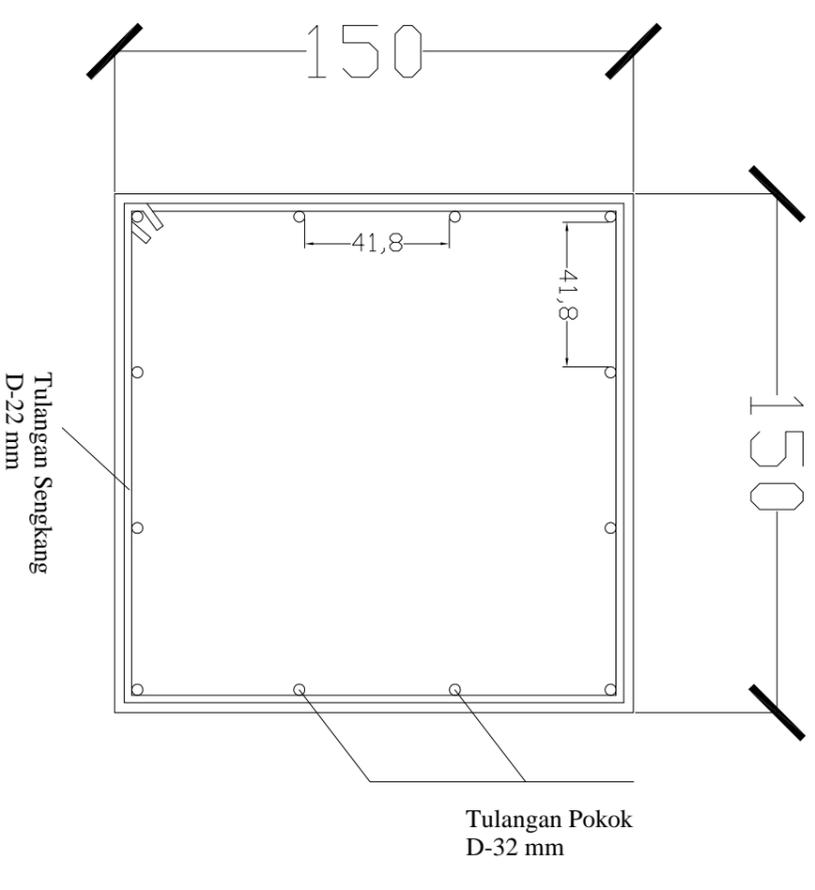


				PROGRAM STUDI STRATA-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER			
TUGAS AKHIR				Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobog: Lumajang dengan Sistem <i>Cable Stayed</i>			
DOSEN PEMBIMBING				DWI NURTANTO, S.T., M.T. AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.			
MAHASISWA				LAILY ZAKIAH ILMI NIM. 121910301081		2016	
JUDUL GAMBAR				PERENCANAAN PYLON			
SKALA :	1 : 200	LEMBAR :	14 / 15	A3			

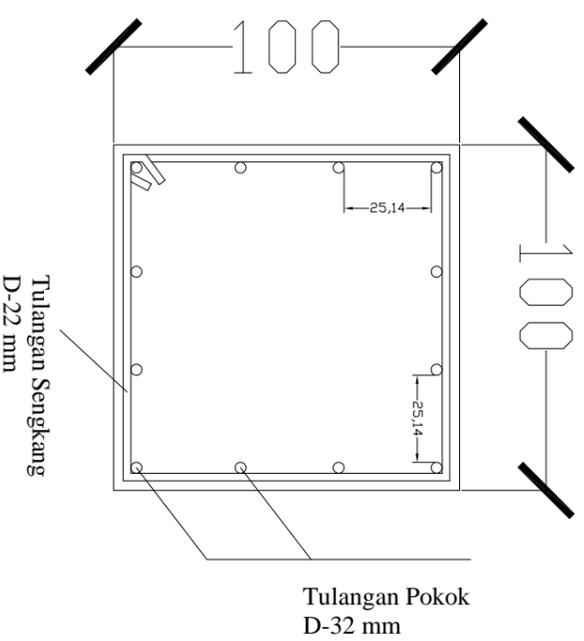
POTONGGAN A-A



POTONGGAN C-C



POTONGGAN B-B



PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

TUGAS AKHIR

: Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Groboga
Lunataiang dengan Sistem Cable Stayed

DOSEN PEMBIMBING:

DWI NURTANTO, S.T., M.T.
AKHMAD HASANUDDIN, S.T., M.T.

MAHASISWA

LAILY ZAKIAH ILMI
NIM. 121910301081

JUDUL GAMBAR

: PENULANGAN PYLON

SKALA :

1 : 20

LEMBAR :

15 / 15

A3

2016