

**PERENCANAAN TEKNIS
JEMBATAN STRATEGIS WAY UMPU
KABUPATEN WAY KANAN
(Skripsi)**

Oleh

I GEDE PUTU INDRA ADITYA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2020**

ABSTRAK

PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN STRATEGIS WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN

Oleh :

I GEDE PUTU INDRA ADITYA

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang sangat penting dalam menunjang kegiatan masyarakat. Sehingga dalam perencanaannya diperlukan pemahaman dan ketelitian agar jembatan yang direncanakan efektif dan efisien untuk dibangun. Salah satu jembatan yang perlu direncanakan adalah Jembatan Way Umpu yang terletak di Kecamatan Blambangan Umpu, Kabupaten Way Kanan yang merupakan bagian dari ruas jalan Lintas Tengah Sumatera. Hal ini dikarenakan telah terjadi kerusakan pada elemen struktur pada jembatan tersebut sehingga dapat membahayakan pengguna jalan dan jembatan.

Tujuan dari karya tulis ini adalah untuk merencanakan Jembatan Way Umpu yang efektif dan efisien. Dalam perencanaan jembatan, elemen-elemen yang perlu direncanakan adalah struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*) dan rencana anggaran biaya (RAB) dengan mengikuti standar perencanaan dan perhitungan yang ada. Standar yang digunakan dalam perencanaan Jembatan Way Umpu ini adalah SNI 1725-2016, RSNI T-02-2005 dan PERMEN PUPR NOMOR 28/PRT/M/2016. Serta dengan menggunakan *software* penunjang untuk mempermudah perhitungan dan desain yaitu AutoCAD 2017, Microsoft Excel 2013, Google Earth Pro dan SAP 2000 V 14.

Hasil dari perencanaan ini adalah (1) tipe struktur atas jembatan yang efektif adalah jembatan rangka baja kelas A dengan panjang bentang 60 m, (2) tipe struktur bawah yang efektif digunakan adalah abutment tipe T terbalik dan fondasi tiang pancang beton pra cetak lingkaran (*spun pile*), dan (3) total biaya konstruksi yang meliputi biaya tenaga kerja, penyediaan bahan dan alat, biaya sewa dan operasional alat berat serta pajak adalah sebesar Rp 16.644.725.377.

Kata Kunci : jembatan rangka baja, abutment, fondasi tiang pancang dan RAB.

ABSTRACT

TECHNICAL PLANNING OF WAY UMPU STRATEGIC BRIDGE IN WAY KANAN REGENCY

By :

I GEDE PUTU INDRA ADITYA

The bridge is one of the transportation infrastructure that is very important in supporting community activities. So that the planning needs understanding and accuracy so that the planned bridge is effective and efficient to be built. One of the bridges that needs to be planned is the Way Umpu Bridge located in Blambangan Umpu District, Way Kanan Regency which is part of the Trans-Central Sumatra road section. This is because there has been damage to the structural elements on the bridge so that it can endanger road and bridge users.

The purpose of this paper is to plan an effective and efficient Way Umpu Bridge. In bridge planning, the elements that need to be planned are the upper structure and the sub-structure and the Budget Plan (RAB) by following the existing planning and calculation standards. Standards used in the planning of the Way Umpu Bridge are SNI 1725-2016, RSNI T-02-2005 and PUPR PERMEN NUMBER 28 / PRT / M / 2016. And by using supporting software to simplify calculations and designs, namely AutoCAD 2017, Microsoft Excel 2013, Google Earth Pro and SAP 2000 V 14.

The results of this plan are (1) the type of effective structure of the bridge is a class A steel bridge with a span length of 60 m, (2) the type of effective lower structure used is an inverted T-type abutment and a pre-cast concrete pile foundation pile), and (3) total construction costs which include labor costs, supply of materials and equipment, rental and operational costs of heavy equipment and taxes amounting to Rp 16,644,725,377.

Keywords : truss bridge, abutment, deep pile foundation dan draft budget.

**PERENCANAAN TEKNIS
JEMBATAN STRATEGIS WAY UMPU
KABUPATEN WAY KANAN**

Oleh

I GEDE PUTU INDRA ADITYA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2020

Judul Skripsi : **PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN STRATEGIS WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN**

Nama Mahasiswa : ***I Gede Putu Indra Aditya***

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615011026

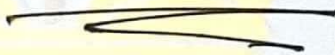
Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Menyetujui


1. Komisi Pembimbing


Drs. I Wayan Diana, S.T., M.T.
NIP 19570210 198503 1 003


Ir. Surya Sebayang, M.T.
NIP. 19580124 198703 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Prodi Teknik Sipil


Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 19700915 199503 1 006

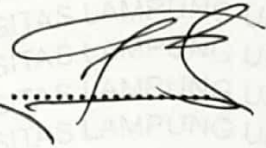

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19720829 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

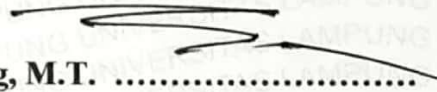
Ketua

: **Drs. I Wayan Diana, S.T., M.T.**



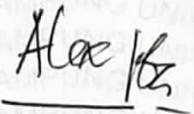
Sekretaris

: **Ir. Surya Sebayang, M.T.**




Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Aleksander Purba, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



 **Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.**
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Juni 2020**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, adalah :

Nama : I Gede Putu Indra Aditya

NPM : 1615011026

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Juni 2020



I Gede Putu Indra Aditya
NPM 1615011026

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Rama Murti, Kecamatan Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah pada tanggal 11 April 1998. Sebagai anak pertama dari pasangan Bapak I Nyoman Atmayasa dan Made Dahlia Sari dan memiliki dua orang adik yaitu Ni Luh Made Rani Indah Sari dan I Gede Komang Artaditya.

Riwayat pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-Kanak Widya Darma (2003-2004), lalu dilanjutkan di Sekolah Dasar Negeri 02 Rama Nirwana yang diselesaikan pada tahun 2010, lalu Sekolah Menengah Pertama Negeri 01 Seputih Raman diselesaikan pada tahun 2013, lalu dilanjutkan di Sekolah Menengah Atas Negeri 01 Seputih Raman yang lulus pada tahun 2016.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung pada tahun 2016 melalui jalur Seleksi Nilai Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur undangan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti beberapa organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil sebagai anggota Departemen Penelitian dan Pengembangan pada tahun 2017-2019. Dan organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian (UKMP) Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Riset dan Penalaran pada tahun 2018 dan menjadi Kepala Departemen Informasi dan Komunikasi pada tahun 2019.

Penulis juga mendapat kesempatan sebagai Asprak Mekanika Fluida dan Hidrolika Teknik Sipil Universitas Lampung (UNILA) pada tahun 2018-2019, Asprak Mekanika Fluida dan Hidrolika Teknik Sipil Institut Teknologi Sumatera (ITERA) tahun 2018, Asprak Hidrolika Teknik Sipil Universitas Teknokrat Indonesia (UTI) tahun 2019, Asprak Hidrolika Teknik Sipil Universitas Saburai (UNSAB) tahun 2019, Asprak Hidrolika Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Universitas Malahayati (UNMAL) tahun 2019, Asdos Tugas Semester Mekanika Fluida dan Hidrolika tahun 2019 serta Asprak Teknologi Bahan Teknik Sipil Universitas Lampung tahun 2019.

Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada periode 1, bulan Januari-Februai selama 40 hari di Desa Bali Sadhar Tengah, Kecamatan Banjit, Kabupaten Way Kanan. Dan melaksanakan kegiatan kerja praktik di proyek pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Lampung selama tiga bulan (Juni-Agustus) di PT. Adiguna Anugerah Abadi.

Penulis juga memiliki beberapa prestasi yaitu Juara I (satu) LKTIN 2nd Agrofest Universitas Bangka Belitung (2019), Juara III (tiga) Lomba Inovasi Beton YCE Universitas Jember (2019), Finalis *National Paper Call* 4th CBR Universitas Lampung dan Finalis LKTIN MOCE Universitas Bengkulu (2020).

Penulis menyusun tugas akhir dengan judul Perencanaan Teknis Jembatan Strategis Way Umpu Kabupaten Way Kanan. Di bawah bimbingan Bapak Drs. I Wayan Diana, Ir. Surya Sebayang, M.T., dan Dr. Eng. Aleksander Purba, S.T., M.T..

Motto

“Jika hidup ini adalah sebuah pertandingan tinju, jangankan menang dengan sistem poin hasil seripun itu mustahil, jadi menanglah dengan K.O”

Drs. I Wayan Diana, S.T., M.T.

“Menghitung itu mudah, bagian tersulit dari ilmu teknik sipil adalah memastikan apa yang kita rencanakan dapat diterapkan di lapangan”

Drs. I Wayan Diana, S.T., M.T.

“Ia yang memiliki kepercayaan dan menguasai panca indrianya akan mencapai ilmu pengetahuan; dan setelah memiliki ilmu pengetahuan dengan segera ia menemui kedamaian abadi”

Bhagavad Gita IV Sloka 39

“Your Future Is Created By What You Do Today, Not Tomorrow”

Anonim

“We Don't Live Forever, Legacy Does It”

Anonim

“Quotes Won't Work Unless You Do”

Anonim

Persembahan

Astung Kara.....

Asung kerta wara nugraha Ida Shang Hyang Widhi Wasa yang Maha Agung
Karena atas segala anugrah dan karuniaNya lah saya dapat menyelesaikan
tugas akhir ini

Karya ini saya persembahkan untuk:

“Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan.
Serta senantiasa menjadi motivasi saya untuk melakukan yang terbaik”

“Kedua adik saya dan saudara-saudara saya yang selalu menjadi penyemangat
untuk senantiasa hidup dengan suka cita”

“Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung
terkhusus Angkatan 2016 yang telah bersama melalui kehidupan kampus yang
tak akan terlupakan dan akan selalu di kenang”

“Kepada Sensei I Wayan Diana, yang selalu menjadi motivator saya untuk
menjadi pribadi yang lebih baik, bertanggung jawab, profesional dan
berintegritas”

“Rekan-rekan di UKM Penelitian Universitas Lampung yang telah menjadi
tempat saya untuk berkarya, berinovasi, berpikir kritis dan berorganisasi”

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkat dan anugrahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Teknis Jembatan Strategis Way Umpu Kabupaten Way Kanan”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di program studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sangat banyak pihak-pihak yang terlibat baik secara langsung atau tidak langsung. Yang senantiasa memberikan bantuan, dukungan, semangat, arahan dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- a. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- b. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- c. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung.
- d. Bapak Drs. I Wayan Diana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I (utama) yang selalu memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, masukan dan saran kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
- e. Bapak Surya Sebayang, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II (kedua) yang selalu memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.

- f. Bapak Dr. Eng. Aleksander Purba, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama pada ujian skripsi dan sebagai Dosen Pembimbing Akademik penulis yang memberikan banyak masukan dan saran demi penyempurnaan tugas akhir serta membimbing penulis dalam urusan akademik.
- g. Bapak I Nyoman Agus Atmayasa dan Ibu Ni Made Dahlia Sari selaku orang tua penulis dan keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, do'a, semangat dan motivasi kepada penulis.
- h. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil terkhusus angkatan 2016 yang telah bersama mengarungi kehidupan kampus.
- i. Rekan-rekan Lab Hidroteknik Universitas Lampung yaitu Yudha, Rayhan, Dea, Fasya, Brigitha, Prima, Dandy dan Goldy yang telah banyak memberikan pengalaman selama penulis menjadi asisten praktikum mata kuliah Mekanika Fluida dan Hidrolika.
- j. Rekan-rekan tim lomba yaitu Rayhan, Kabul, Mayka, Yudha, Annika dan Bella yang telah membantu dan bekerja sama dengan penulis untuk mengikuti lomba-lomba nasional.
- k. Seluruh staff PT. Adiguna Anugerah Abadi, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan kerja praktik dan berbagi ilmu pengetahuan serta pengalaman proyek.
- l. Teman-teman tim kerja praktik di Proyek Gedung VI Rumah Sakit Pendidikan Universitas Lampung yaitu Yudha, Melinda, Aswin dan Agung.
- m. Rekan-rekan pengurus UKM Penelitian Universitas Lampung periode 2019-2020 yang telah memberikan banyak pengalaman berorganisasi.

- n. Teman-teman Kuliah Kerja Nyata di Desa Bali Sadhar Tengah, Kecamatan Banjit, Kabupaten Way Kanan yaitu Gede Agus, Rika, Lessy, Made Hera, Ledi, dan Gede Atmaja yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman selama KKN.
- o. Sahabat-sahabat yang telah banyak membantu penulis selama masa kuliah yaitu Rayhan, Yudha, Arif, Deddy, Prima, Mayka, Kabul, Titik, Putri, Fungsi, Rinaldi Pelawi, Alza, Ocha, Dini dan semua yang pernah penulis repotkan.
- p. Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung yang telah mengizinkan penulis untuk memperoleh data curah hujan Kabupaten Way Kanan dan Kabupaten Lampung Barat.
- q. Badan Perencanaan dan Pemeliharaan Jalan Nasional (BP2JN) Provinsi Lampung yang telah mengizinkan penulis untuk memperoleh data lalu lintas harian pada ruas 8 dan 9 jalan Lintas Tengah Sumatera.
- r. Serta teman-teman dan pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna oleh karena itu penulis mengharapkan masukan, tanggapan dan saran dari pembaca. Penulis berharap dengan karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 30 Juni 2020

Penulis

I Gede Putu Indra Aditya

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Perencanaan Teknis.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Perencanaan Struktur	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Tinjauan Umum.....	5
B. <i>Outline</i> Perencanaan Jembatan.....	6
C. Jenis, Tipe dan Spesifikasi Struktur Atas Jembatan.....	8
D. Tipe dan Spesifikasi Abutment	19
E. Tipe dan Spesifikasi Fondasi.....	22
F. Analisis-Analisis dalam Perencanaan Jembatan	28
G. Pembebanan Jembatan	53
III. METODOLOGI PERENCANAAN	73
A. Umum.....	73
B. Lokasi Perencanaan.....	73
C. Pengumpulan Data	73

D. <i>Software</i> Penunjang.....	76
E. Tahapan Perencanaan.....	76
IV. ANALISIS DATA	78
A. Tahapan Perencanaan.....	78
B. Analisis Data Topografi dan Pemilihan Trase	78
C. Analisis Data Hidrologi.....	82
D. Analisis Lalu Lintas Harian	104
E. Analisis dan Desain Geometrik Jalan	109
F. Analisis Data Tanah	122
G. Pemilihan Tipe Konstruksi Struktur Atas Jembatan	126
H. Pemilihan Tipe Konstruksi Struktur Bawah Jembatan	127
V. PERENCANAAN STRUKTUR ATAS.....	129
A. Data Perencanaan	129
B. Lokasi Perencanaan.....	130
VI. PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH.....	221
A. Struktur Bawah.....	221
B. Spesifikasi Perencanaan	221
C. Kontrol Stabilitas Abutment Rencana.....	223
D. Analisis Geometri Abutment.....	223
E. Pembebanan Pada Abutment.....	224
F. Perencanaan Penulangan Abutment	249
G. Perencanaan Fondasi Jembatan.....	289
H. Perencanaan Penulangan <i>Poer</i> Abutment	303
VII. RENCANA ANGGARAN BIAYA	306
A. <i>Back Up of Quantity</i>	306
B. Analisis Harga Satuan Pekerjaan	319
C. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Jembatan Way Umpu	336
VIII. PENUTUP	340

A. Kesimpulan	340
B. Lokasi Perencanaan.....	341
DAFTAR PUSTAKA	342
LAMPIRAN A (DATA HIDROLOGI).....	343
LAMPIRAN B (DATA LALU LINTAS)	394
LAMPIRAN C (GAMBAR RENCANA).....	396
LAMPIRAN D (RENCANA ANGGARAN BIAYA).....	437
LAMPIRAN E (LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR).....	478

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi eksisting jembatan.	2
Gambar 1.2. Kondisi Jembatan Way Umpu.....	2
Gambar 2.1. Tipe jembatan beton.	8
Gambar 2.2. Tipe jembatan beton prategang.	9
Gambar 2.3. Tipe jembatan rangka baja.	9
Gambar 2.4. Abutment tipe gravitasi.	19
Gambar 2.5. Abutment tipe balok kepala.....	20
Gambar 2.6. Abutment tipe T terbalik.	20
Gambar 2.7. Abutment tipe T terbalik.	21
Gambar 2.8. Abutment tipe gravitasi – fondasi langsung.....	24
Gambar 2.9. Fondasi sumuran.	25
Gambar 2.10. Fondasi dalam.	25
Gambar 2.11. Tipe-tipe penampang fondasi tiang pancang beton.	26
Gambar 2.12. Fondasi tiang pancang pipa baja.....	27
Gambar 2.13. Metode <i>Polygon Thiessen</i>	30
Gambar 2.14. Contoh grafik lengkung debit.....	36
Gambar 2.15. Ilustrasi lengkung <i>full circle</i> (FC).	46
Gambar 2.16. Ilustrasi tikungan tipe S-C-S.	47
Gambar 2.17. Ilustrasi tikungan <i>spiral-spiral</i>	48
Gambar 2.18. Ilustrasi diagram superelevasi <i>full circle</i>	48
Gambar 2.19. Ilustrasi diagram superelevasi S-C-S.....	49
Gambar 2.20. Ilustrasi diagram superelevasi <i>spiral-spiral</i>	49
Gambar 2.21. Beban lajur “D”.	59
Gambar 2.22. Beban “D”: BTR vs Panjang yang dibebani.....	59
Gambar 2.23. Penyebaran beban lajur “D” dalam arah melintang.....	60
Gambar 2.24. Beban muatan “T” 500 kN.	61

Gambar 2.25. Nilai faktor beban dinamis beban “T” dan beban “D”	63
Gambar 2.26. Gaya rem per lajur 2,75 meter	63
Gambar 2.27. Nilai beban pejalan kaki	64
Gambar 3.1. Diagram alur (<i>flow chart</i>) perencanaan	77
Gambar 4.1. Peta Topografi Wilayah Jembatan Way Umpu	80
Gambar 4.2. DAS Wilayah Way Kanan-Lampung Barat-Mesuji	82
Gambar 4.3. Lokasi stasiun curah hujan yang digunakan.	83
Gambar 4.4. Poligon Thiessen DAS Way Umpu	84
Gambar 4.5. Penampang sungai melintang normalisasi rencana	103
Gambar 4.6. Grafik lengkung debit banjir	104
Gambar 4.7. Alinyemen horizontal PI-01	114
Gambar 4.8. Alinyemen vertikal rencana	121
Gambar 4.9. Data tanah fondasi 1	122
Gambar 4.10. Data tanah fondasi 2	122
Gambar 4.11. Respon Spektrum Gempa	125
Gambar 4.12. Penentuan tipe struktur atas jembatan berdasarkan panjang	126
Gambar 5.1. Panjang pipa sandaran	131
Gambar 5.2. Ilustrasi pembebanan pipa sandaran	131
Gambar 5.3. Ilustrasi pembebanan trotoar jembatan	133
Gambar 5.4. Ilustrasi dimensi pelat lantai kendaraan	135
Gambar 5.5. Beban “T” / <i>Truck</i>	137
Gambar 5.6. Bidang kontak beban truk dengan lantai kendaraan	137
Gambar 5.7. Distribusi beban “T” kondisi I	138
Gambar 5.8. Distribusi beban “T” kondisi II	139
Gambar 5.9. Ilustrasi dimensi <i>deck plate</i>	142
Gambar 5.10. Distribusi beban pada gelagar memanjang	145
Gambar 5.11. Detail perencanaan gelagar memanjang tepi	145
Gambar 5.12. Distribusi beban mati gelagar memanjang tepi	146
Gambar 5.13. Ilustrasi pembebanan gelagar memanjang tepi	149
Gambar 5.14. Ilustrasi gaya dalam gelagar memanjang tepi	153
Gambar 5.15. Defleksi total akibat beban lalu lintas “D”	155
Gambar 5.16. Defleksi total akibat beban lalu lintas “T”	156

Gambar 5.17. Detail perencanaan gelagar memanjang tengah.	158
Gambar 5.18. Distribusi beban mati gelagar memanjang tengah.....	158
Gambar 5.19. Ilustrasi beban gelagar memanjang tengah.....	162
Gambar 5.20. Ilustrasi pembebanan gelagar memanjang tengah.....	166
Gambar 5.21. Defleksi total akibat beban lalu lintas “D”.	168
Gambar 5.22. Defleksi total akibat beban lalu lintas “T”.	168
Gambar 5.23. Ilustrasi pembebanan gelagar melintang.	174
Gambar 5.24. Defleksi total <i>cross girder</i> kondisi pre komposit.	178
Gambar 5.25. Pembebanan pada gelagar melintang jembatan.....	179
Gambar 5.26. Ilustrasi pembebanan <i>cross girder</i>	182
Gambar 5.27. Defleksi <i>cross girder</i> akibat beban mati post komposit.	182
Gambar 5.28. Ilustrasi pembebanan “T” pada <i>cross girder</i> kondisi I.	183
Gambar 5.29. Defleksi <i>cross girder</i> akibat beban “T” kondisi I.....	184
Gambar 5.30. Ilustrasi pembebanan “T” pada <i>cross girder</i> kondisi II.	184
Gambar 5.31. Defleksi <i>cross girder</i> akibat beban “T” kondisi II	185
Gambar 5.32. Ilustrasi beban “D” pada <i>cross girder</i>	185
Gambar 5.33. Defleksi <i>cross girder</i> akibat beban “D”.....	186
Gambar 5.34. Gelagar melintang komposit.....	187
Gambar 5.35. Ilustrasi struktur rangka utama jembatan.	192
Gambar 5.36. Input data beban Truk “T”.....	195
Gambar 5.37. Input data respon spektrum.	196
Gambar 5.38. Nama tiap batang pada struktur rangka jembatan.	197
Gambar 5.39. Hasil analisis struktur rangka utama jembatan dengan SAP 2000.	197
Gambar 5.40. Analisis defleksi dan deformasi jembatan rangka baja rencana ($\Delta_U =$ 103,959 mm).....	198
Gambar 5.41. Ilustrasi ikatan angin atas struktur jembatan.	206
Gambar 5.42. Pembebanan ikatan angin atas.....	210
Gambar 5.43. Hasil analisis struktur ikatan angin atas.	210
Gambar 6.1. Desain struktur bawah jembatan rencana.	222
Gambar 6.2. Penampang abutment rencana.	223
Gambar 6.3. Beban total struktur atas jembatan dengan SAP 2000.....	225

Gambar 6.4.	Beban total mati tambahan struktur atas dengan SAP 2000.....	226
Gambar 6.5.	Beban total lalu lintas dengan SAP 2000.	229
Gambar 6.6.	Ilustrasi beban tekanan tanah aktif pada abutment.	232
Gambar 6.7.	Penentuan nilai periode waktu.....	234
Gambar 6.8.	Penentuan nilai periode waktu.....	239
Gambar 6.9.	Pembebanan pelat injak.	250
Gambar 6.10.	Penulangan pelat injak.....	252
Gambar 6.11.	Penampang geometri <i>wing wall</i> rencana.	253
Gambar 6.12.	Ilustrasi pembebanan pada struktur <i>wing wall</i>	254
Gambar 6.13.	Penulangan <i>wing wall</i>	258
Gambar 6.14.	Ilustrasi pembebanan balok sandung.....	258
Gambar 6.15.	Penulangan balok sandung.	261
Gambar 6.16.	Pembebanan pada <i>konsol</i> abutment.....	261
Gambar 6.17.	Penulangan <i>konsol</i> abutment.	264
Gambar 6.18.	Ilustrasi pembebanan pada <i>rib</i> abutment.	264
Gambar 6.19.	Ilustrasi gaya gaya dalam pada <i>rib</i> abutment.	274
Gambar 6.20.	Grafik diagram interaksi acuan.	276
Gambar 6.21.	Ilustrasi pembebanan pada <i>poer</i> abutment.	278
Gambar 6.22.	Ilustrasi pembebanan pada <i>poer</i> abutment.	279
Gambar 6.23.	Tekanan vertikal tanah.	290
Gambar 6.24.	Penentuan nilai N_q	291
Gambar 6.25.	Denah <i>bore pile</i> rencana.....	301
Gambar 6.26.	Ilustrasi pembebanan <i>poer</i> abutment.....	303
Gambar 6.27.	Penulangan <i>poer</i> abutment.	305

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton bertulang.	10
Tabel 2.1.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton bertulang (lanjutan).	11
Tabel 2.2.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang.	12
Tabel 2.2.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang (lanjutan).	13
Tabel 2.2.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang (lanjutan).	14
Tabel 2.2.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang (lanjutan).	15
Tabel 2.3.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja.	16
Tabel 2.3.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja (lanjutan).	17
Tabel 2.3.	Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja (lanjutan).	18
Tabel 2.4.	Tinggi pemakaian abutment efektif untuk tiap-tiap tipe abutment. .	22
Tabel 2.5.	Perbandingan tiang pancang baja dan tiang pancang beton.	28
Tabel 2.6.	Syarat-syarat nilai pengujian dispersi.	31
Tabel 2.7.	Klasifikasi menurut kelas jalan.	41
Tabel 2.8.	Klasifikasi jalan berdasarkan Satuan Mobil Penumpang.	41
Tabel 2.9.	Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi dan LHR.	42
Tabel 2.10.	Lebar lajur lalu lintas jalan rencana.	42
Tabel 2.11.	Berat isi untuk beban mati.	54
Tabel 2.12.	Faktor beban untuk beban mati tambahan.	55
Tabel 2.13.	Faktor beban akibat tekanan tanah.	56
Tabel 2.14.	Sifat-sifat untuk tekanan tanah.	56
Tabel 2.15.	Jumlah lajur lalu lintas rencana.	57
Tabel 2.16.	Faktor beban untuk beban lajur "D".	58
Tabel 2.17.	Faktor distribusi untuk beban muatan truk "T".	61
Tabel 2.18.	Nilai koefisien seret (C_w).	65
Tabel 2.19.	Kecepatan angin rencana V_w	66
Tabel 2.20.	Kondisi tanah untuk koefisien geser dasar.	68

Tabel 2.21.	Faktor kepentingan.	68
Tabel 2.22.	Faktor tipe bangunan.	69
Tabel 2.23.	Koefisien geser dasar untuk tekanan tanah lateral.	69
Tabel 2.24.	Temperatur jembatan rata-rata nominal.	69
Tabel 2.25.	Kombinasi pembebanan dan gaya.	70
Tabel 2.26.	Kombinasi beban dan faktor beban.	71
Tabel 4.1.	Klasifikasi medan jalan menurut kemiringan medan.	79
Tabel 4.2.	Elevasi tanah asli <i>as</i> rencana jalan.	81
Tabel 4.3.	Luasan cakupan area tiap-tiap stasiun curah hujan.	84
Tabel 4.4.	Curah hujan harian maksimum rata-rata.	85
Tabel 4.5.	Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata.	86
Tabel 4.6.	Pengukuran parameter statistik.	87
Tabel 4.7.	Syarat-syarat nilai pengujian dispersi.	88
Tabel 4.8.	Data curah hujan harian maksimum rata-rata terurut.	89
Tabel 4.9.	Uji <i>Chi-Kuadrat</i> sebaran data curah hujan harian maksimum rata-rata.	90
Tabel 4.10.	Nilai X^2 kritis untuk uji kecocokan <i>Chi-Kuadrat</i>	91
Tabel 4.11.	Parameter-parameter Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i>	92
Tabel 4.12.	Nilai DKritis Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i>	93
Tabel 4.13.	Perhitungan parameter statistik Distribusi <i>Log Pearson Tipe III</i>	93
Tabel 4.13.	Perhitungan parameter statistik Distribusi <i>Log Pearson Tipe III</i> (lanjutan).	94
Tabel 4.14.	Perhitungan interpolasi nilai <i>k</i> Distribusi <i>Log Perason Tipe III</i>	94
Tabel 4.15.	Perhitungan curah hujan rancangan Metode <i>Log Pearson Tipe III</i>	95
Tabel 4.16.	Perhitungan koefisien pengaliran (C).	96
Tabel 4.17.	Perhitungan debit banjir dengan Metode Rasional.	97
Tabel 4.18.	Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode <i>Melchior</i>	99
Tabel 4.19.	Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode <i>Melchior</i>	99
Tabel 4.20.	Perhitungan debit banjir dengan Metode <i>Haspers</i>	101
Tabel 4.21.	Rekapitulasi debit banjir dengan Metode Rasional, <i>Melchior</i> , dan <i>Haspers</i>	102
Tabel 4.22.	Perhitungan muka air banjir dengan Persamaan <i>Manning</i>	103

Tabel 4.23.	LHR tiap golongan kendaraan pada Ruas 8 Jalan Lintas Tengah .	105
Tabel 4.24.	Perhitungan satuan mobil penumpang (SMP).	106
Tabel 4.25.	Lalu lintas harian rencana (LHR).	106
Tabel 4.25.	Lalu lintas harian rencana (lanjutan).	107
Tabel 4.26.	Data titik koordinat as jalan rencana.	110
Tabel 4.27.	Perhitungan sudut tikungan.	111
Tabel 4.28.	<i>Stationing</i> (penomoran interval-interval jalan).	115
Tabel 4.29.	Elevasi rencana as jalan.	115
Tabel 4.29.	Elevasi rencana as jalan (lanjutan).	116
Tabel 4.30.	Perhitungan kemiringan lengkung vertikal.	116
Tabel 4.31.	Penentuan tipe lengkung vertikal.	116
Tabel 4.32.	Perhitungan lengkung vertikal untuk LV1.	120
Tabel 4.33.	Perhitungan lengkung vertikal LV2.	120
Tabel 4.34.	Hasil uji <i>boring</i> 1.	122
Tabel 4.35.	Hasil uji <i>boring</i> 2.	122
Tabel 4.36.	Data perhitungan Respon Spektrum.	125
Tabel 5.1.	Data profil gelagar memanjang.	144
Tabel 5.2.	Profil baja gelagar melintang (<i>cross girder</i>).	171
Tabel 5.3.	Data profil dan dimensi struktur rangka utama jembatan.	192
Tabel 5.4.	Hasil analisis struktur dengan program SAP 2000 V14.	199
Tabel 5.5.	Rekapitulasi kapasitas tarik profil rangka baja	200
Tabel 5.6.	Rekapitulasi kapasitas tekan profil rangka baja.	204
Tabel 5.7.	Rekapitulasi kontrol keamanan profil rangka utama jembatan.	204
Tabel 5.7.	Rekapitulasi kontrol keamanan profil rangka utama jembatan (lanjutan).	205
Tabel 5.8.	Data profil rencana yang digunakan untuk ikatan angin atas.	206
Tabel 5.9.	Rekapitulasi gaya dalam batang maksimum ikatan angin atas.	211
Tabel 5.10.	Rekapitulasi kontrol keamanan struktur ikatan angin atas.	215
Tabel 5.11.	Profil baut pada sambungan struktur atas.	216
Tabel 5.12.	Kapasitas baut terhadap geser.	216
Tabel 5.13.	Kapasitas baut terhadap tarik.	217
Tabel 5.14.	Kapasitas kuat tumpu pelat sambung.	217

Tabel 5.15.	Kapasitas kuat nominal sambungan baut pakai.	218
Tabel 5.16.	Kebutuhan baut untuk sambungan rangka utama.	219
Tabel 5.17.	Rekapitulasi kebutuhan baut pada sambungan ikatan angin atas. .	220
Tabel 6.1.	Perhitungan titik berat abutment.	223
Tabel 6.1.	Perhitungan titik berat abutment (lanjutan).	224
Tabel 6.2.	Perhitungan titik berat <i>wing wall</i>	224
Tabel 6.3.	Perhitungan berat sendiri abutment.	226
Tabel 6.4.	Perhitungan berat sendiri <i>wing wall</i>	227
Tabel 6.5.	Perhitungan beban tanah urug yang dipadatkan.	228
Tabel 6.6.	Perhitungan titik berat tanah pengisi/urugan.	228
Tabel 6.7.	Perhitungan pembebanan pada pelat injak.	229
Tabel 6.8.	Perhitungan beban gempa tiap beban mati abutment.	235
Tabel 6.9.	Perhitungan beban gempa tiap beban mati abutment.	240
Tabel 6.10.	Rekapitulasi pembebanan pada satu abutment.	241
Tabel 6.11.	Kombinasi Kuat I pada stabilitas abutment.	241
Tabel 6.12.	Kombinasi Kuat II pada stabilitas abutment.	242
Tabel 6.13.	Kombinasi Kuat III pada stabilitas abutment.	242
Tabel 6.14.	Kombinasi Kuat IV pada stabilitas abutment.	242
Tabel 6.15.	Kombinasi Kuat V pada stabilitas abutment.	243
Tabel 6.16.	Kombinasi Ekstrem I pada stabilitas abutment.	243
Tabel 6.17.	Kombinasi Ekstrem II pada stabilitas abutment.	243
Tabel 6.18.	Kombinasi Daya Layan I pada stabilitas abutment.	244
Tabel 6.19.	Kombinasi Daya Layan II pada stabilitas abutment.	244
Tabel 6.20.	Kombinasi Daya Layan III pada stabilitas abutment.	244
Tabel 6.21.	Kombinasi Daya Layan IV pada stabilitas abutment.	245
Tabel 6.22.	Kombinasi Fatik pada stabilitas abutment.	245
Tabel 6.23.	Rekapitulasi kombinasi pembebanan stabilitas abutment.	246
Tabel 6.24.	Hasil perhitungan kontrol abutment.	246
Tabel 6.24.	Hasil perhitungan kontrol abutment (lanjutan).	247
Tabel 6.25.	Stabilitas abutment terhadap daya dukung tanah.	249
Tabel 6.26.	Pembebanan pelat injak.	250
Tabel 6.27.	Analisis geometri <i>wing wall</i>	254

Tabel 6.28.	Perhitungan momen arah y pada <i>wing wall</i> .	255
Tabel 6.29.	Perhitungan beban q di atas tanah lateral <i>wing wall</i> .	256
Tabel 6.30.	Perhitungan momen arah x pada <i>wing wall</i> .	257
Tabel 6.31.	Analisis titik berat balok sandung abutment.	259
Tabel 6.32.	Analisis titik berat <i>konsol</i> (kepala abutment).	262
Tabel 6.33.	Analisis momen <i>konsol</i> (kepala abutment).	262
Tabel 6.34.	Analisis penampang badan (<i>rib</i>) abutment.	265
Tabel 6.35.	Analisis pembebanan badan (<i>rib</i>) abutment.	266
Tabel 6.36.	Perhitungan beban gempa pada abutment .	269
Tabel 6.37.	Rekapitulasi pembebanan pada <i>rib</i> abutment.	269
Tabel 6.38.	Rekapitulasi pembebanan pada <i>rib</i> abutment.	270
Tabel 6.39.	Kombinasi Kuat I pembebanan <i>rib</i> abutment.	270
Tabel 6.40.	Kombinasi Kuat II pembebanan <i>rib</i> abutment.	270
Tabel 6.41.	Kombinasi Kuat III pembebanan <i>rib</i> abutment.	271
Tabel 6.42.	Kombinasi Kuat IV pembebanan <i>rib</i> abutment.	271
Tabel 6.43.	Kombinasi Kuat V pembebanan <i>rib</i> abutment.	271
Tabel 6.44.	Kombinasi Ekstrem I pembebanan <i>rib</i> abutment.	271
Tabel 6.45.	Kombinasi Ekstrem II pembebanan <i>rib</i> abutment.	272
Tabel 6.46.	Kombinasi Daya Layan I pembebanan <i>rib</i> abutment.	272
Tabel 6.47.	Kombinasi Daya Layan II pembebanan <i>rib</i> abutment.	272
Tabel 6.48.	Kombinasi Daya Layan III pembebanan <i>rib</i> abutment.	273
Tabel 6.49.	Kombinasi Daya Layan IV pembebanan <i>rib</i> abutment.	273
Tabel 6.50.	Kombinasi Fatik pembebanan <i>rib</i> abutment.	273
Tabel 6.51.	Rekapitulasi kombinasi pembebanan <i>rib</i> abutment.	274
Tabel 6.52.	Analisis geometri abutment di kiri titik O.	280
Tabel 6.53.	Analisis geometri abutment di kanan titik O.	280
Tabel 6.54.	Perhitungan beban pelat injak dan di atasnya.	282
Tabel 6.55.	Perhitungan pembebanan horizontal pada poer.	283
Tabel 6.56.	Rekapitulasi pembebanan <i>poer</i> abutment.	284
Tabel 6.57.	Rekapitulasi pembebanan <i>poer</i> abutment.	284
Tabel 6.58.	Kombinasi Kuat I pembebanan <i>poer</i> abutment.	285
Tabel 6.59.	Kombinasi Kuat II pembebanan <i>poer</i> abutment.	285

Tabel 6.60.	Kombinasi Kuat III pembebanan <i>poer</i> abutment.....	285
Tabel 6.61.	Kombinasi Kuat IV pembebanan <i>poer</i> abutment.	286
Tabel 6.62.	Kombinasi Kuat V pembebanan <i>poer</i> abutment.....	286
Tabel 6.63.	Kombinasi Ekstrem I pembebanan <i>poer</i> abutment.....	286
Tabel 6.64.	Kombinasi Ekstrem I pembebanan <i>poer</i> abutment.....	286
Tabel 6.65.	Komb. Daya Layan I pembebanan <i>poer</i> abutment.	287
Tabel 6.66.	Komb. Daya Layan II pembebanan <i>poer</i> abutment.....	287
Tabel 6.67.	Komb. Daya Layan III pembebanan <i>poer</i> abutment.....	287
Tabel 6.68.	Komb. Daya Layan IV pembebanan <i>poer</i> abutment.	288
Tabel 6.69.	Kombinasi Fatik pembebanan <i>poer</i> abutment.	288
Tabel 6.70.	Rekapitulasi kombinasi pembebanan <i>poer</i> abutment.	288
Tabel 6.71.	Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal.	292
Tabel 6.72.	Perhitungan daya dukung <i>pile group</i> terhadap beban vertikal.....	294
Tabel 6.73.	Perhitungan penurunan fondasi tunggal.	296
Tabel 6.74.	Perhitungan penurunan tiang kelompok.	297
Tabel 6.75.	Klasifikasi jenis tiang.....	298
Tabel 6.76.	Klasifikasi jenis tiang untuk tiap-tiap diameter.	298
Tabel 6.77.	Perhitungan beban dan defleksi lateral.	300
Tabel 6.78.	Perhitungan beban vertikal ultimit pada tiap tiang.	302
Tabel 7.1.	Volume galian normalisasi sungai.....	306
Tabel 7.2.	Volume galian fondasi.....	306
Tabel 7.3.	Volume galian akses pekerjaan struktur bawah.....	307
Tabel 7.4.	Volume pekerjaan fondasi.	307
Tabel 7.5.	Volume cor beton K-100 lantai kerja abutment.....	307
Tabel 7.6.	Kebutuhan tulangan abutment (satu abutment).	308
Tabel 7.7.	Kebutuhan <i>bekisting</i> abutment (satu abutment).....	309
Tabel 7.8.	Volume cor beton <i>ready mix</i> K-350 (satu abutment).....	310
Tabel 7.9.	Kebutuhan penulangan <i>wing wall</i> (satu abutment).....	310
Tabel 7.10.	Kebutuhan <i>bekisting wing wall</i> (satu abutment).....	311
Tabel 7.11.	Kebutuhan beton <i>wing wall</i> (satu abutment).	311
Tabel 7.12.	Kebutuhan tulangan pelat injak (satu abutment).	311
Tabel 7.13.	Kebutuhan <i>bekisting</i> pelat injak (satu abutment).....	312

Tabel 7.14.	Kebutuhan beton pelat injak (satu abutment).	312
Tabel 7.15.	Kebutuhan timbunan tanah oprit.....	313
Tabel 7.16.	Volume pasangan talud oprit jembatan.	313
Tabel 7.17.	Volume lapis fondasi kelas B oprit jembatan.	313
Tabel 7.18.	Volume lapis fondasi kelas A oprit jembatan.	314
Tabel 7.19.	Volume lapis atas Laston oprit jembatan.....	314
Tabel 7.20.	Komponen perletakan dan peredam gempa jembatan.	314
Tabel 7.20.	Komponen perletakan dan peredam gempa jembatan (lanjutan)...	315
Tabel 7.21.	Kebutuhan profil pelat buhul	315
Tabel 7.22.	Kebutuhan profil pelat tambahan.....	316
Tabel 7.23.	Kebutuhan baut pada sambungan pelat buhul.	316
Tabel 7.24.	Kebutuhan luas <i>deckplate</i> (T = 1,0 mm).....	317
Tabel 7.25.	Volume tulangan <i>slab</i> jembatan (BJ-55).	317
Tabel 7.26.	Volume cor beton <i>slab</i> jembatan.	318
Tabel 7.27.	AHSP direksi keet, pos jaga dan gudang (A1).	319
Tabel 7.27.	AHSP direksi keet, pos jaga dan gudang (lanjutan).	320
Tabel 7.28.	AHSP papan nama proyek (A2).	320
Tabel 7.28.	AHSP papan nama proyek (lanjutan).	321
Tabel 7.29.	AHSP pembersihan lapangan (A3).....	321
Tabel 7.30.	AHSP mobilisasi dan demobilisasi (A4).	322
Tabel 7.31.	AHSP pengukuran kembali (<i>utiziet</i>) dan <i>marking</i> (B1).....	322
Tabel 7.31.	AHSP pengukuran kembali (<i>utiziet</i>) dan <i>marking</i> (lanjutan).	323
Tabel 7.32.	AHSP galian struktur kedalaman 0-2 meter (C1).....	323
Tabel 7.33.	AHSP pemancangan fondasi tiang pancang (C2).	324
Tabel 7.34.	AHSP head <i>spun pile cut off</i> (C3).....	324
Tabel 7.35.	AHSP rantai kerja (D1).....	325
Tabel 7.36.	AHSP pembesian tulangan abutment (D2).	325
Tabel 7.36.	AHSP pembesian tulangan abutment (lanjutan).....	326
Tabel 7.37.	AHSP penulangan abutment (D3).	326
Tabel 7.38.	AHSP <i>bekisting</i> abutment (D4).	327
Tabel 7.39.	AHSP cor abutment beton K-350 (D5).....	327
Tabel 7.39.	AHSP cor abutment beton K-350 (lanjutan).....	328

Tabel 7.40.	AHSP penulangan pelat injak (D6).	328
Tabel 7.41.	AHSP <i>bekisting</i> pelat injak (D7).	329
Tabel 7.42.	AHSP cor pelat injak beton K-350 (D8).	329
Tabel 7.42.	AHSP cor pelat injak beton K-350 (lanjutan).	330
Tabel 7.43.	AHSP talud pasangan batu dengan mortar (E1).	330
Tabel 7.44.	AHSP timbunan dan pemadatan tanah oprit (E2).	331
Tabel 7.45.	AHSP lapis fondasi agregat kelas B (E3).	331
Tabel 7.45.	AHSP lapis fondasi agregat kelas B (lanjutan).	332
Tabel 7.46.	AHSP lapis fondasi agregat kelas A (E4).	332
Tabel 7.47.	AHSP lapis atas laston (E5).	333
Tabel 7.48.	AHSP pengadaan dan pemasangan <i>kansteen</i> trotoar (G1).	333
Tabel 7.48.	AHSP pengadaan dan pemasangan <i>kansteen</i> trotoar (lanjutan).	334
Tabel 7.49.	AHSP marka jalan termoplastik (G2).	334
Tabel 7.50.	AHSP pemasangan pipa sandaran (G3).	335
Tabel 7.51.	Rekapitulasi rencana anggaran biaya (RAB).	336
Tabel 7.51.	Rekapitulasi rencana anggaran biaya (lanjutan).	337
Tabel 7.51.	Rekapitulasi rencana anggaran biaya (lanjutan).	338
Tabel 7.52.	Rekapitulasi biaya proyek total.	339

DAFTAR NOTASI

a	= Jarak garis netral ke lapisan serat tekan pelat beton
a	= Nilai <i>trend</i> pada nilai dasar
A	= Luas penampang melintang elemen/profil yang ditinjau
A	= Perbedaan aljabar kelandaian
Ab	= Luas ekuivalen struktur atas jembatan yang diterpa angin
Ab	= Luas penampang melintang baut
Ag	= Luas total profil melintang baja
An	= Luasan yang diwakili tiap-tiap stasiun
Ap	= Luas dasar pondasi
Asa	= Luas penampang paku penahan geser
AS_{Pakai}	= Luas penampang tulangan total yang dipakai/dipasang
AS_{Perlu}	= Luas penampang tulangan total yang diperlukan
Aw	= Luas penampang total <i>web</i> /badan profil baja
AX_o	= Statis momen bidang pada arah sumbu x
AY_o	= Statis momen bidang pada arah sumbu y
b	= Lebar penampang elemen beton bertulang
b	= Tingkat perkembangan nilai yang diramal
b_{eff}	= Lebar efektif pelat/ <i>slab</i> beton
b_f	= Lebar <i>flens</i> /sayap profil baja
B	= Lebar bidang/elemen/profil yang ditinjau
BGT	= Beban garis terpusat
BTR	= Beban terbagi rata
Bv	= Berat volume material
c	= Koefisien
C	= Gaya <i>compression</i> /bidang tekan beton atau baja

C	= Kapasitas jalan
C	= Koefisien gaya sentrifugal
C	= Kohesi tanah dasar
C_B	= Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata
C_o	= Kapasitas dasar
C_s	= Koefisien <i>Skewness</i>
C_v	= Koefisien geser badan
C_w	= Konstanta pembengkokan
C_w	= Koefisien seret
d	= <i>Depth</i> /tinggi total profil baja
d	= Diameter elemen/profil
d	= Jarak titik berat tulangan tarik ke lapisan terluar sisi tekan beton
d'	= Selimut tiang/elemen
d_b	= Diameter baut
“D”	= Beban lalu lintas D
Df	= Kedalaman pondasi
Dk	= Derajat kebebasan
D_{maks}	= Beban geser/lintang maksimum pada balok
E	= Modulus elastisitas bahan/material
E_g	= Efisiensi tiang kelompok (<i>pile group</i>)
E_i	= Penjumlahan data dari persamaan distribusi
EMP	= Ekuivalen mobil penumpang
E_{maks}	= Superelevasi maksimum
EQ_x	= Beban gempa pada arah x
EQ_y	= Beban akibat gempa horozizontal pada arah sumbu y
E_s	= Modulus elastisitas tanah (<i>soil</i>)
EW_s	= Beban akibat angin pada struktur jembatan
EW_L	= Beban akibat angin pada kendaraan yang melintasi jembatan
f	= Faktor dengan nilai 4/3
f_y	= Mutu baja
f'_c	= Mutu beton

F	= Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal
F	= Jarak terjadinya momen maksimum pada tiang di bawah tanah
FBD	= Faktor beban dinamis
FC	= <i>Full Circle</i>
F_{cr}	= Tegangan kritis
F_e	= Tegangan tekuk elastis
F_{nt}	= Tegangan tarik nominal
F_{nv}	= Tegangan geser nominal
FCsf	= Faktor penyesuaian hambatan samping
FCsp	= Faktor penyesuaian pemisah arah
FCw	= Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur
F_u	= Tegangan tarik minimum yang disyaratkan
F_{xm}	= Faktor momen <i>bitner</i> arah x
F_{ym}	= Faktor momen <i>bitner</i> arah y
g	= Gaya gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
$g_{1,2}$	= Kelandaian tangen dari titik PLV (%)
G	= <i>Sub group</i>
G	= Berat per satuan panjang elemen/profil
G_{h_x}	= Gaya gempa horizontal pada arah sumbu x
h	= Tinggi bersih <i>web</i> /badan profil baja
h	= Tinggi penampang elemen beton bertulang
h_f	= Tinggi <i>flens</i> /sayap profil baja
h_o	= Jarak antara titik-titik berat sayap
H	= Tinggi muka air banjir
H_{BF}	= Jarak vertikal beban P_{BF} terhadap titik acuan
H_{izin}	= Beban geser izin tiang
H_{TB}	= Jarak vertikal beban rem terhadap titik acuan
H_{TR}	= Jarak vertikal beban sentrifugal terhadap titik acuan
H_u	= Beban geser ultimit yang terjadi pada puncak tiang
i	= Pertumbuhan lalu lintas
I	= Intensitas curah hujan
I_x	= Momen inersia profil baja arah sumbu x

I_y	= Momen inersia profil baja arah sumbu y
I_p	= Nilai inersia penampang tiang (<i>pile</i>)
I_{ws}	= Faktor pengaruh
J	= Konstanta torsi
k	= Faktor konversi dari LHRT ke lalu lintas jam puncak
k_v	= Koefisien tekuk geser pelat badan
K	= Faktor panjang efektif
K	= Kekakuan tanah
K_a	= Koefisien tanah aktif
K_d	= Koefisien tekanan lateral pada dinding tiang
KEL	= <i>Knife edge load</i>
K_h	= Koefisien gaya gempa
K_p	= Koefisien tanah pasif
K_p	= Kekakuan pilar abutment (<i>rib</i>)
K_s	= Keadaan khusus
K_{UTT}	= Koefisien ultimit beban lalu lintas "T"
K_u	= Keadaan umum
K_I	= Nilai modulus <i>subgrade</i>
L	= Panjang bidang/elemen/profil yang ditinjau
L	= Panjang lengkung vertikal (m)
L_{av}	= Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.
L_b	= Panjang antara titik-titik yang dibreis untuk mencegah perlarian lateral sayap tekan atau dibreis untuk mencegah puntir penampang melintang
LHR_n	= Lalu lintas harian pada tahun ke-n
LHRT	= Lalu Lintas Harian Tahunan
$LHRT_{50}$	= Volume lalu lintas harian rata-rata umur rencana (50 tahun)
L_{Max}	= Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.
LM	= Lengan momen beban PM terhadap titik acuan

L_P	= Pembatasan panjang tidak dibereis secara lateral untuk kelayakan selama retribusi momen pada balok
L_r	= Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk analisis plastis
L_x	= Panjang elemen pelat/ <i>slab</i> pada arah x
L_y	= Panjang elemen pelat/ <i>slab</i> pada arah y
m	= Jumlah baris tiang <i>group</i>
m	= Kemiringan tepi sisi sungai
M_A	= Momen ultitmit pada seperempat segmen dari kiri dan kanan
M_B	= Momen ultimit di tengah bentang balok
M_{BF}	= Beban momen akibat P_{BF} pada jarak H_{BF} terhadap titik acuan
M_C	= Momen ultitmit pada tiga perempat segmen dari kiri
M_D	= Momen ultimit akibat beban mati
M_{FLB}	= Momen kondisi <i>flens local buckling</i>
M_H	= Momen horizontal yang terjadi
M_L	= Momen ultimit akibat beban hidup
M_{LTB}	= Momen kondisi <i>lateral torsional-buckling</i>
M_{L_x}	= Momen lapangan arah x
M_{L_y}	= Momen lapangan arah y
MM	= Beban momen akibat beban PM pada jarak LM
M_{maks}	= Beban momen maksimum pada elemen/struktur yang ditinjau
M_n	= Momen nominal elemen/struktur yang ditinjau
M_p	= Momen plastis
M_{TG}	= Beban momen akibat beban P_{TG} terhadap titik acuan
M_{TB}	= Beban momen akibat beban rem pada jarak H_{TB} pada titik acuan
M_{TR}	= Beban momen akibat beban TE pada jarak H_{TR} pada titik acuan
M_{TV}	= Beban momen akibat tanah vertikal/urugan
M_{T_x}	= Momen tumpuan arah x
M_{T_y}	= Momen tumpuan arah y
M_U	= Beban momen ultimit elemen/struktur akibat pembebanan
M_V	= Momen vertikal yang terjadi
M_{xD}	= Momen arah x akibat beban mati

M_{xL}	= Momen arah x akibat beban lalu lintas/beban hidup
M_{xm}	= Momen arah x akibat beban bidang kontak truk
M_y	= Beban momen maksimum tiang pondasi izin
M_{yD}	= Momen arah y akibat beban mati
M_{yL}	= Momen arah y akibat beban lalu lintas/beban hidup
M_{ym}	= Momen arah y akibat beban bidang kontak truk
n'	= Jumlah tiang dalam satu baris
N_{baut}	= Jumlah kebutuhan baut pada sambungan
N_{Perlu}	= Jumlah tulangan yang diperlukan
N_{stud}	= Jumlah <i>stud</i> yang digunakan
N_γ, N_q, N_c	= Faktor daya dukung Terzaghi
O_i	= Jumlah data tiap <i>sub group</i>
P	= Curah hujan rata-rata kawasan
P	= Keliling basah sungai
P_b	= Tekanan vertikal efektif tanah
P_B	= Tekanan angin dasar
P_{BF}	= Beban terpusat akibat gesek perletakan/tumpuan jembatan
P_D	= Tekanan angin rencana
$PLVC$	= Titik pusat lengkung vertikal
PM	= Beban terpusat (<i>point</i>) akibat beban mati
P_n	= Curah hujan pada masing-masing stasiun
PT	= Beban titik/gandar dari beban lalu lintas “T”
PTV	= Beban terpusat (<i>point</i>) akibat tanah vertikal/urugan
P_{TG}	= Beban terpusat (<i>point</i>) akibat TG
P_U	= Kapasitas tarik profil baja
q	= Beban merata per satuan panjang
q_E	= Beban merata ekuivalen Metode Amplop
Q	= Arus jam rencana
Q	= Debit banjir
Q_b	= Daya dukung ujung tiang
Q_{izin}	= Daya dukung izin tiang pancang

Q_n	= Kekuatan nominal dari satu <i>steel headed stud</i> atau angkur kanal baja
Q_s	= Daya dukung gesek tiang
Q_u	= Daya dukung ultimit tiang
Q_{ult}	= Daya dukung ultimit tanah dasar
Q_{wp}	= Beban yang dipikul ujung tiang akibat beban ultimit
Q_{ws}	= Beban yang dipikul selimut tiang akibat beban ultimit
Q_l	= Beban vertikal ultimit yang ditopang oleh satu tiang pondasi
r_{ts}	= Radius girasi efektif
r_x	= Radius <i>gyration</i> arah sumbu x
r_y	= Radius <i>gyration</i> arah sumbu y
\bar{R}	= Curah hujan rata-rata
R	= Curah hujan harian
R	= Jari-jari hidrolis
R	= Faktor kekakuan untuk modulus tanah konstan
R_A	= Reaksi perletakan pada titik A
R_g	= Koefisien untuk menghitung efek <i>group</i>
R_i	= Jari-jari kelengkungan lajur lalu lintas
R_{Min}	= Jari-jari tikungan minimum
R_n	= Ketahanan slip nominal/Ketahanan geser nominal baut
R_p	= Faktor efek posisi untuk paku geser (<i>shear stud</i>)
R_t	= Curah hujan dengan periode ulang T tahun
R_{24}	= Curah hujan dalam 24 jam (harian)
s	= Jarak pusat ke pusat tiang
S	= Kemiringan (<i>slope</i>) dasar sungai
S	= Penurunan tiang pondasi
S	= Standar deviasi
SCS	= <i>Spiral Circle Spiral</i>
SF	= <i>Safety Factor</i> (1,5 -3)
S_g	= Penurunan pondasi kelompok (<i>pile group</i>) akibat beban ultimit
S_{izin}	= Nilai penurunan pondasi yang diizinkan
SMP	= Satuan Mobil Penumpang

S_{Perlu}	= Jarak pemasangan tulangan yang diperlukan
SPT	= <i>Standar Penetration Test</i>
SS	= <i>Spiral Spiral</i>
S_{stud}	= Jarak pemasangan antar <i>stud</i>
S_x	= <i>Modulus of section</i> profil baja arah sumbu x
S_x	= Simpangan baku
S_y	= <i>Modulus of section</i> profil baja arah sumbu y
S_1	= Penurunan batang tiang pondasi/ pemendekan tiang
S_2	= Penurunan tanah akibat gaya yang ditahan pada ujung tiang
S_3	= Penurunan tanah akibat gaya gesekan tiang dengan tanah
t	= Tebal elemen/profil
t_f	= Tebal <i>flens</i> /sayap profil baja
t_w	= Tebal <i>web</i> /badan profil baja
“T”	= Beban lalu lintas berupa truk 500 kN
T	= Faktor kekakuan untuk modulus tanah tidak konstan
T	= Gaya <i>tension</i> /bidang tarik beton atau baja
T	= Periode alami pilar abutment (<i>rib</i>)
T	= Waktu curah hujan
TA	= Tekanan tanah aktif
TB	= Beban rem
TD/TT	= Beban akibat beban lalu lintas
T_{EW}	= Beban tekanan angin
TG	= Beban akibat tanah aktif saat gempa
TR	= Beban akibat gaya sentrifugal kendaraan
T_x	= Bidang kontak roda truk arah x
T_x	= Waktu konsentrasi
T_y	= Bidang kontak roda truk arah y
UDL	= <i>Uniformly distributed load</i>
v	= Kecepatan aliran sungai
V	= Gaya vertikal
V	= Kecepatan kendaraan lalu lintas rencana

V_B	= Kecepatan angin rencana pada elevasi 1000 mm berkisar antara 90 hingga 126 km/jam
V_{DZ}	= Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana
V_n	= Kapasitas nominal geser atau lintang elemen
V_o	= Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi yang ditentukan.
V_R	= Kecepatan rencana
V_U	= Beban geser/lintang ultimit
V_W	= Kecepatan angin rencana (m/s) pada keadaan batas yang ditinjau
V_{10}	= Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana.
W	= Momen tahanan
W_u	= Beban terfaktor ultimit per satuan luas
W_{tiang}	= Berat sendiri tiang panjang
W_{TP}	= Beban mati yang diperhitungkan sebagai akibat beban gempa
x	= Jarak dari titik PLVC ke titik yang ditinjau STA
X	= Unit tahun yang dihitung dari periode dasar
X_{maks}	= Jarak dari titik perletakan menuju titik momen maksimum
X_o	= Titik berat bidang pada sumbu x terhadap titik acuan
y	= Beda elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA
Y'	= Besar nilai yang diramal
Y	= Variabel simpangan untuk periode ulang T tahun
Y_o	= Titik berat bidang pada sumbu y terhadap titik acuan
Y_o	= Defleksi tiang akibat beban geser ujung ultimit pada tiang pondasi
Z	= Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung.
Z_c	= Kedalaman kritis dimana tegangan <i>overburden</i> efektif dihitung
Z_o	= Panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi.
Z_x	= Modulus penampang plastis profil baja pada sumbu x
Δ_U	= Defleksi atau lendutan ultimit akibat pembebanan

Δ_{izin}	= Defleksi atau lendutan izin elemen struktur
α	= Koefisien aliran
β	= Koefisien reduksi
$\sigma_{terjadi}$	= Tegangan yang terjadi akibat beban luar
σ_{izin}	= Tegangan yang diizinkan terjadi pada elemen/profil
τ_u	= Tegangan ultimit elemen/profil
τ_{izin}	= Tegangan izin elemen/profil
ρ_{min}	= Rasio tulangan minimum beton bertulang
ρ_{min}	= Rasio tulangan perlu beton bertulang
ρ_{pakai}	= Rasio tulangan pakai beton bertulang
γ	= Berat volume material
γ_{As}	= Berat volume aspal
γ_{AH}	= Berat volume air hujan
γ_{TD}^U	= Faktor beban untul lajur “D”
γ_{TT}	= Faktor beban untuk beban “T”
ϕ	= Faktor reduksi momen nominal beton bertulang
ϕ	= Sudut geser tanah
ϕ_v	= Faktor ketahanan geser
λ_f	= Parameter batas kelangsingan untuk sayap
λ_{pf}	= Parameter batas kelangsingan untuk sayap nonkompak
λ_{rf}	= Parameter batas kelangsingan sayap kompak
λ_w	= Parameter batas kelangsingan untuk badan
λ_{pw}	= Parameter batas kelangsingan untuk badan nonkompak
λ_{rw}	= Parameter batas kelangsingan badan kompak
δ_{beton}	= Sudut gesek antara dinding tiang (beton) dengan tanah
ϕ_{beton}	= Sudut gesek dalam tanah
θ	= arc tan d/s
μ_s^2	= Angka <i>Poisson</i>
η_h	= Koefisien variasi modulus

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Infrastruktur transportasi yang mendukung dapat menjadi aspek yang menentukan keberhasilan suatu daerah atau negara, karena dapat mendorong kegiatan ekonomi, industri dan sosial. Sehingga Infrastruktur transportasi memiliki peran dan fungsi yang vital dalam kehidupan sosial ekonomi suatu kawasan. Oleh karena itu infrastruktur transportasi patut menjadi pertimbangan pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan pembangunan daerah (Maulana, 2016).

Jembatan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang difungsikan untuk lalu lintas kendaraan ataupun pejalan kaki untuk melewati suatu medan yang sulit seperti sungai, jurang, jalan ataupun rel kereta api (Adhyta Narendra Wanarno, 2013). Saat ini pemerintah dalam hal ini Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) sedang fokus dalam pembangunan, perbaikan, pemeliharaan dan peningkatan jalan dan jembatan yang termasuk dalam status ruas jalan provinsi sepanjang 1.693 km.

Salah satu konstruksi jembatan yang perlu direncanakan adalah Jembatan Way Umpu, Kabupaten Way Kanan pada ruas Jalan Banjar Negara – Kasui Kecamatan Blambangan Umpu. Konstruksi jembatan yang ada saat ini

merupakan jembatan struktur rangka baja, namun pada tahun 2018 jembatan tersebut mulai mengalami kerusakan akibat beban lalu lintas yang melintas merupakan kendaraan dengan tonase besar seperti truk barang dan truk batu bara. Jembatan Way Umpu merupakan salah satu akses jalan utama yang berfungsi melintasi Sungai Way Umpu dari Kecamatan Blambangan Umpu menuju Kecamatan Kasui dan sebaliknya, sehingga akan mempengaruhi kegiatan ekonomi yang ada di sekitar wilayah tersebut.



Gambar 1.1. Lokasi eksisting jembatan.



Gambar 1.2. Kondisi Jembatan Way Umpu.

Konstruksi Jembatan Way Umpu yang ada saat ini adalah gabungan antara struktur jembatan rangka baja dengan panjang bentang 40 meter dan jembatan beton dengan panjang 20 meter dengan satu pilar serta lebar total jembatan 7 meter.

Berdasarkan permasalahan yang ada di atas, maka diperlukan perencanaan Jembatan Way Umpu yang baru dengan memperhitungkan kondisi lingkungan serta beban lalu lintas yang terjadi pada jembatan tersebut. Sehingga diperoleh hasil desain Jembatan Way Umpu yang baru, efektif, efisien, aman dan nyaman digunakan oleh pengguna jalan dan jembatan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan-permasalahan yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Tipe konstruksi jembatan apa yang cocok untuk desain Jembatan Strategis Way Umpu yang baru ?
2. Bagaimana perencanaan struktur atas (*upper structure*) suatu jembatan yang efektif dan efisien ?
3. Tipe struktur bawah apa yang cocok untuk desain Jembatan Way Strategis Umpu yang baru ?
4. Bagaimana perencanaan abutment dan fondasi (*sub structure*) yang efektif dan efisien ?
5. Bagaimana Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk desain Jembatan Strategis Way Umpu yang baru ?

C. Tujuan Perencanaan Teknis

Tujuan dari perencanaan teknis ini adalah :

1. Menentukan desain konstruksi jembatan yang efektif dan efisien sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Menentukan estimasi biaya konstruksi jembatan desain.

D. Batasan Masalah

Untuk membatasi pembahasan yang ada dalam perencanaan ini, maka masalah-masalah yang dibatasi adalah sebagai berikut.

1. Membuat desain jembatan yang sesuai dengan *Term of References* (TOR) dan Kerangka Acuan Kerja (KAK) yang ada.
2. Tidak termasuk penentuan spesifikasi teknis jembatan.

E. Manfaat Perencanaan Struktur

1. Melatih mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang sudah dipelajari di dalam perkuliahan untuk merencanakan suatu desain jembatan.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa yang sedang mengambil mata kuliah Perancangan Bangunan Sipil dalam merencanakan jembatan lalu lintas kendaraan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Jembatan merupakan infrastruktur yang dibangun sebagai media untuk melintasi rintangan atau penghalang seperti sungai, laut, lembah ataupun jalan. Jembatan memiliki arti penting dalam segala aspek aktifitas masyarakat baik aspek sosial, ekonomi, politik, pendidikan dan kesehatan. Sehingga dapat mempengaruhi perkembangan sosial, ekonomi dan budaya yang ada pada daerah tersebut (Herri Purwanto, 2018).

Jembatan memiliki beberapa elemen atau komponen struktur yaitu struktur atas dan struktur bawah. Pada umumnya struktur atas jembatan saat ini disusun, dirakit atau terbuat dari beton bertulang, rangka baja ataupun dengan menggunakan beton pra cetak dimana pemilihannya berdasarkan panjang bentang jembatan dan beban yang bekerja pada jembatan tersebut. Pada struktur bawah jembatan terdiri atas struktur abutment dan fondasi, beberapa tipe abutment yang banyak digunakan yaitu tipe gravitasi, tipe balok kepala, tipe T terbalik, dan tipe T terbalik dengan penopang. Sedangkan untuk fondasi yang digunakan disesuaikan dengan kualitas tanah dan besarnya beban struktur atas yang harus ditopang oleh fondasi, fondasi yang banyak digunakan saat ini adalah fondasi tiang pancang, fondasi *bore pile* dan fondasi sumuran.

B. *Outline* Perencanaan Jembatan

1. Pengumpulan Data
 - a. Survei Topografi
 - 1) Peta kontur
 - 2) Peta daerah aliran sungai
 - b. Survei Hidrologi
 - 1) Data curah hujan
 - 2) Data jumlah stasiun
 - c. Survei Lalu Lintas
 - 1) Lalu lintas harian
 - 2) Pertumbuhan lalu lintas
 - d. Survei Geoteknik
 - 1) Data Uji *Boring*
 - 2) Data Uji *Standard Penetration Test*

2. Analisis Data
 - a. Analisis Data Lalu Lintas Harian
 - 1) Lebar jalan rencana
 - 2) Jumlah ruas
 - 3) Kelas jalan
 - b. Analisis Data Hidrologi
 - 1) Curah hujan rata-rata
 - 2) Debit banjir rencana
 - 3) Lengkung debit

- 4) Dimensi sungai
- c. Analisis Data Geoteknik
 - 1) Daya dukung tanah
 - 2) Kedalaman tanah keras
3. Perencanaan Geometrik Jalan
 - a. Lebar jalan
 - b. Alinyemen vertikal
 - c. Alinyemen horizontal
4. Perencanaan Struktur Atas
 - a. Penentuan tipe struktur atas
 - b. Perencanaan dimensi jembatan
 - c. Pembebanan struktur atas
 - d. Analisis struktur (*SAP 2000*)
 - e. Perhitungan gelagar/*girder*, diafragma, *deckplate*, dan perletakan
5. Perencanaan Struktur Bawah
 - a. Penentuan tipe abutment dan fondasi
 - b. Perencanaan dimensi abutment dan kedalaman fondasi
 - c. Analisis dan desain penulangan abutment
 - d. Pembebanan fondasi
 - e. Analisis dan desain fondasi
6. Gambar *Detail Engineering Design*
 - a. *Site plan*

- b. Detail rencana struktur atas (potongan melintang dan potongan memanjang)
- c. Detail rencana abutment (detail penulangan kepala abutment, *wing wall*, *konsol*, *rib* dan *poer* abutment)
- d. Detail rencana fondasi

7. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

C. Jenis, Tipe dan Spesifikasi Struktur Atas Jembatan

Faktor penting dalam perencanaan konstruksi jembatan adalah penentuan tipe struktur atas (*upper structure*) karena akan mempengaruhi biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan jembatan. Perbedaan pengertian tipe dan jenis struktur bangunan atas yaitu 1) tipe bangunan atas cenderung menekankan pada perbedaan aspek konstruksi bangunan atas sedangkan 2) jenis bangunan atas lebih menekankan pada pemilihan bahan dan material yang digunakan untuk membangun jembatan.



Gambar 2.1. Tipe jembatan beton.



Gambar 2.2. Tipe jembatan beton prategang.



Gambar 2.3. Tipe jembatan rangka baja.

Pemilihan tipe dan jenis jembatan yang akan dibangun didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan atau aspek-aspek berikut.

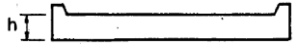
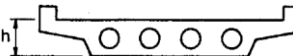
- 1) Biaya konstruksi
- 2) Data lapangan
- 3) Karakteristik lingkungan
- 4) Pelaksanaan
- 5) Perlintasan dengan fasilitas transportasi lainnya
- 6) Kelas jalan dan kelas jembatan

Berikut adalah jenis-jenis dan tipe-tipe bangunan struktur atas jembatan yang banyak dibangun di dunia khususnya di Indonesia.

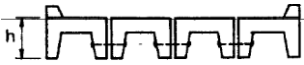
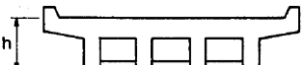
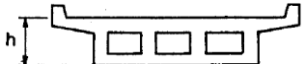
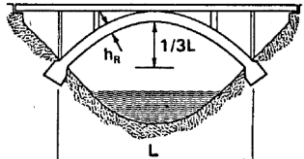
1. Jembatan Beton Bertulang

Jembatan beton bertulang adalah jenis jembatan yang dibuat dengan menggunakan material beton dan baja tulangan yang di cor dalam waktu bersamaan sehingga menjadi material/bahan baru dengan karakteristik gabungan. Elemen struktur seperti *slab* beton, *girder* dan diafragma dibuat dengan menggunakan material beton bertulang. Jembatan beton bertulang banyak dibangun di Indonesia hal ini karena biaya konstruksi dan pemeliharaan yang relatif ekonomis (Supriyadi dan Muntohar, 2007). Pada Tabel 2.1 akan dijelaskan tipe-tipe jembatan beton bertulang dan spesifikasinya.

Tabel 2.1. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton bertulang.

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Pelat Beton Bertulang		5 – 10 meter	1/12,5	Fungsional	Bangunan atas beton bertulang mempunyai sifat berikut.
Pelat Berongga		10 – 18 meter	1/18	Fungsional	1. Umumnya dilaksanakan di tempat terpisah dari jembatan pelat pendek

Tabel 2.1. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton bertulang (lanjutan).

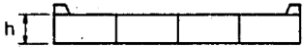
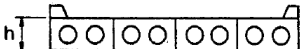
Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Kanal Pracetak		5 – 13 meter	1/15	Kurang	<p>Bangunan atas beton bertulang mempunyai sifat berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pelaksanaan di tempat memerlukan perancah dengan demikian sungai tidak boleh terlalu dalam atau memiliki dasar bebatuan. 2. Umur bebas pemeliharaan sangat tergantung pada pengendalian mutu selama pelaksanaan konstruksi mengingat toleransi perancah, penempatan tulangan, komposisi campuran material, kadar air dan perawatan
Gelagar Beton T		6 – 25 meter	1/12 – 1/15	Fungsional	
Gelagar Beton Box		12 – 30 meter	1/12 – 1/15	Fungsional	
Lengkung Parabola		30 – 70 meter	1/30 rata-rata	Estetik	

Sumber: Bridge Design Manual Vol. 1

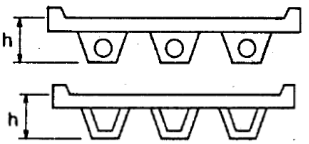
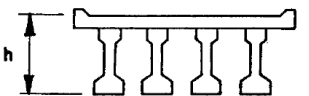
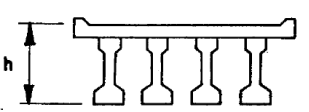
2. Jembatan Beton Prategang

Beton prategang atau *prestressed concrete* adalah jenis beton dimana tulangan bajanya ditarik/ditegangkan terhadap betonnya. Penarikan tersebut akan menghasilkan suatu sistem kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik pada baja dan tekan pada beton) yang akan meningkatkan kemampuan beton untuk menahan beban luar. Pada tahun 1950-an, jembatan beton prategang segmental untuk pertama kalinya dibangun di Eropa Barat (Supriyadi dan Muntohar, 2007). Tabel 2.2 akan dijelaskan tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang yang ada.

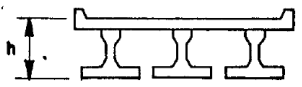
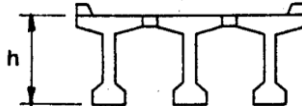

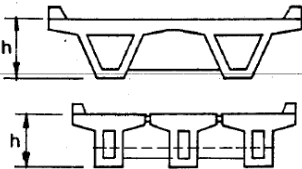
Tabel 2.2. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang.

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Segmen Pelat		6 – 12 meter	1/20	Fungsional	Bangunan atas beton mempunyai keuntungan utama berikut.
Segmen Pelat Berongga		6 – 16 meter	1/20	Fungsional	1. Pengendalian mutu yang baik dari pembuatan gelagar dimana gelagar dibuat di pabrik

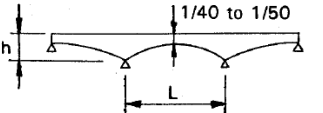
Tabel 2.2. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang (lanjutan).

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Segmen Berongga Komposit dengan lantai beton 1. Rongga Tunggal 2. Boks Berongga		8 – 14 meter 16 – 20 meter	1/18	Fungsional	Bangunan atas beton mempunyai keuntungan utama berikut. 2. Pemeliharaan kecil 3. Umur diharapkan panjang (lebih dari 50 tahun) 4. Tahap perencanaan dan pelaksanaan standar 5. Bangunan efisien dari beton dan bahan yang terdapat di Indonesia.
Gelagar I dengan nilai Komposit dalam bentang sederhana: 1. Pra penegangan 2. Pasca peneganga 3. Pra + pasca penegangan		12 – 35 meter 18 – 35 meter 18 0 25 meter	1/15 – 1/16,5	Fungsional	Bagaimanapun penggunaan beton pratekan umumnya dibatasi pada lokasi dimana unsur beton pratekan dibuat di pabrik balok balok pratekan khusus.
Gelagar I dengan lantai beton komposit dalam bentang menerus		20 – 40 meter	1/17,5	Fungsional	

Tabel 2.2. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang (lanjutan).

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Gelagar I Pra – pegangan dengan lantai komposit dalam bentang tunggal		16 – 25 meter	1/15 – 1/16,5	Fungsional	<p>Beton pratekan mempunyai pembatasan sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Balok adalah berat dan memerlukan pengangkutan khusus. 2. <i>Crane</i> diperlukan untuk menempatkan galagar (pasca pengangan atau pra pengangan). 3. Penegangan harus dilakukan oleh orang yang berpengalaman dengan peralatan khusus.
Gelagar “T” Pasca penegangan		20 – 45 meter	1/16,5 – 1/17.5	Fungsional	
Gelagar boks pasca penegangan dengan lantai komosit		18 – 40 meter	1/15 – 1/16,5	Baik	
Gelagar boks monolitik dalam bentang sederhana		20 – 50 meter	1/17,5 – 1/20	Baik	

Tabel 2.2. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan beton prategang (lanjutan).

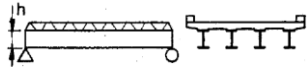
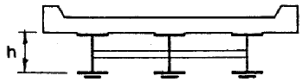
Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L , tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Gelagar Boks menerus pelaksanaan Kantilever		6 – 150 meter	1/18 – 1/20	Estetik	<p>4. Balok hanya dapat diangkut ke lapangan dalam jarak cukup dekat dari pabrik pada jalan yang baik. Balok dapat diangkut oleh kapal bila perlu.</p> <p>5. Kabel baja pratekan dan alat penegangan harus diimpor.</p>

Sumber: Bridge Design Manual Vol. 1

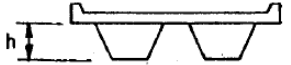
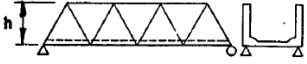
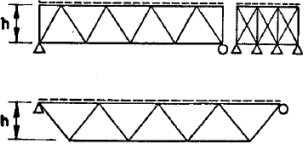
3. Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja merupakan salah satu jenis konstruksi jembatan yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang dihubungkan menjadi satu kesatuan. Tabel 2.3 akan dijelaskan tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja yang ada saat ini.

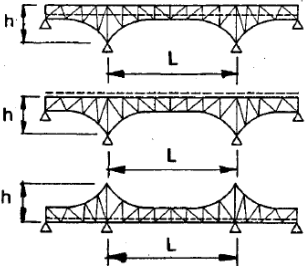
Tabel 2.3. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja.

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Gelagar Baja dengan lantai pelat baja		5 – 25 meter	1/25 – 1/27	Kurang	<p>Keuntungan penggunaan rangka dan gelagar baja prafabrikasi di Indonesia adalah sebagai berikut.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Komponen standar dapat disimpan siap pakai untuk diangkut ke lokasi.
Gelagar baja dengan lantai beton komposit: 1. Bentang sederhana 2. Bentang menerus		15 – 50 meter 35 – 90 meter	1/20	Fungsional	

Tabel 2.3. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja (lanjutan).

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
<p>Gelagar boks baja dengan kantai beton komposit.</p> <p>1. Bentang sederhana</p> <p>2. Bentang menerus</p>		<p>30 – 60 meter</p> <p>40 – 90 meter</p>	<p>1/20</p>	<p>Baik</p>	<p>2. Rencana/gambar dan bahan tersedia untuk segera dimulai setelah panjang dan konfigurasi jembatan ditentukan. Perencanaan lebih sederhana dan hanya memerlukan pendetailan bangunan bawah.</p>
<p>Rangka Lantai bawah dengan pelat beton</p>		<p>30 – 100 meter</p>	<p>1/8 – 1/11</p>	<p>Kurang/Fungsional</p>	<p>3. Produksi masal dapat mengurangi biaya dan menjamin kualitas komponen.</p>
<p>Rangka lantai atas dengan pelat beton komposit</p>		<p>30 -100 meter</p>	<p>1/11 – 1/15</p>	<p>Baik</p>	<p>4. Tahapan standar mengurangi masalah pemasangan/peluncuran dan keperluan supervisi.</p>

Tabel 2.3. Tipe-tipe dan spesifikasi jembatan rangka baja (lanjutan).

Tipe Jembatan	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang Efektif	Perbandingan h/L, tipikal tinggi/bentang	Penampilan	Catatan
Rangka Menerus		60 – 150 meter	1/10	Baik	<ol style="list-style-type: none"> 5. Mudah diangkut lewat laut atau jalan ke lokasi konstruksi. 6. Penyimpanan, penanganan dan sebagainya dari komponen mudah dengan peralatan minimum 7. Umumnya jembatan baja prafabrikasi dapat dipasang dalam 12 bulan dan sering lebih cepat. Hal ini penting dimana jembatan lama sudah tidak berfungsi atau persyaratan pendanaan menuntut pelaksanaan dalam tahun anggaran.

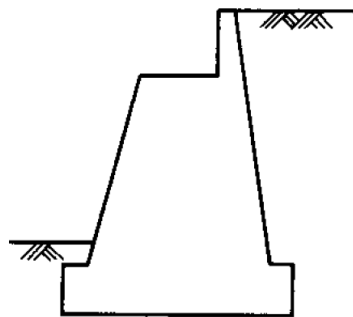
Sumber: Bridge Design Manual Vol. 1

D. Tipe dan Spesifikasi Abutment

Abutment merupakan komponen struktural jembatan yang berfungsi mentransfer beban yang terjadi pada struktur atas jembatan menuju fondasi. Abutment yang banyak dibangun dalam konstruksi jembatan adalah abutment beton bertulang. Dimensi abutment dipengaruhi oleh besarnya beban bangunan struktur atas abutment serta karakteristik tanah, oleh karena itu abutment sedapat mungkin untuk dibangun di atas tanah keras agar tegangan izin tanah dapat dicapai. Berdasarkan *Bridge Design Engineer – 04 – 2007* tentang “Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan” dijelaskan bahwa terdapat empat tipe abutment yaitu:

1) Abutment Tipe Gravitasi

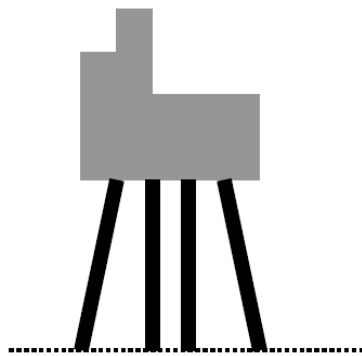
Abutment tipe gravitasi banyak dibangun pada masa kolonial yaitu berupa jembatan jalan raya dan jembatan kereta api. Abutment tipe ini dipilih apabila kondisi tanah dasar yang baik serta memungkinkan untuk dibangun fondasi langsung. Pada umumnya abutment tipe gravitasi dibatasi tinggi maksimalnya sebesar 5 meter dan dibangun dengan konstruksi pasangan batu kali.



Gambar 2.4. Abutment tipe gravitasi.

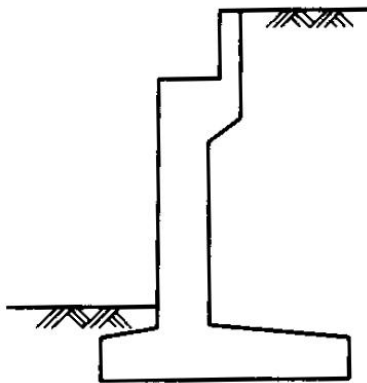
2) Abutment Tipe Balok Kepala

Abutment tipe balok kepala saat ini sudah banyak diterapkan pada konstruksi jembatan. Salah satu alasannya karena berat sendiri dari tipe abutment ini relatif lebih ringan. Sementara itu digunakan fondasi tiang pancang untuk mencapai kedalaman tanah keras, terutama apabila tanah dasar relatif dalam dari tanah dasar.



Gambar 2.5. Abutment tipe balok kepala.

3) Abutment Tipe T Terbalik



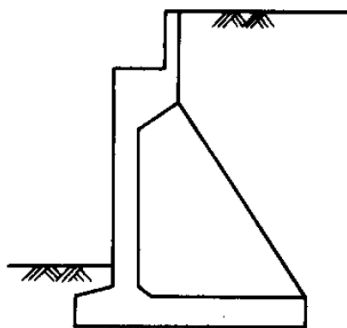
Gambar 2.6. Abutment tipe T terbalik.

Abutment tipe ini merupakan tipe abutment yang paling banyak digunakan dalam konstruksi jembatan, terutama untuk jembatan dengan bentangan

relatif panjang. Ketahanan abutment tipe ini diperoleh dari berat sendiri abutment dan tanah di atas pelat abutment. Tinggi abutment tipe T terbalik berkisar antara 9-12 meter dengan material beton bertulang. Abutment tipe ini dapat ditopang dengan konstruksi fondasi tiang pancang, fondasi sumuran ataupun fondasi langsung tergantung pada kondisi tanah yang tersedia.

4) Abutment Tipe T Terbalik dengan Penopang

Abutment tipe T terbalik dengan penopang saat ini masih jarang digunakan karena konstruksinya yang cukup rumit karena membutuhkan penopang. Dimana keberadaan penopang ini seringkali mempersulit pekerjaan pemadatan timbunan oprit jembatan. Fungsi penopang tersebut adalah memperkecil gaya yang bekerja pada tembok memanjang dan pada tumpuan. Abutment tipe ini dapat didukung dengan menggunakan fondasi tiang pancang, fondasi sumuran dan fondasi langsung bergantung pada karakteristik tanah yang tersedia.



Gambar 2.7. Abutment tipe T terbalik.

Sebagai acuan pemilihan tipe abutment yang efektif untuk dipilih dapat mengacu pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4. Tinggi pemakaian abutment efektif untuk tiap-tiap tipe abutment.

Tipe Abutment	Tinggi Efektif (m)
Tipe T Terbalik dengan Penopang	8 – 20 m
Tipe T Terbalik	5 – 12 m
Tipe Semi Gravitasi	1 – 7 m
Tipe Gravitasi	1 – 5 m

Sumber: Bridge Design Manual Vol. 1

E. Tipe dan Spesifikasi Fondasi

Fondasi merupakan bagian dari struktur bawah (*sub structure*) jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari abutment menuju tanah keras tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah (*settlement*) fondasi yang berlebihan. Dalam penentuan jenis dan tipe fondasi yang akan direncanakan dan dibuat, ada beberapa aspek yang perlu dijadikan dasar ataupun acuan pemilihan yaitu:

- 1) Kedalaman tanah keras
- 2) Daya dukung dan karakteristik tanah
- 3) Besarnya beban yang perlu didukung fondasi
- 4) Karakteristik lingkungan
- 5) Ketersediaan biaya dan peralatan

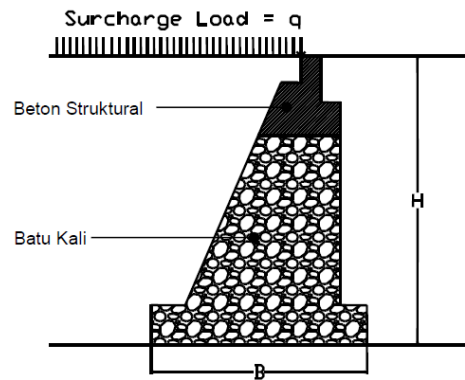
Terdapat dua jenis fondasi yang ada saat ini yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam yang ditentukan berdasarkan kedalaman tanah keras yang tersedia. Berikut adalah jenis-jenis dan tipe-tipe fondasi yang ada saat ini.

1) Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal dapat didefinisikan sebagai tipe fondasi yang mendukung/menopang beban yang terjadi pada struktur atasnya secara langsung (Hardiyatmo, 1996), atau meneruskan beban tersebut menuju lapisan tanah keras yang relatif dekat dengan permukaan tanah. Fondasi dangkal seringkali dijumpai dalam konstruksi jembatan apabila karakteristik tanah yang tersedia memungkinkan untuk dibangun fondasi dangkal. Berikut adalah dua tipe fondasi dangkal yang sering diterapkan dalam konstruksi bangunan bawah jembatan.

a) Fondasi Langsung

Fondasi langsung dapat berupa fondasi batu belah/kali, fondasi batu bata dan fondasi beton bertulang. Pada fondasi langsung dimensi lebar fondasi didesain lebih besar dari tebal dinding tembok di atasnya, hal ini ditujukan untuk memperkecil badan per satuan luas pada tanah dasar, karena daya dukung tanah dasar fondasi pada umumnya lebih kecil dari daya dukung pasangan badan fondasi. Fondasi langsung pada umumnya diterapkan pada abutment tipe gravitasi.

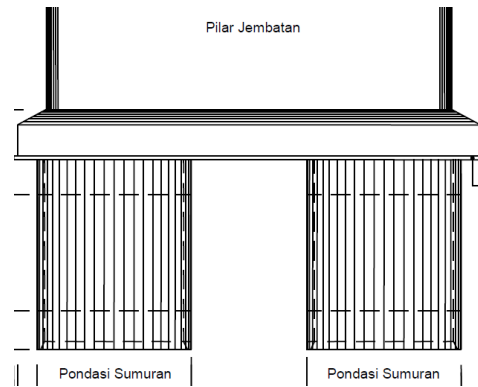


Gambar 2.8. Abutment tipe gravitasi – fondasi langsung.

Fondasi langsung untuk konstruksi jembatan dapat diterapkan apabila kedalaman tanah keras berkisar antara <4 meter dari permukaan tanah dasar.

b) Fondasi Sumuran

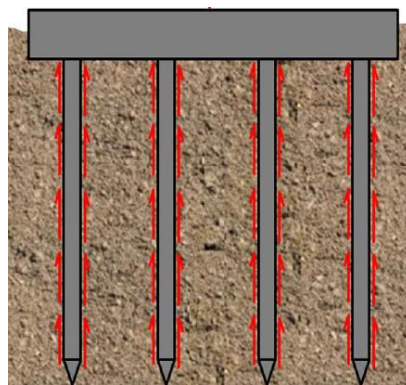
Fondasi sumuran merupakan tipe fondasi dangkal yang merupakan peralihan antara fondasi dangkal dan fondasi tiang. Pada umumnya fondasi sumuran disusun dengan menggunakan konstruksi beton bertulang, dengan mutu beton minimal f'_c sebesar 20 MPa atau K-250 dan mutu baja tulangan yang digunakan adalah BJ24. Fondasi sumuran harus didesain untuk memenuhi persyaratan kestabilan terhadap guling dan geser dengan faktor keamanan (*safety factor*) tertentu, tidak terjadi tegangan tarik pada dasar sumuran serta memenuhi persyaratan-persyaratan penurunan tanah (*settlement*) apabila beban-beban yang bekerja berdasarkan kombinasi yang berlaku. Fondasi sumuran diterapkan apabila kedalaman tanah keras berkisar antara 4-8 meter dari permukaan tanah dasar.



Gambar 2.9. Fondasi sumuran.

2) Fondasi Dalam

Fondasi dalam didefinisikan sebagai jenis fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang letaknya relatif jauh dari permukaan tanah dasar (Hardiyatmo, 1996). Fondasi dalam diterapkan apabila kedalaman tanah keras berada >8 m dihtitung dari elevasi tanah asli.



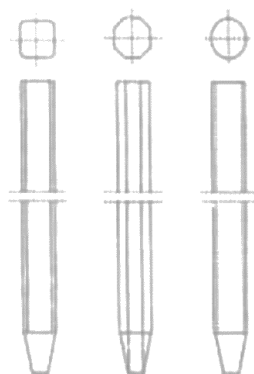
Gambar 2.10. Fondasi dalam.

Jenis fondasi dalam yang umumnya digunakan dalam konstruksi jembatan adalah fondasi tiang pancang dan fondasi tiang bor (*bore pile*). Suatu fondasi dapat dikategorikan sebagai fondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dan lebar fondasi lebih dari 10 ($D_f/B > 10$). Berikut

adalah beberapa tipe fondasi dalam yang digunakan dalam konstruksi fondasi jembatan.

a) Fondasi Tiang Pancang Beton Bertulang Pra Cetak

Fondasi tiang pancang tipe ini merupakan salah satu tipe fondasi yang banyak digunakan karena proses pengerjaannya yang relatif cepat. Tiang pancang dibentuk di pabrik lalu diangkut menuju lokasi konstruksi. Tiang pancang pra cetak (*pre cast*) dengan penguatan biasa dibuat untuk mampu menahan tegangan-tegangan lentur selama pengakatan/pengambilan dan pengangkutan daripada beban-beban lateral. Serta mampu memberikan dukungan yang cukup untuk menahan beban-beban vertikal akibat setiap gaya yang terjadi saat pendorongan/penetrasi (Lilies Widodojoko, 2015). Panjang fondasi tiang pancang harus ditentukan berdasarkan kedalaman tanah keras, apabila lapisan tanah keras masih belum tercapai dengan satu tiang pancang, maka diperlukan penyambungan agar tiang pancang dapat mencapai lapisan tanah keras.



Gambar 2.11. Tipe-tipe penampang fondasi tiang pancang beton.

Tipe fondasi tiang pancang beton pracetak dapat diterapkan apabila kondisi tanah eksisting tidak memungkinkan untuk dilakukan pengecoran di tempat (Lilies Widodo, 2015).

b) Fondasi Tiang Pancang Baja

Tiang pancang baja dapat berupa profil baja gilasa biasa, pipa baja dan kotak. Apabila tiang pancang yang digunakan memiliki rongga pada bagian tengahnya seperti pipa atau kotak maka bagian tengah tiang harus diisi coran beton dengan mutu beton minimum $f'c$ sebesar 20 MPa atau K-250.

Beberapa sungai yang ada di Indonesia memiliki laju korosi yang cukup tinggi yaitu 0,4mm/tahun. Sehingga pemilihan tebal pipa tiang pancang harus memperhitungkan aspek korosi agar fondasi mampu bekerja selama umur rencana jembatan.



Gambar 2.12. Fondasi tiang pancang pipa baja.

Sebagai acuan pemilihan tipe fondasi dalam yang sesuai untuk diterapkan dalam konstruksi jembatan dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5. Perbandingan tiang pancang baja dan tiang pancang beton.

No	Keterangan	Tiang Pancang Baja	Tiang Pancang Beton
1	Kekuatan Momen	Besar	Kecil
2	Elemen Per Meter	Ringan	Berat
3	Daya Tembus	>30 Meter	< 30 Meter
4	Pelaksanaan	Mudah Disambung	Harus Direncanakan
5	Transportasi	Mudah	Sulit
6	<i>Handling</i>	Tahan Terhadap Benturan	Diperlakukan Dengan Hati-Hati
7	<i>Hammer</i>	<i>Hammer</i> Ringan	<i>Hammer</i> Sesuai

Sumber: Direktorat Jembatan, 2018

F. Analisis-Analysis Dalam Perencanaan Jembatan

Jembatan merupakan salah satu konstruksi yang menerapkan berbagai aspek dalam Ilmu Teknik Sipil yaitu Ilmu Hidrologi, Transportasi, Pemetaan/Survei dan Topografi, Geoteknik, Struktur serta Manajemen Konstruksi. Oleh karena itu dalam menentukan jenis, tipe, dimensi dan data propertis struktur jembatan lainnya. Berikut adalah analisis- analisis yang merupakan tahapan-tahapan penting dalam perencanaan jembatan.

1. Analisis Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari siklus air yang ada di alam baik bentuk, kualitas, pergerakan, distribusi, serta kuantitasnya. Dalam perencanaan jembatan Ilmu Hidrologi berperan dalam penentuan-penentuan aspek-aspek berikut.

- a) Debit banjir maksimum
- b) Tinggi muka air banjir sungai maksimum
- c) Penentuan panjang bentang jembatan
- d) Elevasi dasar jembatan

- e) Kedalaman *scour* (gerusan) *maximum*
- f) Jenis hanyutan dan kecepatan aliran sungai dalam perencanaan abutment dan pilar jembatan.

Karena peran analisis hidrologi yang penting dalam perencanaan jembatan, oleh karena ketersediaan data-data berikut sangat diperlukan:

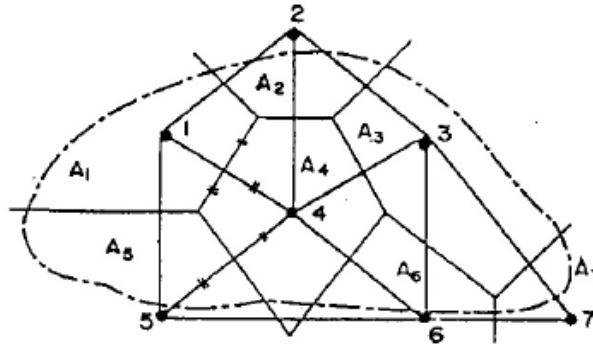
- a) Peta topografi Daerah Aliran Sungai (DAS)
- b) Peta situasi lokasi konstruksi jembatan rencana
- c) Data curah hujan terbaru dan terdekat dari lokasi konstruksi
- d) Data karakteristik sungai

Dengan mengacu pada **Manual No: 01-2/BM/2005** tentang “**Hidrolika untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan**”. Analisis data hidrologi dalam perencanaan jembatan meliputi analisis-analisis berikut.

- a) Analisis Curah Hujan Rata-Rata

Curah hujan rata-rata adalah nilai curah hujan yang diperoleh dengan memperhitungkan data-data curah hujan yang diperoleh dari beberapa stasiun terdekat. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data curah hujan yang representatif, hal ini dikarenakan fenomena hujan yang terjadi sangat bervariasi terhadap tempat, maka pada kawasan yang luas memerlukan lebih dari satu stasiun curah hujan. Salah satu metode untuk menentukan besarnya curah hujan rata-rata adalah Metode *Polygon Thiessen*.

Metode *Polygon Thiessen* adalah metode penentuan curah hujan rata-rata yang memperhitungkan bobot dari tiap-tiap data curah hujan dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan sekitarnya yang ditentukan berdasarkan garis-garis poligon (Triadmodjo, 2008).



Gambar 2.13. Metode *Polygon Thiessen*.

Persamaan dalam Metode *Polygon Thiessen* adalah:

$$P = \frac{(A_1 \times P_1) + (A_2 \times P_2) + (A_3 \times P_3) + \dots + (A_n \times P_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2-1)$$

Keterangan :

P = Curah hujan rata-rata kawasan

A = Luasan yang diwakili tiap-tiap stasiun

P_n = Curah hujan pada masing-masing stasiun

b) Analisis Frekuensi untuk Nilai Ekstrem

Data curah hujan yang diperoleh stasiun curah hujan berupa angka-angka kuantitatif. Dalam Ilmu Statistika, angka-angka yang mewakili kuantitas disebut frekuensi, sehingga dengan demikian analisis data-data curah hujan dapat disebut sebagai “analisis frekuensi”. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menentukan *regression line*, yang merupakan

nilai ekstrem dari hujan harian. Terdapat beberapa metode dalam analisis frekuensi curah hujan yaitu Metode *Normal*, *Gumbell*, dan *Log Pearson Type III*.

Tabel 2.6. Syarat-syarat nilai pengujian dispersi.

Jenis Distribusi	Syarat
Distribusi <i>Normal</i>	$C_s = 0$
Distribusi <i>Log Normal</i>	$C_s = 3C_v$ atau $\frac{C_s}{C_v} \approx 3$
Distribusi <i>Gumbell</i>	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4002$
Distribusi <i>Pearson Tipe III</i>	Tidak memenuhi syarat-syarat di atas atau $C_s < 0$

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010

Dari tabel 2.6 di atas maka metode distribusi *Log Pearson Type III*, merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Proses penentuan kurva distribusi *Log Pearson Tipe III* adalah:

- a) Penentuan logaritma dari semua nilai variat X
- b) Penentuan nilai rata-rata

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n}, \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah data}$$

- c) Penentuan nilai deviasi standar dari $\log X$

$$S \log X = \sqrt{\frac{(\sum \log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2-2)$$

- d) Penentuan nilai koefisien kemencengan/*Skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (S \log X)^3} \quad (2-3)$$

- e) Penentuan besarnya logaritma hujan rencana dengan periode ulang yang dipilih

$$\log X = \overline{\log X} + k.(\overline{S \log X}) \quad (2-4)$$

c) Uji Keselarasan Distribusi

Untuk menentukan keselarasan frekuensi dari data sampel terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian yang digunakan adalah Uji *Chi-Square*.

Uji *Chi-Square* bertujuan untuk mengetahui persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Prosedur pengujian dengan Uji *Chi-Square* adalah sebagai berikut:

- 1) Pengurutan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya);
- 2) Pengelompokan data menjadi G *sub-group*, tiap-tiap *sub-group* minimal 4 data pengamatan;
- 3) Jumlah data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap *sub-group*;
- 4) Penjumlahan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i ;
- 5) Penentuan nilai-nilai berikut untuk tiap-tiap *sub-group*

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} ;$$

- 6) Penjumlahan seluruh G *sub-group* nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi-Square* hitung;

- 7) Penentuan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$, (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial, dan $R = 1$ untuk distribusi *Pisson*);

Interpretasi hasilnya adalah.

- 1) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima;
- 2) Apabila peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan teoritis yang digunakan tidak dapat diterima;
- 3) Apabila peluang antara 1 – 5% adalah tidak mungkin diambil keputusan, misal perlu penambahan data;

d) Analisis Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Nilai intensitas curah hujan dipengaruhi oleh periode ulang yang dihitung, semakin tinggi nilai periode ulang maka semakin tinggi intensitas curah hujan yang diperoleh. Periode ulang adalah waktu hipotetik saat nilai intensitas curah hujan tertentu akan dicapai atau terlampaui (Sutarlim, 2012). Persamaan yang umum digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan adalah Metode *Mononobe* dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun. Persamaan Metode *Mononobe* dapat dilihat pada persamaan (2-5).

$$I = \left(\frac{R}{24}\right) \cdot \left(\frac{24}{TC}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2-5)$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R = Curah hujan harian (mm)

e) Analisis Debit Banjir

Debit banjir rencana adalah nilai debit maksimum suatu sungai atau saluran air yang besarnya ditentukan oleh periode ulang, faktor keamanan, ekonomi dan sosial. Metode yang disyaratkan oleh SNI 2415-2016 dalam menentukan debit rencana untuk wilayah DAS yang memiliki luas lebih dari 5000 hektar adalah Metode *Haspers*. Persamaan Metode *Haspers* yang digunakan adalah dengan ketentuan sebagai berikut.

a) Koefisien aliran (α) dihitung dengan persamaan:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot f^{0,7}}{1 + 0,075 f} \quad (2-6)$$

b) Koefisien reduksi (β) dihitung dengan persamaan:

$$\beta = 1 + \left(\frac{t + (0,37 \times 10^{-0,4t})}{t^2 + 15} \times \frac{f^3}{12} \right) \quad (2-7)$$

c) Waktu konsentrasi dihitung dengan persamaan:

$$t_x = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot i^{-0,3} \quad (2-8)$$

d) Hujan maksimum menurut *Haspers* dihitung dengan persamaan:

$$Q = \frac{Rt}{3,6t} \quad (2-9)$$

$$Rt = \bar{R} + S_x \cdot Y \quad (2-10)$$

Keterangan :

t adalah waktu curah hujan (jam);

Q adalah hujan maksimum ($m^3/km^2/s$);

\bar{R} adalah curah hujan maksimum rata-rata (mm);

S_x adalah simpangan baku;

Y adalah variabel simpangan untuk periode ulang T tahun;

R_t adalah curah hujan dengan periode ulang T tahun;

Berdasarkan Metode *Haspers* nilai R_t ditentukan sebagai berikut.

Untuk $t < 2$ jam,

$$R_t = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1-0,0008 \cdot (260-R_{24}) \cdot (2-t)^2} \quad (2-11)$$

Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$,

$$R_t = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1} \quad (2-12)$$

Untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$,

$$R_t = 0,707 \cdot R_{24} \cdot \sqrt{t+1} \quad (2-13)$$

Keterangan:

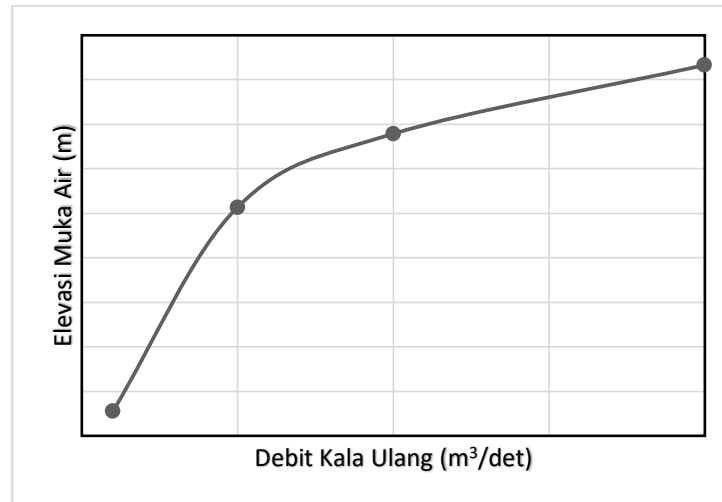
t adalah waktu curah hujan (jam);

R_{24} adalah curah hujan dalam 24 jam (mm);

R_t adalah curah hujan dengan waktu t jam (mm);

f) Analisis Lengkung Debit

Lengkung debit adalah grafik yang menunjukkan level muka air pada suatu penampang melintang sungai akibat debit pada beberapa periode/kala ulang tertentu. Dengan mengacu pada lengkung debit ini, maka dapat ditentukan elevasi dasar badan jembatan dan *free board* desain jembatan.



Gambar 2.14. Contoh grafik lengkung debit.

Untuk menentukan elevasi muka air sungai maka digunakan persamaan berikut.

$$Q = A \cdot v \quad (2-14)$$

$$A = (B + mH)H \quad \text{*Penampang Trapesium} \quad (2-15)$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (2-16)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2-17)$$

Keterangan :

Q = Debit banjir tiap kala ulang (m³/detik);

A = Luas penampang melintang sungai (m²);

v = Kecepatan aliran (m/detik);

R = Jari-jari hidrolis (m);

n = Kekasaran permukaan;

S = kemiringan dasar saluran;

B = lebar dasar sungai (m);

H = tinggi muka air (m);

m = kemiringan sisi samping sungai;

2. Analisis Lalu Lintas

Jalan dan jembatan merupakan infrastruktur penunjang transportasi, oleh karena itu dalam merencanakan dimensi jalan dan jembatan harus memperhitungkan aspek lalu lintas. Dalam perencanaan lebar jembatan, faktor volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) perlu diperhitungkan. Lalu lintas harian yang diperhitungkan adalah Satuan Mobil Penumpang (SMP) dan Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP).

a) Lalu lintas harian rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata didefinisikan sebagai volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dan LHRT (Lalu Lintas Harian Tahunan) adalah volume atau jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu ruas jalan selama 24 jam dan diperoleh data selama satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Volume total lalu lintas dalam satu tahun}}{365} \quad (2-18)$$

1) Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997, Satuan Mobil Penumpang didefinisikan sebagai satuan arus lalu lintas yang mengonversi arus lalu lintas dari berbagai tipe kendaraan menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan satuan emp.

2) Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

EMP (Ekuivalensi Mobil Penumpang) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang

atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (MKJI, 1997).

b) Pertumbuhan lalu lintas

Pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode “*Linier Regression*” adalah metode penyelidikan terhadap suatu data statistik yang didasarkan pada metode nol bebas. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Y' = a + bX \quad (2-19)$$

Keterangan:

Y' = Besar nilai yang diramal;

a = Nilai *trend* pada nilai dasar;

b = Tingkat perkembangan nilai yang diramal;

X = Unit tahun yang dihitung dari periode dasar;

Nilai lalu lintas harian rata-rata diperkirakan untuk 5, 10, 15 atau 20 tahun mendatang, setelah waktu peninjauan berlalu, maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan ini dilakukan untuk menentukan perencanaan kelas jalan dan jembatan. Persamaan untuk memperkirakan atau memprediksi pertumbuhan Lalu lintas Harian rata-rata adalah:

$$LHR_n = LHR_0 \cdot (1+i)^n \quad (2-20)$$

$$i = 100\% \cdot \sqrt[n]{\left(\frac{LHR_n}{LHR_0}\right)} - 1 \quad (2-21)$$

Persamaan *trend* :

$$Y' = a + bX \quad (2-22)$$

$$I \rightarrow \sum Y = n \cdot a + b \cdot \sum X \quad (2-23)$$

$$II \rightarrow \sum XY = (\sum X) \cdot a + b \cdot \sum X^2 \quad (2-24)$$

Dari hasil perkiraan yang telah dilakukan maka akan didapat nilai a dan b dalam bentuk konstanta yang akan dimasukkan ke dalam persamaan “*Regression Linier*” berikut.

$$Y' = a + bX \quad (2-25)$$

Sehingga perkiraan Lalu lintas Harian Rata-rata dapat ditentukan.

c) Kapasitas Jalan

Analisis kapasitas jalan dilakukan untuk periode satu jam puncak. Kapasitas jalan adalah kemampuan jalan tersebut untuk menampung/melewatkan lalu lintas (kendaraan) per jam. Kapasitas jalan perlu ditentukan untuk mengetahui tingkat pelayanan dari suatu badan jalan, sehingga dapat diketahui kualitas pelayanan dari jalan tersebut saat ini dan untuk waktu yang akan datang, dengan memperhitungkan pertumbuhan lalu lintasnya. Untuk menentukan kapasitas ruas jalan mengacu pada persamaan yang ada pada “**Manual Kapasitas Jalan Indonesia, No. 036/T/BM/1997**”.

$$C = C_o \cdot F_{CW} \cdot F_{Csp} \cdot F_{Csf} \quad (2-26)$$

Keterangan :

C = Kapasitas jalan (smp/jam);

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam);

F_{CW} = Faktor Penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur;

F_{Csp} = Faktor penyesuaian pemisah arah;

F_{Csf} = Faktor penyesuaian hambatan samping;

d) Arus Jam Rencana

Arus jam rencana menurut “**Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)**” didefinisikan sebagai arus lalu lintas yang digunakan untuk perancangan (*planning*). Atau dapat diartikan sebagai volume lalu lintas per jam dari suatu ruas jalan yang diperoleh dari penurunan besarnya volume lalu lintas harian rata-rata.

$$Q = \text{LHRT} \cdot k \quad (2-27)$$

Keterangan :

Q = Arus jam rencana (kend/jam);

LHRT = Volume lalu lintas harian rata-rata umur rencana (50 tahun);

k = Faktor konversi dari LHRT ke lalu lintas jam puncak;

e) Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio lalu lintas terhadap kapasitas yang dihitung per jam. Nilai derajat kejenuhan dapat menjadi acuan untuk mengetahui terdapat permasalahan atau tidak pada segmen atau ruas jalan tersebut.

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (2-28)$$

Keterangan :

Q = Arus volume kendaraan (kend/jam)

C = Kapasitas jalan (smp/jam)

Apabila nilai $DS \geq 0,75$ maka segmen atau ruas jalan tersebut “Macet”.

f) Kelas Jalan

Kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.7. Klasifikasi menurut kelas jalan.

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8

Sumber: Tata Perencanaan Geometrik Antar Kota – 1997

Klasifikasi kelas jalan berdasarkan SMP (Satuan mobil penumpang) dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8. Klasifikasi jalan berdasarkan Satuan Mobil Penumpang.

Fungsi	Volume Lalu Lintas	Satuan Mobil Penumpang	Kelas
Primer	Arteri		1
	Kolektor	> 10.000	1
Sekunder	Arteri	< 10.000	2
		> 20.000	1
	Kolektor	< 20.000	2
		> 6.0000	2
		< 6.0000	3
		> 6.0000	3
Kolektor	< 6.0000	4	

Sumber: SPG JP 1998

Berdasarkan fungsi dan volume lalu lintas, kelas jalan diklasifikasikan sesuai pada tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi dan LHR.

Fungsi	Kelas	LHR (SMP)
Utama	I	>20.000
Sekunder	IIA	6.000 – 20.000
	IIB	1.500 – 8. 000
	IIC	< 2.000
Penghubung	III	-

Sumber: SPG JP 1998

g) Lebar Lajur

Lebar lajur suatu segmen atau ruas jalan ditentukan berdasarkan kelas dan tipe jalan tersebut. Lebar lalu lintas jalan untuk berbagai klasifikasi perencanaan dapat mengacu pada tabel 2.10 berikut.

Tabel 2.10. Lebar lajur lalu lintas jalan rencana.

Klasifikasi Perencanaan	Kelas	Lebar Lajur Lalu Lintas (m)
Tipe I	I	3,75
	II	3,5
Tipe II	I	3,5
	II	3,25
	III	3,0 – 3,25

Sumber: SPG JP 1998

3. Analisis Topografi

Analisis topografi adalah upaya untuk menyelidiki bentuk muka bumi melalui data-data survei yang telah dilakukan. Data-data yang diperlukan dalam analisis topografi adalah peta topografi yang berisi peta kontur dan peta aliran sungai. Dari analisis topografi tersebut maka dapat ditentukan ketetapan-ketetapan dalam perencanaan jembatan sebagai berikut.

- a) Panjang bentang jembatan
- b) Elevasi jalan rencana
- c) Elevasi jembatan
- d) Galian dan timbunan
- e) Analisis geometrik jalan (alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal)

Selain itu dengan menganalisis data-data topografi yang ada maka dapat ditentukan kondisi medan jalan dan jembatan yang ada, hal tersebut akan mempengaruhi kecepatan rencana jalan dan perencanaan geometrik jalan rencana.

4. Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang menitik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses masyarakat untuk beraktifitas. Perencanaan geometrik jalan meliputi perencanaan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal namun tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan.

a) Desain Trase Jalan

Trase atau sumbu tengah jalan merupakan garis atau sumbu tengah yang terdiri atas garis lurus ataupun lengkung yang saling berhubungan dan menjadi acuan dalam penentuan elevasi tanah dasar serta perencanaan geometrik jalan. Trase jalan dipilih berdasarkan aspek keamanan, kenyamanan, kontur, ekonomi, sosial dan efisiensi

perencanaan. Dalam perencanaan trase jalan, berikut adalah beberapa syarat-syarat dalam menentukan trase jalan yang ideal.

- 1) Trase jalan yang dipilih diupayakan tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat mengurangi biaya pekerjaan galian dan timbunan (*cut and fill*).
- 2) Memperhitungkan pengadaan material dan pekerja, agar mobilitas material dan pekerja yang tidak terlalu jauh sehingga mengurangi biaya transportasi dan distribusi.
- 3) Mengutamakan perencanaan yang aman dan nyaman untuk pemakai jalan, oleh karena itu analisis topografi wilayah setempat sangat perlu dilakukan.

b) Kecepatan Rencana (V_R)

Kecepatan rencana didefinisikan sebagai kecepatan maksimum yang disyaratkan sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan dapat melintasi dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas lenggang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

c) Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah perencanaan geometrik jalan yang merencanakan bagian lurus dan lengkung horizontal (tikungan) jalan. Alinyemen horizontal perlu direncanakan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan dengan kecepatan V_R .

1) Panjang Bagian Lurus

Bagian lurus jalan harus mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan dengan meninjau kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian lurus jalan yang dapat ditempuh tidak boleh lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R).

2) Tikungan

Tikungan merupakan bagian yang paling kritis pada infrastruktur jalan. Hal ini dikarenakan saat kendaraan melintasi bagian tikungan akan terjadi gaya sentrifugal yang akan mendorong/melempar kendaraan ke luar jalur. Oleh karena itu diperlukan perencanaan tikungan, agar pengguna jalan merasa aman dan nyaman saat melintasi bagian tikungan sesuai kecepatan rencana.

a) Jari-Jari Lengkung Minimum

Jari-jari lengkung minimum merupakan jari-jari minimum untuk suatu tikungan dengan superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum (R_{\min}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2-29.

$$R_{\text{minimum}} = \frac{V_R^2}{127 \cdot (E_{\text{maks}} + f)} \quad (2-29)$$

Keterangan :

R_{\min} = Jari jari tikungan minimum (m);

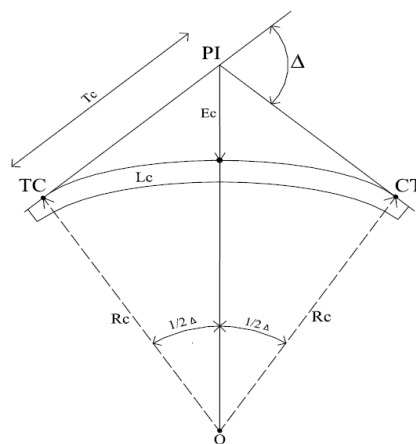
V_R = Kecepatan rencana (km/jam);

E_{max} = Superelevasi *Maximum* (%);

F = Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal (0,14 – 0,24);

b) *Full Circle (FC)*

Full circle merupakan salah satu tipe tikungan dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang tinggi bagi pengguna jalan. Hal ini dikarenakan jari-jari tikungan yang direncanakan sangat besar dan sudut tangen relatif kecil sehingga dapat direncanakan tanpa lengkung peralihan.

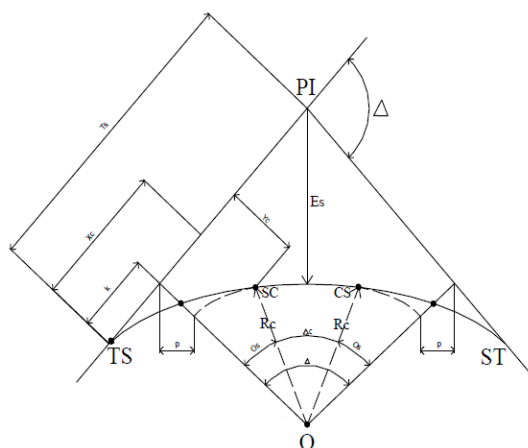


Gambar 2.15. Ilustrasi lengkung *full circle* (FC).

Namun karena jari-jari yang direncanakan sangat besar, mengakibatkan luas lahan dan panjang jalan yang direncanakan sangat luas. Sehingga biaya konstruksinya lebih mahal apabila dibandingkan dengan tipe tikungan lainnya.

c) *Spiral Circle Spiral (SCS)*

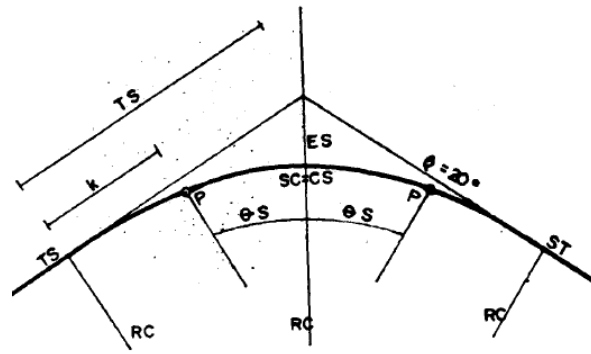
Tikungan tipe *Spiral-Circle-Spiral* adalah tikungan/lengkung peralihan berbentuk *spiral* yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak berhingga di awal *spiral* dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius tertentu (R_C) diakhir *spiral*. Karena didesain dengan menggunakan lengkung peralihan maka, tipe tikungan ini memungkinkan perubahan menikung secara mendadak namun masih tetap aman. Oleh karena itu tikungan SCS dapat diterapkan untuk daerah-daerah perbukitan.



Gambar 2.16. Ilustrasi tikungan tipe S-C-S.

d) *Spiral-Spiral (SS)*

Tikungan tipe *spiral-spiral* merupakan lengkung horizontal yang berbentuk lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS.



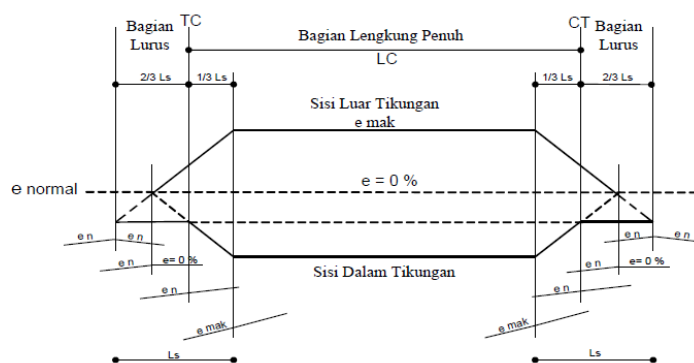
Gambar 2.17. Ilustrasi tikungan *spiral-spiral*.

3) Superelevasi

Untuk mempermudah pengerjaan di lapangan, maka diagram superelevasi pada tiap-tiap perubahan tikungan perlu digambarkan dengan detail. Kemiringan superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus hingga superelevasi pada bagian tikungan/lengkung.

a) Superelevasi *Full Circle*

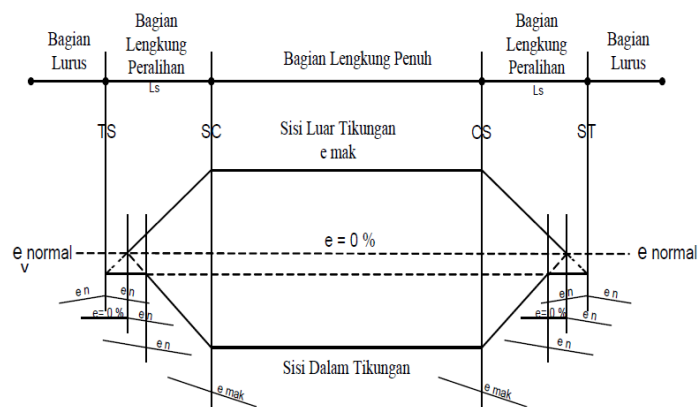
Superelevasi pada tikungan *full circle* dapat dicapai secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ hingga bagian lingkaran penuh (*full circle*) yaitu $1/3 L_s$.



Gambar 2.18. Ilustrasi diagram superelevasi *full circle*.

b) Superelevasi *Spiral-Circle-Spiral*

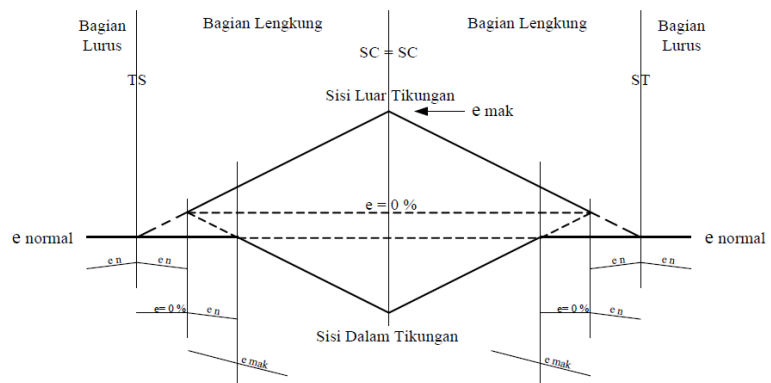
Pada tipe tikungan *full circle*, kemiringan superelevasi dapat dicapai dengan secara linier, diawali dari bentuk normal pada bagian lurus hingga peralihan (S), lalu dilanjutkan hingga superelevasi maksimum pada akhir bagian lengkung peralihan atau awal bagian *circle*.



Gambar 2.19. Ilustrasi diagram superelevasi S-C-S.

c) Superelevasi *Spiral-Spiral*

Superelevasi pada tikungan *spiral-spiral* dicapai secara bertahap pada semua bagian *spiral*.



Gambar 2.20. Ilustrasi diagram superelevasi *spiral-spiral*.

d) Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal didefinisikan sebagai perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Perencanaan alinyemen vertikal suatu geometrik jalan akan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- 1) Kondisi tanah dasar
- 2) Keadaan medan
- 3) Fungsi jalan
- 4) Muka air banjir
- 5) Muka air tanah
- 6) Kelandaian yang masih memungkinkan.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan) atau landai negatif (turunan) atau landai nol (datar).

Selain itu dalam perencanaan alinyemen vertikal, perlu diperhitungkan juga panjang kritisnya. Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak melebihi setengah nilai kecepatan rencana. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

e) Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah bagian alinyemen vertikal yang digunakan sebagai peralihan dari satu kelandaian menuju kelandaian lainnya. Lengkung vertikal perlu direncanakan sedemikian sehingga tidak terjadi guncangan pada pengguna jalan saat peralihan kelandaian tersebut. Rumus yang digunakan dalam perencanaan lengkung vertikal adalah sebagai berikut.

$$A = g_2 - g_1 \quad (2-30)$$

$$EV = \frac{AL}{800} \quad (2-31)$$

$$EPLV = EPV \pm \frac{1}{2}g \quad (2-32)$$

$$y = \frac{Ax^2}{200L} \quad (2-33)$$

Keterangan :

x = Jarak dari titik PLVC ke titik yang ditinjau STA (m);

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA (m);

L = Panjang lengkung vertikal (m);

g_1 = Kelandaian tangen dari titik PLV (%);

g_2 = kelandaaian tangen dari titik PTV (%);

A = Perbedaan aljabar kelandaian;

5. Analisis Geoteknik

Analisis geoteknik diperlukan untuk merencanakan tipe abutment dan tipe fondasi serta pilar yang efektif dan efisien untuk struktur bangunan bawah yang direncanakan. Data-data yang diperlukan dalam analisis geoteknik

meliputi nilai kohesi (c), nilai sudut geser tanah (ϕ), nilai berat jenis dan berat volume tanah (γ), nilai *California Bearing Ratio* (CBR), kadar air tanah, rongga udara serta nilai pengujian SPT (*Standard Penetration Test*).

Secara umum hal-hal yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur bawah jembatan adalah:

- a) Daya dukung tanah (DDT)
- b) Penurunan tanah yang mungkin terjadi (*settlement*)
- c) Tegangan tanah yang terjadi

Dalam penentuan tipe fondasi yang digunakan, dapat mengacu pada nilai daya dukung tanah yang ada (DDT) serta kedalaman tanah keras dari lapisan tanah dasar. Untuk mengetahui kedalaman tanah keras, dapat melalui pengujian SPT (*Standard Penetration Test*). Sedangkan daya dukung tanah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *Terzaghi* yaitu sebagai berikut.

$$Q_{ult} = A_p \cdot \left(c \cdot N_c \cdot \left(1 + 0,3 \frac{B}{L} \right) + (\gamma \cdot D_f \cdot N_q) + \left(0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \left(1 - \frac{0,2B}{L} \right) \right) \right) \quad (2-34)$$

Keterangan :

- Q_{ult} = Daya dukung *ultimite* tanah dasar (t/m^2);
 C = Kohesi tanah dasar (t/m^2);
 Γ = Berat volume tanah (t/m^3);
 B = Lebar fondasi (m);
 D_f = Kedalaman fondasi (m);
 N_γ, N_q, N_c = Faktor daya dukung *Terzaghi*
 A_p = Luas dasar fondasi (m^2);

L = Panjang fondasi (m);

Kontrol daya dukung tanah terhadap abutment dapat dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{\sum V + \sum MH}{W} \leq \sigma_{all} \quad (2-35)$$

Keterangan :

SF = *Safety factor* (1,5 -3);

B = Lebar abutment (m);

L = Panjang abutment (m);

A = Luas bidang bawah fondasi (m²);

$$W = \frac{1}{6} \cdot L \cdot B^2 \quad (2-36)$$

V = Gaya vertikal (kN);

M_V = Momen vertikal yang terjadi (kNm);

M_H = Momen horizontal yang terjadi (kNm).

G. Pembebanan Jembatan

Dalam perencanaan struktur atas dan struktur bawah jembatan, pembebanan yang diperhitungkan merujuk pada acuan-acuan normatif berikut.

1. RSNI T-02-2005, “Standar Pembebanan Untuk Jembatan”.
2. SNI 03-2833-200X, “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan”.
3. SNI 1725:2016, “Pembebanan untuk Jembatan”.
4. PPPJIR-87, “Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan dan Jalan Raya-1987”.

Dengan mengacu pada RSNI T-02-2005 dan SNI 1725-2016, beban-beban yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan jembatan adalah sebagai berikut.

1. Aksi dan Beban Tetap (Permanen)

Aksi atau beban tetap adalah beban yang berasal dari elemen-elemen struktural ataupun non struktural yang memberikan beban pada jembatan, yang besarnya bergantung pada jumlah, dimensi dan kerapatan masa dari benda/zat tersebut. Untuk memperoleh berat dari beban tetap, maka perlu dikalikan dengan percepatan gravitasi (g) yang besarnya $9,8 \text{ m/s}^2$. Beban-beban yang termasuk beban tetap/permanen adalah sebagai berikut.

a) Berat Sendiri

Berat sendiri yang diperhitungkan adalah beban-beban yang berasal dari elemen struktur dan non struktural yang ditopang oleh jembatan secara langsung. Nilai dari berat sendiri bergantung pada jumlah, dimensi dan berat isinya, nilai berat isi untuk tiap-tiap bahan adalah sebagai berikut.

Tabel 2.11. Berat isi untuk beban mati.

No	Bahan	Berat Isi (kN/m^3)	Kerapatan Massa (kg/m^3)
2	Lapisan Permukaan Beraspal	22,0	2240
4	Timbunan tanah Dipadatkan	17,2	1760
6	Aspal Beton	22,0	2240
7	Beton Ringan	12,25 – 19,6	1250 – 2000
8	Beton	22,0 – 25,0	2240 - 2560
9	Beton Prategang	25,0 – 26,0	2560 – 2640
10	Beton Bertulang	23,5 – 25,5	2400 - 2600
12	Lempung Lepas	12,5	1280
13	Batu Pasangan	23,5	2400
15	Pasir Kering	15,7 – 17,2	1600 – 1760
16	Pasir Basah	18,0 – 18,8	1840 - 1920
18	Baja	77,0	7850
21	Air Murni	9,8	1000
23	Besi Tempa	75,5	7680

b) Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan merupakan beban yang terbentuk dari bahan yang merupakan elemen non struktural yang besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Nilai faktor beban mati tambahan dapat dilihat pada tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12. Faktor beban untuk beban mati tambahan.

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA})	Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA})		
		Biasa	Terkurangi	
Tetap	Umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Khusus (terawasi)	1,0	1,4	0,8

Catatan : (1) faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas.

Sumber: SNI 1725-2016

c) Beban Akibat Susut dan Rangkak

Beban akibat dari pengaruh susut dan rangkak perlu diperhitungkan dalam perencanaan jembatan-jembatan beton dan baja. Pengaruh ini dihitung berdasarkan beban mati jembatan. Nilai faktor beban akibat penyusutan dan rangkak adalah sebesar 1,0. Hal ini dikarenakan Walaupun pengaruh rangkak dan penyusutan bertambah lambat menurut waktu akan tetapi pada akhirnya akan mencapai harga konstan (RSNI T-02-2005).

d) Beban Tekanan Tanah

Nilai koefisien tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah yang diketahui yaitu kepadatan, kadar air, kohesi, sudut geser dan kedalaman yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian tanah. Nilai faktor akibat beban tekanan tanah dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13. Faktor beban akibat tekanan tanah.

Jangka Waktu	Faktor Beban (γ_{TA})			
	Kondisi Batas Layan (γ_{TA}^s) Tekanan Tanah	Kondisi Batas Ultimit (γ_{TA}^u)		
		Biasa	Terkurangi	
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,0	1,25 (1)	0,80
	Tekanan tanah lateral			
	Aktif	1,0	1,25	0,80
	Pasif	1,0	1,40	0,70
	Diam	1,0	<i>*lihat penjelasan</i>	

Sumber: SNI 1725-2016

Tabel 2.14. Sifat-sifat untuk tekanan tanah.

Sifat-sifat bahan untuk menghitung tekanan tanah		Keadaan batas ultimit	
		Biasa	Terkurangi
Aktif (1)	W_s^*	W_s	W_s
	φ^*	$\tan^{-1}(K_\varphi^R \tan \varphi)$	$\tan^{-1}[(\tan \varphi / K_\varphi^R)]$
	c^*	K_C^R	c / K_C^R
Pasif (1)	W_s^*	W_s	W_s
	φ^*	$\tan^{-1}(K_\varphi^R \tan \varphi)$	$\tan^{-1}[(\tan \varphi / K_\varphi^R)]$
	c^*	K_C^R	c / K_C^R
Vertikal	W_s^*	W_s	W_s

Catatan (1) Harga rencana untuk geseran dinding, δ^* , harus dihitung dengan cara yang sama seperti φ^*

Catatan (2) K_φ^R dan K_C^R adalah faktor reduksi kekuatan bahan

Catatan (3) Nilai φ^* dan c^* minimum berlakuk umum untuk tekanan tanah aktif dan pasif.

Sumber: RSNI T-02-2005

2. Beban Kendaraan (Lalu Lintas)

Beban kendaraan/ lalu lintas adalah beban hidup sementara yang terjadi pada kurun waktu yang relatif singkat sama namun sering terjadi. Beban lalu lintas sering juga disebut dengan beban transien, dimana beban yang terjadi dapat pada arah vertikal ataupun horizontal. Berikut adalah beban-beban

kendaraan yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur atas dan abutment.

a) Lajur Lalu Lintas Rencana

Dalam perencanaan lebar lalu lintas, perlu diperhitungkan kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan dimasa yang akan datang sehubungan dengan perubahan fungsi bagian jembatan. Lajur lalu lintas rencana disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan. Jumlah lajur lalu lintas berdasarkan lebar bersih jembatan disajikan dalam tabel 2.15.

Tabel 2.15. Jumlah lajur lalu lintas rencana.

Tiper Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (3)
Satu Lajur	$3000 \leq W \leq 5250$	1
	$5250 \leq W \leq 7500$	2
Dua arah, tanpa median	$7500 \leq W \leq 10000$	3
	$10000 \leq W \leq 12500$	4
	$12500 \leq W \leq 15250$	5
	$W \geq 5250$	6
Dua arah, dengan median	$5500 \leq W \leq 8000$	2
	$8250 \leq W \leq 10750$	3
	$11000 \leq W \leq 13500$	4
	$13750 \leq W \leq 16250$	5
	$W \geq 16250$	6

Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang

Catatan (2) : Lebar lajur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah

Sumber: SNI 1725-2016

b) Beban “D”

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat pada tabel 2.16 berikut.

Tabel 2.16. Faktor beban untuk beban lajur “D”.

Tipe Beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Transisien	Beton	1,00	1,80
	Boks <i>Girder</i> Baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725-2016

1) Intensitas Beban “D”

Intensitas beban “D” dibagi atas dua tipe beban yaitu Beban Terbagi Rata (BTR) dan Beban Garis (BGT).

a) Beban terbagi rata (BTR) memiliki intensitas q kPa dimana besarnya q bergantung pada panjang total jembatan yang dibebani, yaitu sebagai berikut.

$$L \leq 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2-37)$$

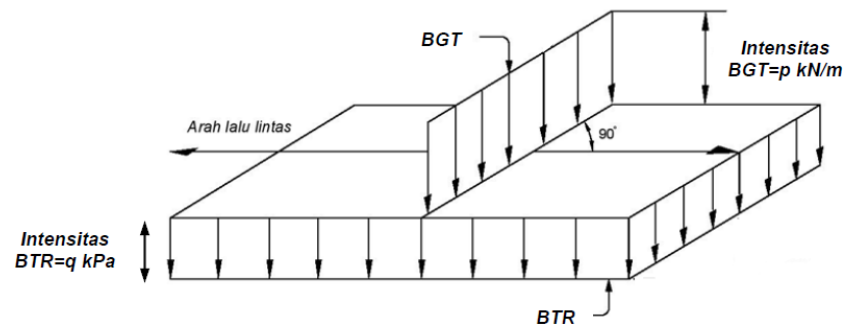
$$L > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2-38)$$

Keterangan:

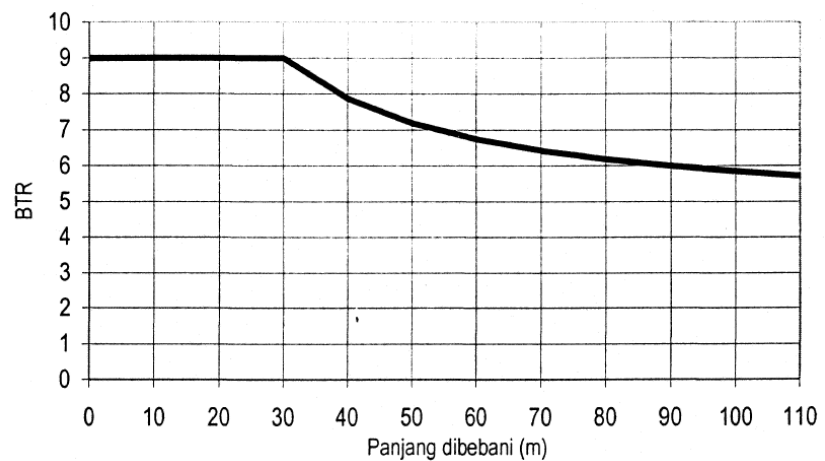
q : Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa);

L : Panjang total jembatan yang dibebani (meter);

b) Beban garis (BGT) memiliki intensitas sebesar p kN/m yang harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan dengan nilai p sebesar 49 kN/m.



Gambar 2.21. Beban lajur "D".



Gambar 2.22. Beban "D": BTR vs Panjang yang dibebani.

2) Distribusi Beban "D"

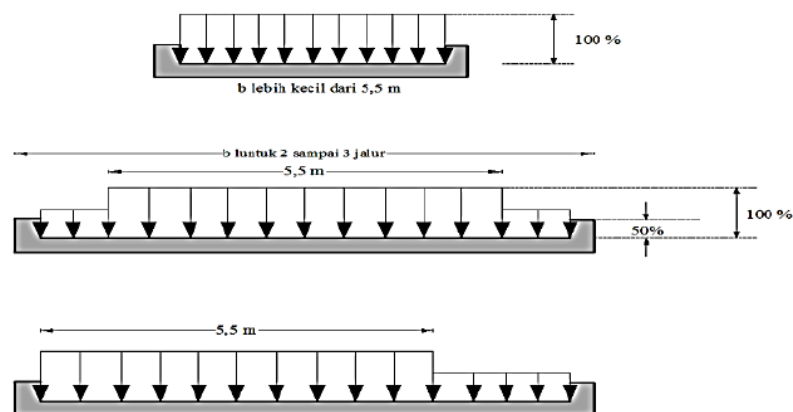
Beban lajur "D" yang diperhitungkan harus disusun sedemikian sehingga diperoleh nilai momen maksimum pada arah melintang. Berdasarkan RSNI T-2-2005, penempatan beban lajur "D" berdasarkan ketentuan sebagai berikut.

Jika lebar lajur kendaraan $\leq 5,5$ meter, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100%. Bila lebar jalur lalu lintas lebih lebar dari 5,5 meter, maka beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (n_1) yang

berdekatan dengan intensitas 100%. Sehingga diperoleh beban garis ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75$ kN, dimana keduanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar $n_1 \times 2,75$ meter.

Apabila lajur lalu lintas rencana yang berbentuk *strip* ini dapat ditempatkan di sembarang tempat pada lajur jembatan. Maka beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas beban sebesar 50% dari total.

Susunan pembebanan beban lajur “D” dapat dilihat pada gambar 2.23 berikut.

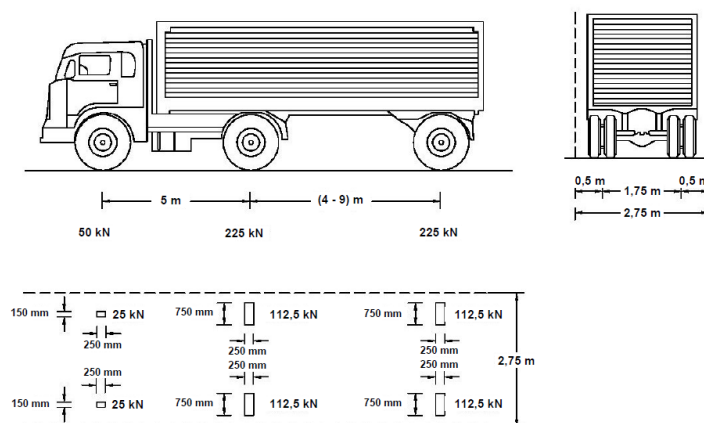


Gambar 2.23. Penyebaran beban lajur “D” dalam arah melintang.

c) Beban “T”

Beban “T” didefinisikan sebagai pembebanan truk “T” yang terdiri atas kendaraan truk *semi trailer* yang memiliki susunan dan beban gandar sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.24 beban dari tiap-tiap gandar akan disebarakan menjadi dua beban merata dengan sama besar pada

bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara dua gandar tersebut dapat diubah-ubah antara 4-9 meter untuk memperoleh pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2.24. Beban muatan “T” 500 kN.

Berdasarkan RSNI T-02-2005, untuk memperoleh nilai momen dan lintang terbesar pada arah longitudinal gelagar jembatan maka beban muatan truk “T” perlu didistribusikan berdasarkan ketentuan berikut.

Tabel 2.17. Faktor distribusi untuk beban muatan truk “T”.

Jenis Bangunan Atas	Jembatan Jalur Tunggal	Jembatan Jalur Majemuk
Pelat lantai beton		
• Balok baja I atau balok beton pratekan	S/4,2 Bila $S > 3$ m (1)	S/3,4 Bila $S > 4,3$ m (1)
• Balok beton bertulang T	S/4,0 Bila $S > 1,8$ m (1)	S/3,6 Bila $S > 3$ m (1)
• Balok Kayu	S/4,8 Bila $S > 3,7$ m (1)	S/4,2 Bila $S > 4,9$ m (1)
Lantai baja gelombang dengan tebal 50 mm atau lebih		
	S/3,3	S/2,7
Kisi-kisi baja		
• Kurang dari tebal 100 mm	S/2,6	S/2,4
• Tebal lebih dari 100 mm	S/3,6 Bila $S > 3,6$ m (1)	S/3,0 Bila $S > 3,2$ m (1)

d) Faktor Beban Dinamis (FBD)

Faktor beban dinamis didefinisikan sebagai hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan struktur jembatan. Sehingga besarnya FBD bergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan yang nilainya berkisar 2-5 Hz untuk kendaraan berat dan frekuensi getaran lentur jembatan.

Untuk beban muatan lajur “D” nilai FBD merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti pada persamaan 2-39 berikut.

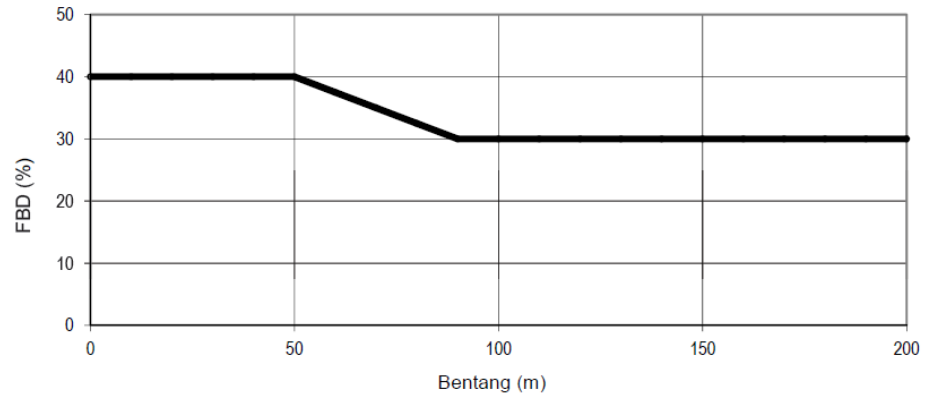
$$L_E = \sqrt{L_{av} \cdot L_{Max}} \quad (2-39)$$

Keterangan :

L_{av} : Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

L_{Max} : Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.

Sedangkan untuk beban muatan truk “T”, harga FBD diambil sebesar 30% yang dihitung dan digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Nilai faktor beban dinamis untuk beban garis terpusat (BGT) pada beban lajur “D” bergantung pada panjang bentang jembatan, seperti pada gambar 2.25.



Gambar 2.25. Nilai faktor beban dinamis beban “T” dan beban “D”.

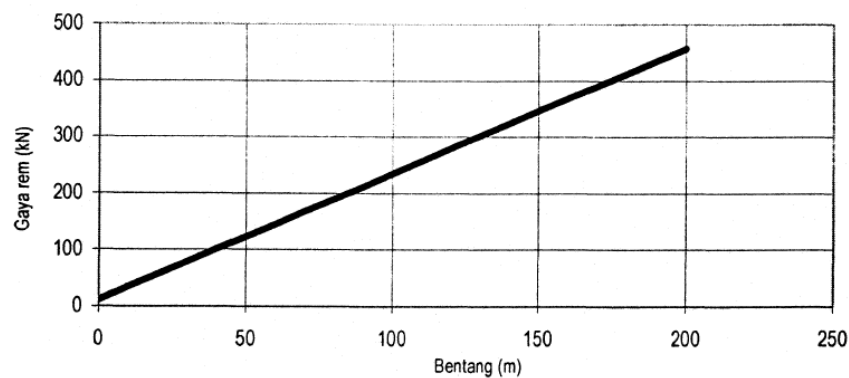
e) Beban Rem

Beban akibat gaya rem yang terjadi diasumsikan bekerja pada arah horizontal setinggi 1800 mm dari permukaan aspal jembatan. Untuk jembatan pada masa yang akan datang akan menjadi lajur satu arah, maka semua lajur rencana harus diperhitungkan secara simultan. Besarnya gaya rem yang dapat diambil berdasarkan SNI 1725:2016 adalah.

25% dari berat gandar truk desain atau;

5% dari beban truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (lalu lintas).

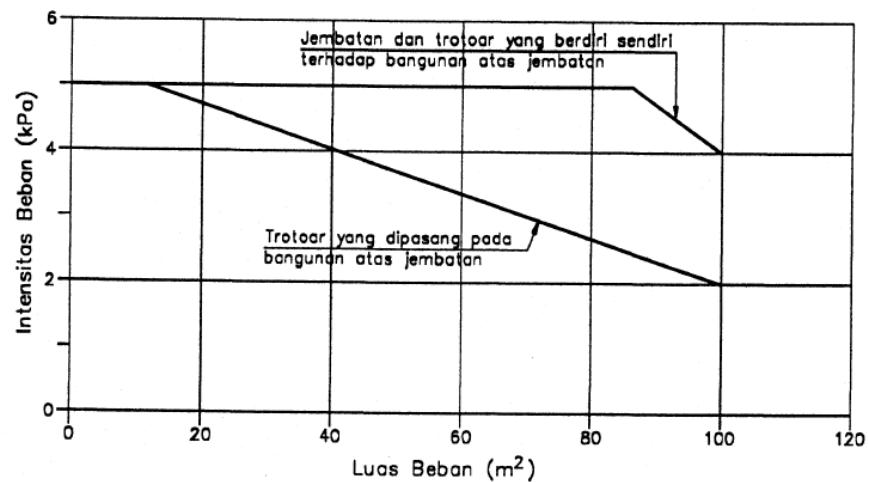
Atau dapat ditentukan berdasarkan gambar 2.26.



Gambar 2.26. Gaya rem per lajur 2,75 meter.

f) Beban Pejalan Kaki

Untuk trotoar yang memiliki lebar lebih dari 600 mm beban pejalan kaki yang harus direncanakan adalah sebesar 5 kPa dan diasumsikan bekerja bersamaan dengan kendaraan pada masing-masing lajur. Atau dapat mengacu pada gambar 2.27.



Gambar 2.27. Nilai beban pejalan kaki.

Apabila trotoar yang ada pada jembatan rencana dapat digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka nilai beban pejalan kaki yang diperhitungkan adalah beban hidup sebesar 20 kN.

3. Aksi Lingkungan (Eksternal)

a) Beban Angin

Berdasarkan RSNI T-02-2005 beban angin yang diperhitungkan pada perencanaan jembatan bergantung pada kecepatan angin rencana yang nilainya diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2-40)$$

Keterangan :

V_w = Kecepatan angin rencana (m/s) pada keadaan batas yang ditinjau;

C_w = Koefisien seret;

A_b = Luas koefisien bagian samping jembatan;

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif yang tergak lurus dengan sumbu memanjang jembatan. Pada jembatan rangka luas ekuivalen ini diasumsikan sebesar 30% dari luas yang dibatasi batang-batang bagian terluar.

Selain dianggap bekerja pada struktur utama jembatan, beban angin yang terjadi pada kendaraan yang terjadi pada saat melintas di atas jembatan pun perlu diperhitungkan. Apabila suatu kendaraan sedang melintas di atas jembatan maka beban merata tambahan pada arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti disyaratkan pada persamaan 2.41.

$$T_{EW} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2-41)$$

Dengan ketentuan bahwa nilai C_w adalah sebesar 1,2 atau dapat mengacu pada tabel 2.18 berikut.

Tabel 2.18. Nilai koefisien seret (C_w).

Tipe Jembatan	Koefisien Seret (C_w)
Bangunan atas masif : (1), (2)	
b/d = 1,0	2,1 (3)
b/d = 2,0	1,5 (3)
b/d ≥ 6,0	1,25 (3)
Bangunan atas rangka	1,2

Sumber: RSNIT-02-2005

Tabel 2.19. Kecepatan angin rencana V_w .

Keadaan Batas	Lokasi	
	<5 km dari pantai	>5 Km dari pantai
Daya Layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Sumber: RSNIT-02-2005

b) Beban Gempa

Beban gempa perlu dimasukkan dalam analisis perencanaan jembatan, mengingat bahwa Indonesia memiliki banyak wilayah rawan gempa termasuk Provinsi Lampung. Untuk memperhitungkan besarnya beban gempa yang bekerja pada struktur jembatan, dapat dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1) Beban Mati Total (W_t)

$$W_t = (Q_{MS} + Q_{MA}) \quad (2-42)$$

Keterangan :

W_t = Berat total bangunan (kN)

Q_{MS} = Beban mati struktur

Q_{MA} = Beban mati tambahan

2) Momen Inersia

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad (2-43)$$

Keterangan :

b = Lebar *breast wall* (m)

h = Tinggi *breast wall* (m)

3) Kuat Lentur *Girder* (K_p)

$$K_p = 48 \cdot E \cdot \frac{1}{L^3} \quad (2-44)$$

Keterangan :

K_p = Kekakuan gabungan gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar;

E_c = Modulus elastisitas beton;

4) Waktu Getar (periode)

$$T = 2.\pi. \left(\frac{W_t}{g \cdot K_p} \right) \quad (2-45)$$

5) Data nilai PGA, C, dan SA diperoleh dari laman resmi <http://puskim.pu.go.id> dengan memilih langsung daerah yang ingin ditinjau.

6) Faktor Perangkakan (F)

$$F = 1,25 - 0,025 n \quad (2-46)$$

Dimana n merupakan jumlah sendi plastis

7) Faktor Tipe Struktur (S)

$$S = 1. F \quad (2-47)$$

8) Koefisien Gempa Horizontal (K_h)

$$K_h = C \cdot S \quad (2-48)$$

Keterangan :

C = Koefisien geser dasar;

S = Faktor tipe bangunan;

9) Koefisien Gempa Vertikal (K_v)

$$K_v = 50\% \cdot K_h \quad (2-49)$$

10) Beban Gempa Vertikal (T_{EQ})

$$T_{Eq} = K_h \cdot W_t \quad (2-50)$$

Tabel 2.20. Kondisi tanah untuk koefisien geser dasar.

Jenis Tanah	Tanah Teguh	Tanah Sedang	Tanah Lunak
Untuk seluruh jenis tanah	≤ 3 m	3 – 25 m	> 25 m
Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata <50 kPa	≤ 6 m	6 – 25 m	> 25 m
Pada tempat dimana hamparan tanah salah satunya mempunyai sifat kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata >100 kPa atau tanah berbutir sangat padat	≤ 9 m	9 – 25 m	> 25 m
Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> < 200 kPa	≤ 12 m	12 – 30 m	> 30 m
Untuk tanah berbutir dengan ikatan matrik padat	≤ 20 m	20 – 40 m	> 40 m

Sumber: RSNI T-02-2005

Tabel 2.21. Faktor kepentingan.

No	Ketentuan	Faktor
1	Jembatan yang memuat lebih dari 2000 kendaraan per hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif	1,2
2	Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang dirancang untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi	1,0
3	Jembatan sementara dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi	0,8

Sumber: RSNI T-02-2005

Tabel 2.22. Faktor tipe bangunan.

Tipe Jembatan (1)	Jembatan dengan Daerah sendi Beton Bertulang atau Baja	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Prategang	
		Prategang Parsial	Prategang Penuh
Tipe A (3)	1,0F	1,15 F	1,3F
Tipe B (3)	1,0F	1,15F	1,3F
Tipe C	3,0	3,0	3,0

Sumber: RSNI T-02-2005

Tabel 2.23. Koefisien geser dasar untuk tekanan tanah lateral.

Daerah Gempa (1)	Koefisien Geser Dasar (C)		
	Tanah Teguh (2)	Tanah Sedang (2)	Tanah Lunak (2)
1	0,20	0,23	0,23
2	0,17	0,21	0,21
3	0,14	0,18	0,18
4	0,10	0,15	0,15
5	0,07	0,12	0,12
6	0,06	0,06	0,07

Sumber: RSNI T-02-2005

c) Beban Suhu

Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan untuk menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut. Besarnya variasi temperatur pada bangunan atas jembatan disebabkan oleh pemanasan langsung pada siang hari.

Tabel 2.24. Temperatur jembatan rata-rata nominal.

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Minimal	Temperatur Maksimum
Lantai Beton di atas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	45°C

4. Kombinasi Pembebanan

Dengan mengacu pada PPJR – 1987 tentang “Pedoman Perencanaan Jembatan dan Jalan Raya” maka diperoleh acuan penentuan kombinasi pembebanan untuk struktur jembatan sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai dengan keadaan elastis.

Tabel 2.25. Kombinasi pembebanan dan gaya.

No	Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastis
I	$M + (H+K) + Ta + Tu$	100%
II	$M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm$	125%
III	Komb. I + $Rm + Gg + A + SR + Tm + S$	140%
IV	$M + Gh + Tag + Gg + Ahg + Tu$	150%
V	$M + Pl$	130%
VI	$M + (H+K) + Ta + S + Tb$	150%

Keterangan :

A : Beban angin;

Ah : Gaya akibat aliran dan hanyutan;

AHg : Gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa;

Gg : Gaya gesek pada tumpuan bergerak;

Gh : Gaya horisontal ekuivalen akibatn gempa bumi;

(H+K) : Beban hidup dengan kejut;

Pl : Gaya-gaya pada waktu pelaksanaan;

Rm : Gaya rem;

5. Metode Desain Beton Bertulang

Dalam merencanakan struktur abutment dan fondasi yang disusun dengan material beton bertulang, maka metode yang dapat digunakan adalah metode plastis dengan persamaan-persamaan berikut.

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

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

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 \quad (f'c < 28 \text{ MPa}) \\ &= 0,85 - \left(\frac{28 - f'c}{7}\right) 0,05 \quad (f'c > 28 \text{ MPa}) \end{aligned}$$

$$\rho \text{ (balance)} = \frac{0,85 \cdot (f'c) \cdot \beta \cdot 600}{f_y \cdot (f_y + 600)}$$

$$\rho \text{ (maximum)} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho \text{ (minimum)} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot (f'c)}$$

$$\rho \text{ (perlu)} = \frac{1}{m} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n \cdot m}{f_y}} \right]$$

apabila $\rho_{\text{minimum}} > \rho_{\text{perlu}}$ dipakai ρ_{minimum} dan berlaku sebaliknya.

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$$

$$N_{\text{Perlu}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_1 \text{ tulangan}}}$$

III. METODOLOGI PERENCANAAN

A. Umum

Dalam perencanaan ini metode yang digunakan dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data primer dan sekunder, studi literatur, analisis hidrologi, analisis lalu lintas, analisis geoteknik, perencanaan geometrik jalan, analisis pembebanan, analisis respon spektrum, perencanaan struktur atas jembatan, perencanaan abutment dan fondasi dan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB).

B. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan Jembatan Way Umpu yaitu berada di Jl. Lintas Tengah Sumatera, Negeri Baru, Blambangan Umpu, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung.

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahapan awal dalam perencanaan Jembatan Strategis Way Umpu. Data-data tersebut dibedakan menjadi dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh melalui pengukuran, pengamatan, observasi dan penilaian langsung di lapangan. Sehingga data yang diperoleh merupakan data yang *valid* dan dapat dipertanggung jawabkan. Berikut adalah data-data primer yang diperlukan dalam perencanaan jembatan.

- a) Peta topografi, diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat bantu *Teodolite*, *Waterpass* dan *Total Station*. Hasil pengolahan data peta topografi adalah berupa penentuan alinyemen vertikal, alinyemen horizontal, dimensi rencana normalisasi sungai, volume galian dan timbunan tanah.
- b) Data tanah (geoteknik), diperoleh dari hasil pengujian dan pengukuran langsung di lapangan terhadap kondisi tanah yang ada dengan pengujian *SPT* dan *Boring*. Hasil analisis data mekanika tanah yang ada maka dapat ditentukan kedalaman tanah keras, tipe fondasi dan abutement yang efektif untuk direncanakan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak pertama atau data yang diperoleh tanpa harus meninjau lokasi secara langsung. Data-data sekunder yang diperlukan dalam perencanaan jembatan adalah sebagai berikut.

a) Data Hidrologi

Data hidrologi dalam perencanaan Jembatan Way Umpu adalah berupa data curah hujan harian dari beberapa stasiun terdekat dalam kurun waktu 2009-2018. Data tersebut diperoleh dari **Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji – Sekampung**. Hasil analisis data hidrologi yang dilakukan akan menjadi acuan untuk memperhitungkan debit banjir dalam periode ulang tertentu sehingga dapat memperhitungkan dimensi sungai normalisasi yang aman sehingga jarak aman antara elemen terbawah struktur atas jembatan dengan elevasi muka air banjir (*waking* = 1,5 meter) dapat terpenuhi.

b) Data Survei Lalu Lintas

Data survei lalu lintas yang dimaksud adalah data volume lalu lintas harian yang diperoleh dari **Balai Perencanaan dan Pemeliharaan Jalan Nasional (BP2JN)**. Hasil pengolahan data tersebut akan menjadi acuan untuk menentukan kelas jalan dan jembatan serta lebar jembatan rencana. Agar dapat menampung volume lalu lintas rencana yang diperkirakan berdasarkan umur layan jembatan.

c) Data Gempa

Data gempa diperoleh melalui laman resmi <http://puskim.pu.go.id/> yang berupa nilai PGA, S_{DS} , SD_1 , T_0 , S_s dan S_1 . Yang diperlukan untuk memperhitungkan beban gempa yang terjadi pada struktur jembatan.

D. Software Penunjang

Dalam perencanaan Jembatan Strategis Way Umpu ini, penulis menggunakan beberapa *software* untuk mempermudah perhitungan analisis dan desain. Berikut adalah *software-software* yang digunakan dan fungsinya.

1. Microsoft Excel 2013

Digunakan untuk menganalisis data primer dan sekunder serta perhitungan desain elemen-elemen jembatan yang menggunakan rumus-rumus yang sederhana dan kompleks.

2. AutoCAD 2017

Digunakan untuk menganalisis data topografi dan merencanakan alinyemen vertikal, alinyemen horizontal, luas galian-timbunan serta membuat gambar rencana struktur atas dan bawah jembatan yang telah didesain.

3. SAP 2000 V14

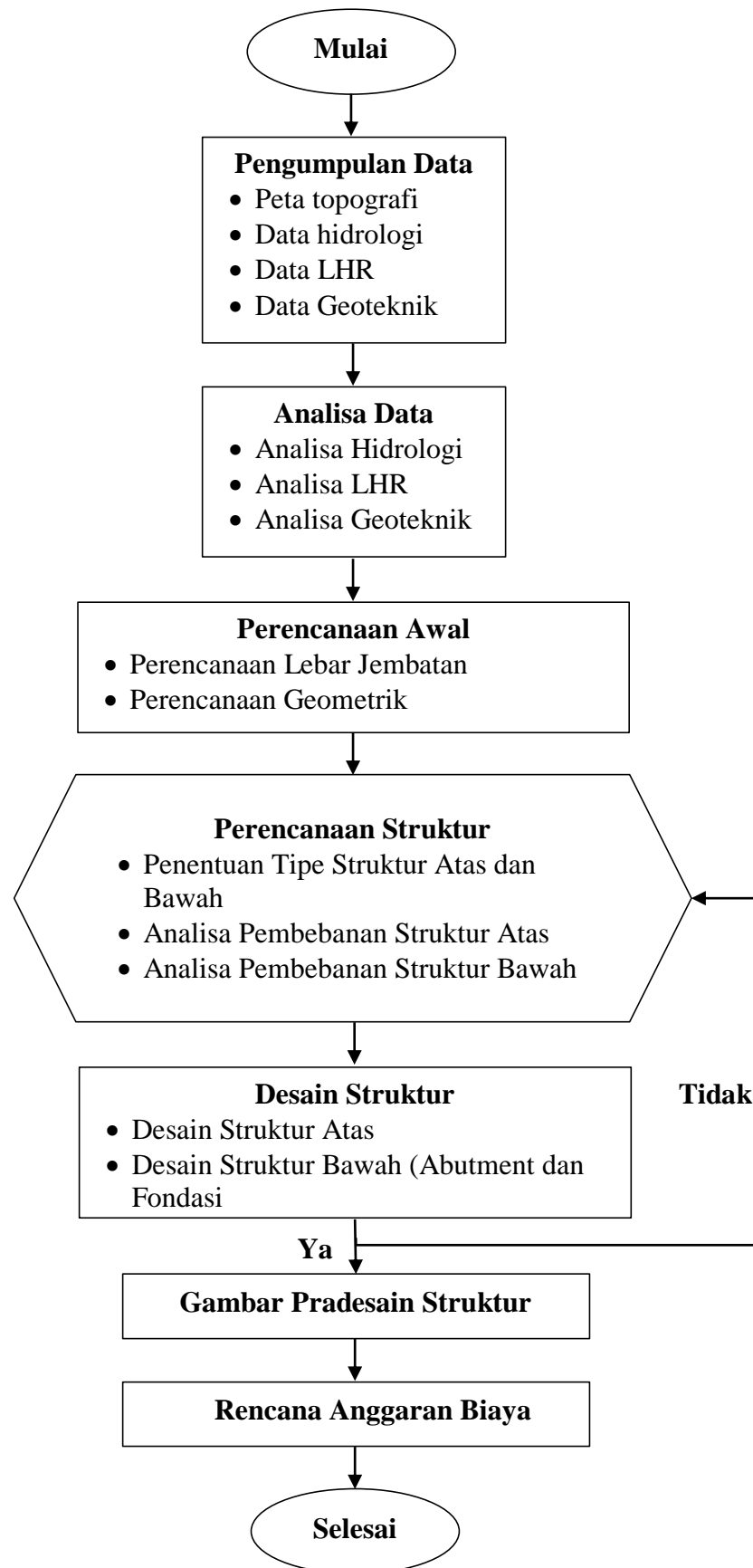
Digunakan untuk menganalisis gaya-gaya dalam struktur atas jembatan dengan pemodelan 3 dan 2 dimensi.

4. ETABS 2016

Digunakan untuk memodelkan elemen gelagar/*girder* dan struktur rangka jembatan dalam bentuk 3D untuk memperoleh nilai lendutan/defleksi ultimit akibat pembebanan yang terjadi.

E. Tahapan Perencanaan

Untuk memperjelas tahapan-tahapan yang dilalui dalam perencanaan ini, dapat dilihat dari diagram alur atau *flow chart* pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Diagram alur (*flow chart*) perencanaan.

VIII. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah perencanaan teknis pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Konstruksi jembatan yang cocok untuk digunakan dalam konstruksi Jembatan Way Umpu adalah tipe jembatan rangka baja kelas A dengan panjang bentang 60 meter.
2. Perencanaan struktur atas jembatan rangka baja meliputi perencanaan pipa sandaran, trotoar, perencanaan gelagar memanjang (*Long Girder*), perencanaan gelagar melintang (*Cross Girder*), perencanaan pelat lantai (*slab*), perencanaan perletakan jembatan, perencanaan struktur rangka dan perencanaan ikatan angin atas. Dengan mengacu pada pembebanan jembatan yaitu **SNI 1725 -2016**.
3. Konstruksi struktur bawah yang cocok digunakan yaitu konstruksi abutment tipe T terbalik dan fondasi tiang pancang beton pracetak (*spun pile*)
4. Perencanaan abutment meliputi perencanaan kepala abutment (*konsol*), perencanaan *breast wall*, perencanaan *wing wall*, perencanaan pelat injak dan perencanaan *poer* dengan acuan pembebanan adalah **SNI**

1725-2016 dan **RSNI-T-02-2005**. Perencanaan fondasi meliputi perencanaan tiang tunggal dan perencanaan tiang kelompok dengan beban yang berasal dari konstruksi struktur atas dan abutment.

5. Rencana anggaran biaya (RAB) Jembatan Strategis Way Umpu dengan konstruksi jembatan rangka baja tipe A60, dengan memperhitungkan biaya bahan, tenaga kerja dan sewa alat berat maka diperoleh nominal sebesar **Rp 16.430.217.761**. Dengan metode analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) mengacu pada **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016** tentang “Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum”.

B. Saran

Perencanaan jembatan merupakan perencanaan dengan aspek bahasan yang kompleks dan komprehensif sehingga menarik untuk dibahas. Adapun saran yang diberikan oleh penulis untuk pembaca kedepannya adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan konstruksi struktur atas dengan tipe atau sistem konstruksi yang berbeda sehingga dapat diperoleh perbandingan antar tipe konstruksi struktur atas.
2. Membuat rencana penjadwalan pekerjaan konstruksi jembatan yang direncanakan.
3. Menggunakan BIM sebagai penunjang dalam menyusun BoQ, RAB dan *Detail Engineering Design*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia. 2007. *BDE-03: Perencanaan Bangunan Atas Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia. 2007. *BDE-04: Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia. 2007. *BDE-05: Perencanaan Fondasi Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Derry Imansyah, Maulana. 2016. *Analisis Keamanan Jembatan Rangka Baja Soekarno – Hatta Malang Ditinjau dari Aspek Kesehatan, Tegangan Pelat Buhul, Dan Simulasi Kebakaran*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Dewobroto, Wiryanto. 2017. *Struktur Baja: Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010 Edisi Ke-2*. Universitas Pelita Harapan. Banten.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2005. *Manual Hidrolika Untuk Perencanaan Jalan dan Jembatan No: 01-2/BM/2005*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. *Teknik Fondasi I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. *Teknik Fondasi II Edisi Ke-4*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Palangka Raya

- Hendarsin, Shirley L. 1987. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik Negeri Bandung. Bandung.
- Wanarno, Adhyta Narendra. 2013. *Perencanaan Jembatan Leho Kawasan Pesisir Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau Dengan Struktur Jembatan Pelengkung*. Universitas Diponegoro. Semarang
- PERMEN PUPR RI No. 28/PRT/M/2016. 2016. *Pedoman Analisis harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- RSNI T-02-2005. 2005. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1725:2016. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1726:2012. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1729:2015. 2015. *Spesifikasi Gedung Baja Struktural*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2415:2016. 2016. *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi 1: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1*. NOVA. Bandung.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. NOVA. Bandung.
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma. Bandung.
- Supriyadi, Dr. Ir. Bambang dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan*. Caturtunggal. Yogyakarta.

LAMPIRAN